

# Valorisation des déchets comme matière première ou comme combustible :

une filière d'avenir pour répondre à  
l'urgence climatique ?



# SOMMAIRE

Une consommation de ressources non soutenable	6
Entraînant une production de déchets non soutenable	9
Sobriété	11
Economie circulaire	13
Valorisation des déchets – Étude par flux de déchets	24
Conclusion	42
Lexique	44
<b>Annexes</b>	<b>48</b>

VALORISATION DES DÉCHETS COMME MATIÈRE PREMIÈRE OU COMME COMBUSTIBLE :  
UNE FILIÈRE D'AVENIR POUR RÉPONDRE À L'URGENCE CLIMATIQUE ?



# INTRODUCTION

## INTRODUCTION

### PETITE HISTOIRE DES DÉCHETS

L'apparition des déchets telle que nous les connaissons aujourd'hui est relativement récente dans l'histoire de l'humanité.

En effet, l'abondance des déchets et les problèmes que cela pose sont caractéristiques de l'Homme moderne.

A l'époque où les humains étaient encore exclusivement nomades, les déchets étaient uniquement des déchets organiques issus des restes de nourriture, ne posant alors pas de problèmes environnementaux du fait de :

- La population encore très faible d'humains
- La nature même de ces déchets qui se décomposent naturellement dans la nature

De la naissance de l'agriculture (vers 7000 avant J.C.), marquant le passage progressif d'un style de vie nomade à sédentaire, jusqu'à l'Antiquité, la nature des déchets ne change pas, encore essentiellement organiques et rendus à la nature par son cycle de dégradation.

L'Antiquité marque un premier bouleversement dans notre rapport aux déchets : Grecs et Romains emportent les déchets produits dans les villes en-dehors de celles-ci, la plupart du temps dans des fosses créées pour cet usage.

Vers l'an 1000, au Moyen-Âge, les populations vivent plus nombreuses dans les villes et les déchets y sont, de fait, accumulés. Cette période est marquée par un important manque d'hygiène et des premières politiques de pavage de rues sont menées de manière à limiter les nuisances olfactives.

Au XVIII<sup>e</sup> siècle, apparaissent les premiers « recycleurs », ce sont les chiffonniers. Issus des couches pauvres de la population, les chiffonniers récupèrent les vieux vêtements, les chiffons, les os d'animaux, les cheveux et toute sorte d'objets pouvant être réutilisés. En parallèle, Louis XIV taxe lourdement les contrevenants qui ne respectent pas l'heure prescrite pour le dépôt des ordures devant leur porte. Au XIX<sup>e</sup> siècle, la révolution industrielle conduit au développement rapide des villes. Pour préserver l'hygiène et la santé des populations, un système moderne de collecte des déchets est mis en place et des entreprises spécialisées dans l'assainissement et la gestion des déchets se développent : Suez (1869) et Veolia (1853), alors connu sous le nom de la Compagnie Générale des Eaux. Des premiers centres de traitement des déchets sont construits à Saint-Ouen à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (1896). Les déchets sont déversés dans une grande fosse et on les trie : les chiffonniers récupèrent papier, chiffons, os, boîtes de conserve tandis que d'autres ouvriers retirent la ferraille, les poteries, les tôles émaillées afin de ne laisser passer que les matières utiles à l'agriculture pour servir d'engrais. Le reste, c'est-à-dire ce qui ne peut être vendu à l'agriculture est détruit dans des fours qui donnent de la vapeur et de l'électricité, c'est **la valorisation énergétique des déchets**.

Au début du XXe siècle, la collecte municipale des déchets ménagers est encore limitée aux grandes communes et peu développée dans les territoires ruraux. Ce n'est qu'en 1975 qu'une première grande loi sur la gestion des déchets municipaux est votée, obligeant chaque commune à collecter et à éliminer les déchets des ménages.

Mais la grande majorité des déchets collectés est envoyée en décharge, représentant de fait un énorme gaspillage de matières premières et des risques de pollution. En 1992, le gouvernement instaure la loi Royal obligeant à valoriser les déchets ménagers et interdire la mise en décharge. Des bacs de tri sont installés et les populations commencent à trier leurs déchets : c'est le **début du recyclage moderne**.

De la fin du XXe siècle jusqu'à nos jours, de nombreuses mesures aux échelles mondiale et nationale sont prises pour lutter contre le réchauffement climatique et **la gestion des déchets y représente un volet important**, l'enjeu présentant le double objectif de :

- **Réduire les volumes de déchets** produits en commençant par la part non valorisable
- **Améliorer la valorisation** qui en est faite

Prenant conscience du changement climatique en cours et de la raréfaction des ressources, notre rapport aux déchets change. Ils ne sont plus considérés comme le rebut de la société mais bien comme les potentielles ressources de demain.

Ce changement d'appréciation dote le déchet d'une valeur économique sur laquelle se construit aujourd'hui de nombreux secteurs d'activités tels que ceux de la construction ou de la métallurgie.

Cette étude met en exergue ces domaines d'activités en identifiant les freins mais également les leviers propices à leur développement.

### **PÉRIMÈTRE DONNÉ À CETTE ÉTUDE**

Considérer tous les flux de déchets et tous les secteurs d'activités ne permettrait pas d'apporter dans cette étude un éclairage suffisamment précis sur les filières de valorisation tant les enjeux sont différents. Pour cette raison, nous apporterons un éclairage sur les flux des **ordures ménagères résiduelles non organiques**, ceux issus du **BTP** et les **déchets industriels**.

Nous écartons donc :

- Les déchets organiques, sources de production de biométhane et dont le sujet a déjà traité dans un précédent White Paper ;
- Les métaux, car ce flux, à lui seul, peut faire l'objet d'un White Paper tant les enjeux et implications économiques sont importants ;
- Les déchets plastiques, car de nouveau le sujet est vaste et touche d'autres enjeux comme celui de la menace qu'ils représentent pour la biodiversité.

**Le périmètre ainsi défini couvre 92% des déchets générés annuellement en France.**

VALORISATION DES DÉCHETS COMME MATIÈRE PREMIÈRE OU COMME COMBUSTIBLE :  
UNE FILIÈRE D'AVENIR POUR RÉPONDRE À L'URGENCE CLIMATIQUE ?



## UNE CONSOMMATION DE RESSOURCES NON SOUTENABLE

## UNE CONSOMMATION DE RESSOURCES NON SOUTENABLE

L'économie s'est construite sur la transformation des matières naturelles en biens du quotidien (aliments, bâtiments, mobilier, vêtements, etc.). De ce constat, il est assez facile de mettre en exergue le lien qui existe entre croissance du PIB et consommation de matières naturelles.

Le suivi de l'évolution de la consommation de matières naturelles peut se faire par l'intermédiaire de l'indicateur « empreinte matière ». L'empreinte matière correspond à l'ensemble des matières premières mobilisées pour satisfaire la consommation finale d'un pays, y compris les flux indirects comme les matières premières utilisées lors de la production à l'étranger, lors du transport, etc. Cet indicateur permet d'observer l'impact réel des activités humaines sur la consommation de ressources naturelles.

A l'échelle mondiale, voici les évolutions superposées de ces deux indicateurs :

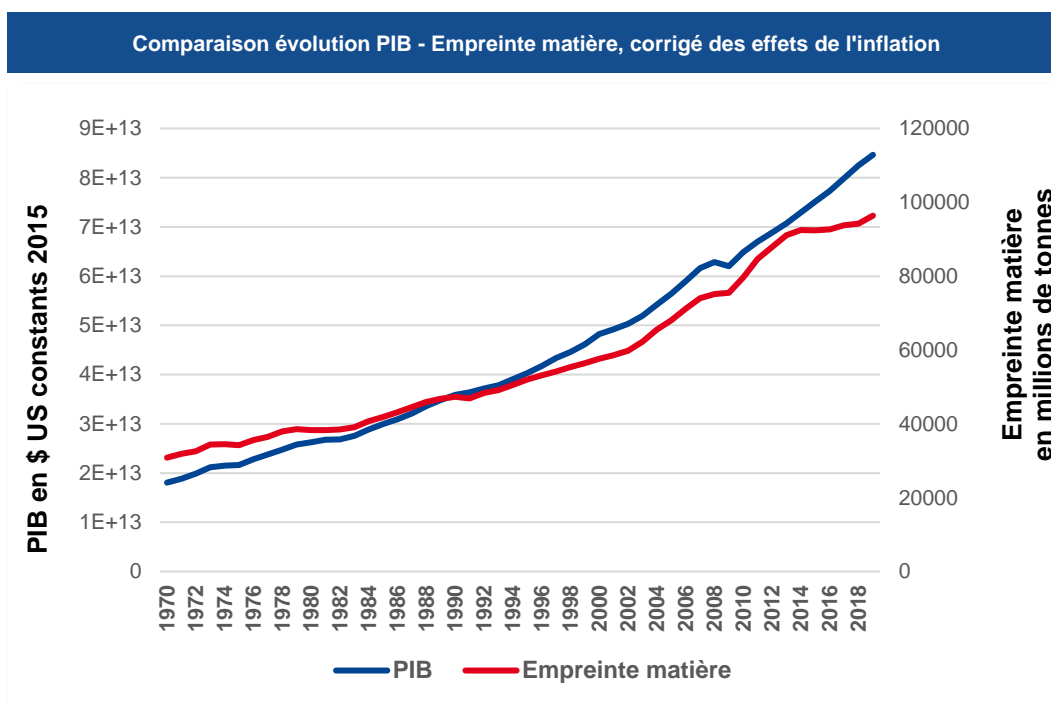


Figure 1.

Evolution du PIB mondial et de l'empreinte matière mondiale entre 1970 et 2019 (PIB exprimé en milliards de \$ constants 2015 et empreinte matière en millions de tonnes)

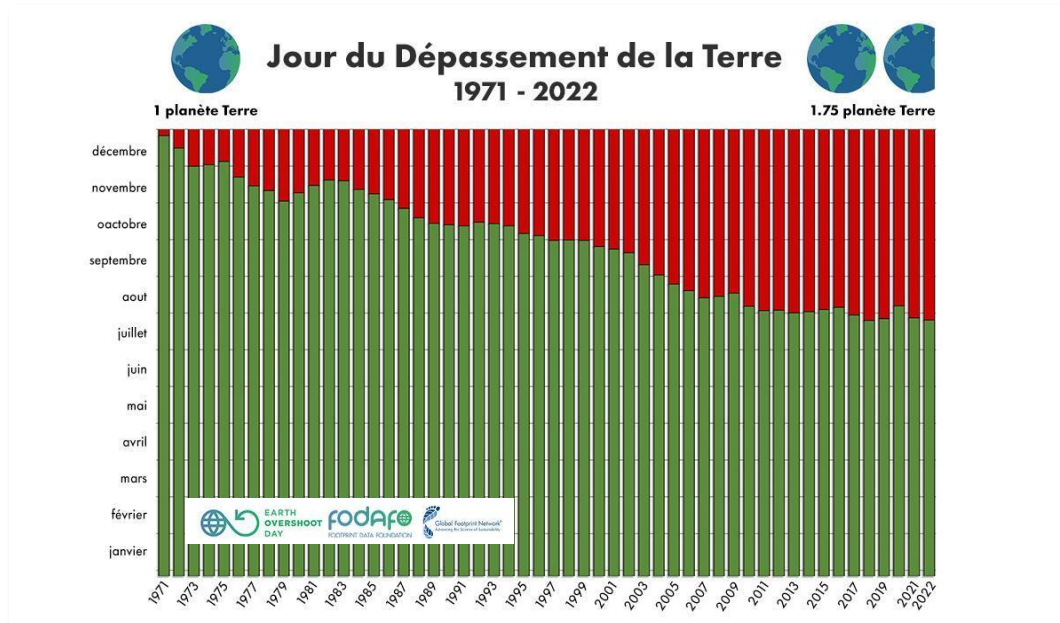
Source : Graphique BL évolution sur données extraites de la Banque mondiale et Resource Panel

Comme l'illustre le graphique ci-dessus, sur la période 1970-2019, l'empreinte matière mondiale suit la croissance du PIB

A partir de 1990, on observe cependant un léger découplage entre les deux indicateurs qui s'explique notamment par la hausse de la productivité matière, indicateur exprimant **la valeur économique produite pour une tonne de matière naturelle consommée**. Ainsi, nous sommes passés en 50 ans de la création de 585\$/tonne de ressources naturelles consommée en 1970 à un peu moins de 900\$/tonne en 2019, soit une augmentation de 54% de la productivité matière. Il faut néanmoins nuancer cette hausse de productivité. En effet, utiliser moins de ressources naturelles par dollar créé va dans le bon sens mais en utiliser moins devrait être le réel objectif.

Or, **l'empreinte matière à l'échelle mondiale croît de manière quasiment linéaire depuis 1970 sans connaître de ralentissement : +212% entre 1970 et 2019** (voir Figure 1). En cause, nos modes de vie contemporains, qui entraînent une consommation toujours plus importante de ressources. Or, les matières extraites sont issues de processus naturels sur des temps très longs et au regard de la dynamique actuelle, ces ressources n'ont pas le temps de se renouveler : **la consommation de ressources à l'échelle mondiale n'est pas soutenable**. C'est ce que traduit le « **jour de dépassement** », indicateur calculé chaque année par le Global Footprint Network, qui marque la date à laquelle l'humanité a consommé toutes les ressources que la Terre peut générer en un an. Passée cette date, l'humanité vit à crédit, utilisant des ressources que la planète n'est plus en mesure de produire. Depuis les années 1970 : **cette date ne cesse d'avancer**.

Evolution du jour de dépassement de la Terre de 1971 à 2022



Source : National Footprint and Biocapacity Accounts, édition 2022 | [data.footprintnetwork.org](https://data.footprintnetwork.org)

Diminuer l'utilisation des ressources naturelles et ainsi éviter les risques d'approvisionnement de certains matériaux demande qu'un double objectif soit atteint :

- Viser la sobriété dans notre consommation matière de manière à baisser notre empreinte matière
- Viser l'efficacité dans notre consommation matière : pour cela plusieurs solutions technologiques existent basées sur les principes de l'économie circulaire, modèle permettant d'augmenter encore davantage notre productivité matière



VALORISATION DES DÉCHETS COMME MATIÈRE PREMIÈRE OU COMME COMBUSTIBLE :  
UNE FILIÈRE D'AVENIR POUR RÉPONDRE À L'URGENCE CLIMATIQUE ?



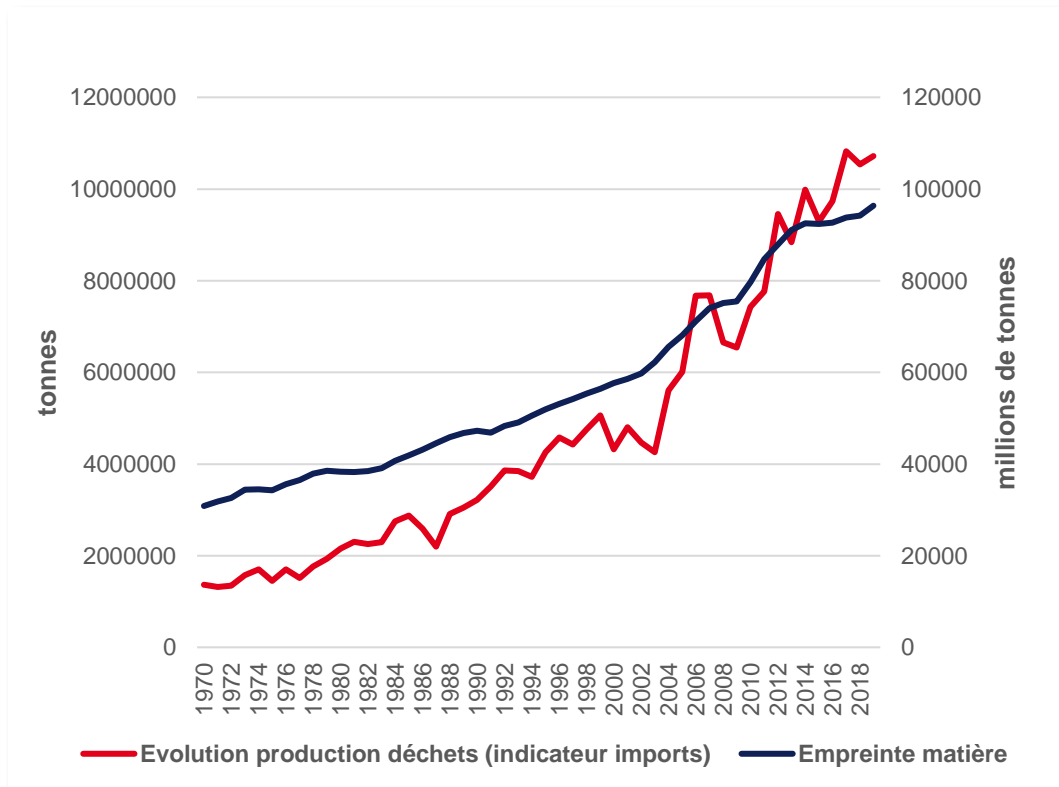
ENTRAÎNANT UNE  
PRODUCTION DE  
DÉCHETS NON  
SOUTENABLE

## ENTRAÎNANT UNE PRODUCTION DE DÉCHETS NON SOUTENABLE

Un autre **lien de causalité** peut être mis en exergue : celui **associant la consommation de matières et la production de déchets**.

Malgré la difficulté d'avoir des données complètes sur la production de déchets de nos sociétés tant les flux sont nombreux et diffus (problème de traçabilité, déchets perdus dans la nature, dans les océans, etc.), on constate que l'évolution de l'indicateur (approximatif) d'importation de déchets à l'échelle mondiale est parallèle à celle de l'évolution de l'empreinte matière, voici ce que l'on obtient :

Evolution de la production des déchets (indicateur imports) et de l'empreinte matière mondiale entre 1970 et 2019  
(production de déchets exprimés en tonnes et empreinte matière en millions de tonnes)



Evolution de la production des déchets (indicateur imports) et de l'empreinte matière mondiale entre 1970 et 2019 (production de déchets exprimés en tonnes et empreinte matière en millions de tonnes)

Source : Graphique BL évolution sur données extraites de la Banque mondiale et Resource Panel

Ainsi, la production de déchets à l'échelle mondiale croît à mesure que nous consommons des ressources naturelles : **c'est ce qu'on appelle l'économie linéaire**.

VALORISATION DES DÉCHETS COMME MATIÈRE PREMIÈRE OU COMME COMBUSTIBLE :  
UNE FILIÈRE D'AVENIR POUR RÉPONDRE À L'URGENCE CLIMATIQUE ?

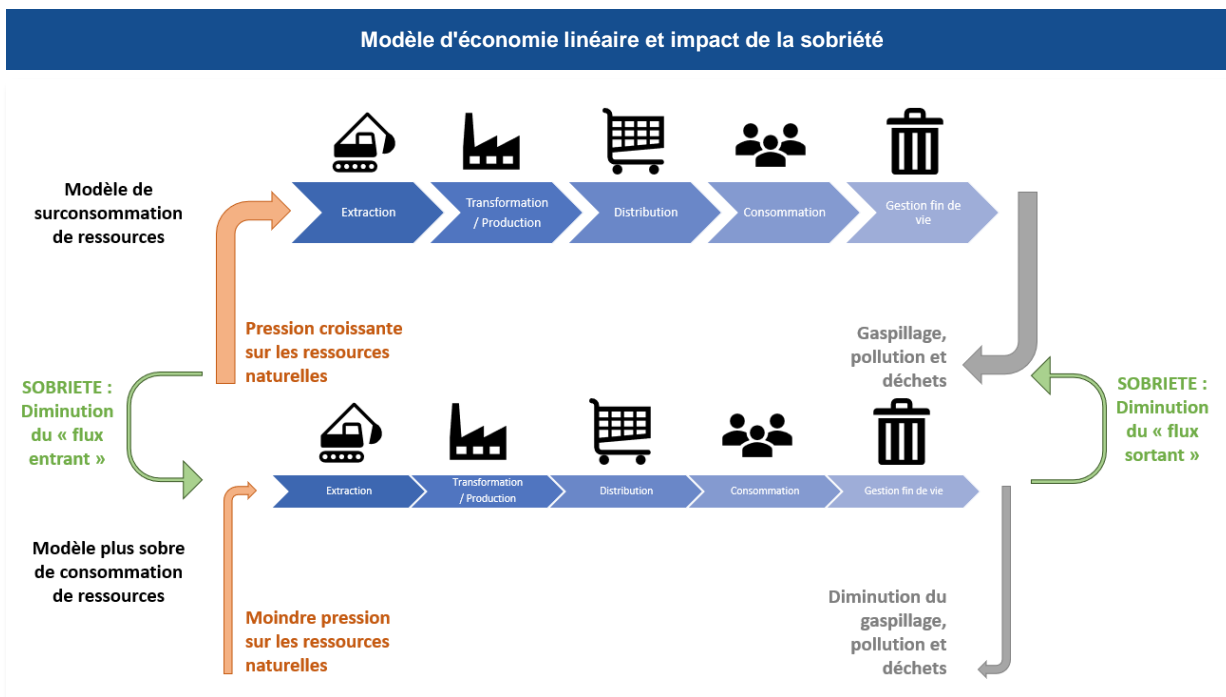


SOBRIÉTÉ

## SOBRIÉTÉ

De manière générale, la « **sobriété matière** » consiste à **consommer moins mais mieux**. Ainsi, c'est un levier d'action très efficace : en consommant moins (effet sur la Demande), nous produisons et extrayons moins de ressources (effet sur l'Offre), ce qui a pour effet global de diminuer l'empreinte matière.

La sobriété permet ainsi **d'agir en amont** en diminuant le flux entrant et en limitant d'autant la pression que nos modes de consommation imposent aux ressources naturelles de la Terre mais aussi en aval, en diminuant les flux sortants, à savoir les déchets générés.



Source : BL évolution

Ainsi, quel que soit le modèle (surconsommation ou sobriété), les volumes des déchets produits correspondent bien au volume de matières extraites : l'économie linéaire fonctionne sur un système de «vases communicants».

A l'échelle d'une entreprise, la sobriété peut constituer la base d'un nouveau modèle économique en incitant ses clients non plus à consommer toujours plus mais à consommer moins de produits mais de meilleure qualité. C'est ce que propose notamment la démarche des « 5R » pour Réduire, Réparer, Réutiliser, Recycler et Re-imaginer.

VALORISATION DES DÉCHETS COMME MATIÈRE PREMIÈRE OU COMME COMBUSTIBLE :  
UNE FILIÈRE D'AVENIR POUR RÉPONDRE À L'URGENCE CLIMATIQUE ?



# ÉCONOMIE CIRCULAIRE

## ÉCONOMIE CIRCULAIRE

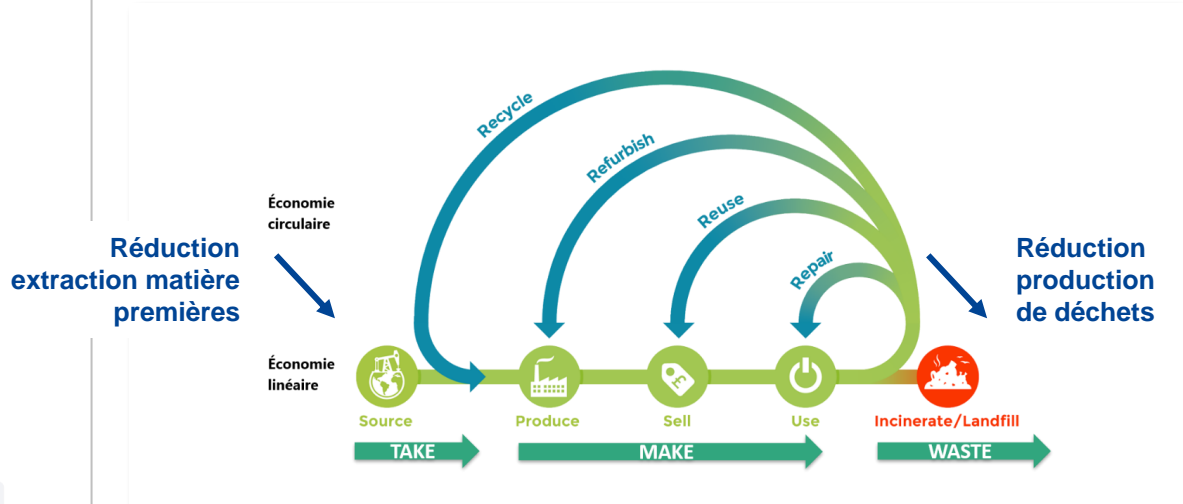
Une **consommation de ressource « plus efficace »** reviendrait à augmenter davantage la productivité matière, c'est-à-dire à **utiliser toujours moins de matière pour une unité produite constante** : c'est ce que permet l'économie circulaire.

### INTRODUCTION À L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

« L'économie circulaire consiste à produire des biens et des services de manière durable en limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production des déchets » définition donnée par le Ministère de la transition écologique et de la Cohésion des territoires conjointement avec le Ministère de la Transition énergétique.

L'économie circulaire propose de passer d'une société du tout jetable (économie linéaire) à un modèle économique valorisant ces déchets en les réintégrant dans des processus de fabrication. Il existe différentes manières d'utiliser à nouveau un déchet comme matière première, celles-ci constituent autant de « boucles d'économie circulaire » :

Illustration des boucles d'économie circulaire



Source : European Generation

Cette approche permet d'utiliser à nouveau des ressources déjà extraites et limite d'autant l'extraction de matières premières en amont ainsi que la production de déchets en aval. **L'économie circulaire est un des leviers qui explique l'augmentation de la productivité matière observée depuis 1970.**

Tous les modes de valorisation ne se valent pas d'un point de vue environnemental. Pour illustrer cela, la directive européenne sur les déchets (n°2008/98/CE) introduit la **hiérarchisation des modes de traitement des déchets**. Celle-ci est reprise dans l'article L.541-1 du Code de l'Environnement français et place la prévention comme priorité, suivi du Réemploi, de la Réutilisation, du Recyclage, de la valorisation matière, la valorisation énergétique puis de l'élimination par enfouissement (voir Annexes).

## **UN CONTEXTE FAVORABLE À L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE**

### **Un contexte politique favorable**

A l'échelle européenne, le contexte politique est favorable à l'économie circulaire avec notamment le plan d'action pour une économie circulaire présenté par la Commission Européenne le 11 mars 2020, dans le cadre du Pacte Vert pour l'Europe. Alors que le paquet économie circulaire de 2015 était uniquement axé sur le recyclage (déchets municipaux, les emballages et la collecte des déchets), le plan d'action de 2020 est plus exhaustif et vise à garantir moins de déchets, à la fois en les évitant et en les transformant en ressources secondaires de haute qualité.

A l'échelle française, de nombreux textes de loi transposent les objectifs européens en matière d'économie circulaire. Parmi eux :

#### **La Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV) du 18 août 2015 qui vise notamment à :**

- Réduire de 50% la quantité de déchets mis en décharge à l'horizon 2025, soit le détournement de plus de 50 Mt de déchets de l'enfouissement
- Augmenter la quantité de déchets faisant l'objet d'une valorisation sous forme matière
- Découpler progressivement la croissance économique et la consommation de matières premières en visant une progression de la productivité matière de 30% entre 2010 et 2030

#### **La Loi Anti-Gaspillage et Economie Circulaire (AGEC) du 10 février 2020 qui vise notamment à :**

- La création d'une filière de Responsabilité Elargie du Producteur (REP) portant sur les produits et matériaux de la construction du secteur du Bâtiment au 1er janvier 2022 (reporté au 1er janvier 2023)
- Le déploiement de dispositifs de vrac pour limiter les déchets d'emballage

Du côté des entreprises d'investissement, en France, le décret d'application de l'article 29 de la loi énergie-climat publié le 27 mai 2021 encadre l'obligation d'un reporting extra-financier. Celui-ci consiste à communiquer sur les implications sociales, environnementales, sur la qualité de la gouvernance et sur les moyens mis en œuvre pour contribuer à la transition énergétique, écologique et sociétales de ses activités. L'article 29 incite au développement de stratégies d'investissements alignées avec les objectifs de l'Accord de Paris.

Du côté des entreprises cotées, la directive CSRD (Corporate Sustainable Reporting Directive) de 2021 renforce les exigences de la NFRD (Non financial reporting directive) de 2014 visant à rendre les entreprises plus responsables en les obligeant à divulguer leur impact sur la planète. C'est un levier supplémentaire, mis en place par l'UE dans le cadre de son plan climat, pour accélérer la transition vers une économie durable. (rappel : pour toutes les entreprises remplissant deux des trois critères suivants : 250 employés, 40 M€ de chiffre d'affaires, ou 20 M€ de bilan, elle sera applicable dès le 1er janvier 2025, et pour les PME cotées de 10 à 250 employés à partir du 1er janvier 2026).

Chaque entreprise devra présenter, au sein d'un rapport de durabilité qui devra être audité : sa stratégie ESG (modèle d'affaires, gouvernance, analyse des principaux impacts, risques et opportunités), sa mise en œuvre (politiques, objectifs, actions, ressources allouées) et sa performance (indicateurs).

### **ECONOMIE CIRCULAIRE & RÉFÉRENTIELS DE REPORTING**

La taxonomie verte européenne fixe des critères de sélection d'activités contribuant à l'atténuation et l'adaptation au changement climatique et la « **transition vers une économie circulaire** » apparaît comme un des **6 objectifs de durabilité définis**.

Les **ODD de l'ONU** constituent aussi un référentiel de reporting. Les agences de notation extra-financière évaluent la façon dont les entreprises contribuent de façon positive ou négative aux objectifs de développement durable pour affiner leur note ESG. L'économie circulaire est partie intégrante de l'ODD 12 « Consommation et production responsables »



## **UN CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL FAVORABLE**

En réduisant la pression faite sur les ressources naturelles, l'économie circulaire permet **de limiter les conséquences liées à leur extraction** :

- **L'épuisement des ressources naturelles** due à la croissance continue de l'empreinte matière ;
- **La dégradation de la biodiversité** : l'extraction des ressources naturelles demandent des infrastructures lourdes et provoquent le déplacement d'importants volumes de terre perturbant la biodiversité. L'extraction du sable par dragage des fonds de lagunes et de rivières perturbent la faune et la flore et dégrade les sols.
- **La perte de la végétation** favorise notamment :
  - Le lessivage des sols : lorsqu'il pleut, les produits toxiques et les minéraux polluants sont déplacés, contaminant cours d'eau et terres agricoles
  - L'érosion

En limitant la production de déchets, l'économie circulaire permet de **limiter les conséquences du stockage par enfouissement des déchets non valorisés** :

- **La pollution olfactive et chimique de l'air** : les installations d'enfouissement des déchets provoquent de la pollution olfactive par les odeurs nauséabondes qu'elles émettent
- **La contamination des sols et des nappes phréatiques** : Si les installations d'enfouissement des déchets obéissent à des normes imposant l'imperméabilisation des zones de stockage, le risque de pollution des sols et des nappes phréatiques reste présent. Lorsqu'il pleut, l'eau peut importer avec elle les éléments toxiques présents dans les déchets et polluer les nappes souterraines par infiltration dans le sol.
- **Les risques d'explosion ou d'incendie** : Compte tenu de la nature et des matériaux qu'ils peuvent contenir, les déchets enfouis sont des combustibles qui, en cas d'incendie, sont susceptibles de s'enflammer.
- **Les émissions de gaz à effet de serre** : En se décomposant, les déchets organiques libèrent du méthane, gaz à effet de serre à pouvoir de réchauffement global 23 fois supérieur au CO<sub>2</sub>.

Le traitement des déchets est responsable de 3% des émissions totales de gaz à effet de serre en France et la mise en décharge des déchets non valorisés représente environ 16% des émissions de méthane (Source : CNIID).

L'économie circulaire représente un levier important dans la lutte contre le réchauffement climatique. En effet, une étude menée par Goldman Sachs estime qu'elle pourrait permettre de réduire de 39% les émissions de gaz à effet de serre mondiales en prenant pour référence l'année 2019 (voir Annexes).

## **UN CONTEXTE ÉCONOMIQUE DE PLUS EN PLUS FAVORABLE**

En considérant les déchets non plus comme des rebuts sans valeur mais comme de nouvelles ressources exploitables, **l'économie circulaire représente une opportunité pour la création d'entreprises et donc d'emplois.**

Jusqu'à récemment, l'économie linéaire s'avérait encore économiquement avantageuse dans la plupart des cas comparée à l'économie circulaire. En effet, notre économie ayant été établie depuis des siècles sur le système linéaire du « tout déchet », celui-ci se trouvait être avantagé : relatif faible coût de l'énergie et donc du transport dans une économie mondialisée, relatif faible coût de l'extraction des ressources, optimisation de la chaîne d'approvisionnement et de fabrication, économie d'échelle, etc.

Cependant, les crises auxquelles nous sommes confrontés ont rebattu les cartes :

- **La crise sanitaire et la guerre en Ukraine** nous obligent à repenser la façon dont nous nous approvisionnons.
- **La raréfaction des ressources naturelles entraînant la hausse de leur prix, et la mauvaise répartition des capacités transport renchérissant les coûts d'approvisionnement.**

Le développement massif de l'économie circulaire permettrait d'abaisser les coûts de gestion des déchets, de mettre au point des procédés de valorisation plus rentables, de créer sur le territoire les infrastructures nécessaires à son bon développement, et d'équilibrer progressivement la balance économique en sa faveur.

Enfin, l'outil réglementaire pourrait être un accélérateur, en taxant les activités les plus polluantes et en favorisant de fait les activités plus respectueuses de l'environnement.

Grace à ces leviers, l'économie circulaire devient un outil permettant à la fois à un territoire de générer de la valeur, des économies et de gagner en résilience par un approvisionnement en ressources disponibles localement.

### **ECONOMIE CIRCULAIRE ET EMPLOI - CHIFFRES CLÉS**

- Pour **une même tonne de déchets**, l'incinération **crée 3 ETP<sup>1</sup> contre 50 pour la réutilisation ou le réemploi**
- **800 000 d'ETP** : c'est le nombre d'emplois de l'économie circulaire en France
- **300 000 ETP** : c'est le nombre d'emploi que le gouvernement estime pouvoir être créés dans le secteur de l'économie circulaire

*Source : ADEME, France Stratégie, Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des territoires*

La plupart des solutions d'économie circulaire génèrent des réductions de coûts sur le poste d'extraction de matières premières car leurs procédés consistent en la substitution d'une partie des intrants vierges par de la matière revalorisée. Or, le coût d'approvisionnement en matières naturelles vierges s'accroissant, l'intérêt économique de ces solutions s'en trouve amélioré.

Le contexte actuel (politique, environnemental et économique) est très favorable au développement de l'économie circulaire. L'enjeu est donc de :

- Consolider les infrastructures de valorisation existantes
- Mettre en place de nouveaux moyens de valoriser par le biais de solutions innovantes notamment

<sup>1</sup> ETP : Equivalent Temps Plein



Maude SOUBEIRAN  
Coordinatrice région  
Hauts-de-France  
Neo-eco

## ENTRETIEN AVEC MAUDE SOUBEIRAN

### Quels sont les principaux enjeux (technico-économiques, politiques) pour le développement de filières de valorisation des déchets en France et en Europe ?

- **Volet réglementaire** : L'évolution lente de la réglementation limite le développement de filières innovantes – il faut réadapter les textes et ainsi créer des supports réglementaires facilitant l'intégration des matières recyclées dans les nouveaux produits ;
- **Volet psychologique** : La peur d'intégrer des matières usagées dans un produit « neuf »
- **Volet technique** (lié au frein psychologique) :
  - Le manque de connaissances associées aux déchets et leurs propriétés -> on ne considère pas les déchets comme des matériaux alors que ceux-ci peuvent avoir des propriétés pertinentes pour être valorisés
  - Spécificités des plastiques/isolants : matériaux composites, léger en poids et flux diffus ce qui complique la mise en place de filières pérennes. Certains de ces matériaux ne sont pas recyclables du fait de leur composition, d'autres parce que les technologies ne permettent pas de les identifier ou de les séparer tout en maintenant une rentabilité
- **Volet politique** : Le manque d'investissement dans les filières de valorisation
- **Volet général** : Le manque de référentiels / démonstrateurs intégrant des éco-produits à base de matière recyclée -> les acteurs n'ont pas de retour d'expérience ce qui maintient un climat « frileux » autour de l'intégration des déchets dans de nouveaux produits

**Selon vous, quel est le potentiel de développement des filières de valorisation des 3 flux de déchets évoqués dans le cadre de la présente étude (BTP, ménagers non organiques, industriels) ?**

**Un flux présente-t-il un potentiel plus important que les autres ?**

**Le cas échéant, pourquoi (faisabilité technique, coût, retard accumulé, etc.) ?**

- **BTP** : Avec la REP\* PMCB à venir et les récentes évolutions réglementaires, le potentiel de valorisation des déchets du BTP tend à augmenter. Les entreprises sont « forcées » de trier et de recycler. Les investissements dans la recherche de nouveaux exutoires vont augmenter ce qui va permettre d'aboutir à de nouvelles filières de valorisation. Cependant, cette évolution restera plus lente pour certains matériaux tels que les isolants et les plastiques en raison des freins techniques présentés précédemment.
- **Ménagers non-organiques** : Les déchets ménagers non-organiques présentent déjà des filières de valorisation – REP DEEE, déchetteries, collecte des déchets ménagers recyclables... Les emballages sont cependant encore loin d'être totalement recyclables et recyclés, mais de nombreuses initiatives sont en cours par les fédérations et éco-organismes.
- **Industriels** : Les déchets industriels sont de tout type, il est compliqué d'en faire une généralité. Néanmoins, l'avantage de ce type de flux est la récurrence et l'homogénéité. Le potentiel de développement de ces filières est très élevé en raison de la diversité des gisements. Cette opportunité est également un frein car les process de valorisation ne peuvent être « simplement » reproduits d'industriels en industriels. Une étude complète de chaque déchet doit être réalisée, ce qui coûte de l'argent et demande du temps. C'est encore un frein pour certains industriels qui préfèrent conserver leurs circuits actuels de gestion de leurs déchets. Les cimenteries et entreprises de la métallurgie sont les plus gros émetteurs de CO2 en France, ils sont donc fortement incités à réduire leurs émissions, notamment via l'utilisation de CSR comme combustible pour les fours. Il ne s'agit pas de recyclage, mais cette filière est amenée à se développer, à partir de certains flux de déchets industriels.

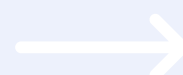
### **Cela fait plus de 10 ans que vous participez au développement de la filière de valorisation des déchets, quelles sont les principales évolutions que vous constatez ?**

- Au niveau du secteur du BTP, les évolutions réglementaires ont permis de booster l'intégration de l'économie circulaire et donc l'optimisation de la gestion des déchets dans les pratiques. La mise en place de la REP PMCB va imposer le tri des déchets et devrait permettre l'augmentation des taux de valorisation.
- Les mentalités évoluent de façon générale, avec de plus en plus de sollicitations externes sur la recherche et le développement de filières de valorisation. L'augmentation des coûts d'enfouissement pousse les industriels notamment à nous solliciter pour optimiser leurs coûts de gestion. Ceci est principalement le cas pour les déchets minéraux type sédiments, terres et béton. Ces gisements, étant en volumes importants, peuvent avoir un gros impact sur la synthèse économique, il est donc de plus en plus judicieux de les valoriser. La réglementation évolue dans ce sens pour restreindre de plus en plus les solutions telles que l'enfouissement, le clapage...
- Les collectivités locales sont de plus en plus impliquées dans la gestion et la valorisation optimale des déchets, pour des raisons économiques, mais également probablement pour répondre aux attentes des citoyens électeurs.

### **Aujourd'hui, quelle est l'équation économique des filières de valorisation des déchets ? (Équation économique du « circulaire » versus le « linéaire »)**

Sur le papier, le recyclage d'un déchet représente un coût supplémentaire dans la chaîne de valeur :

- **Modèle linéaire** : Extraction > Production > Utilisation > Fin de vie
- **Modèle circulaire** : Extraction > Production > Utilisation > Fin de vie > Recyclage – Seconde vie > Production > Utilisation > Fin de vie > Recyclage – Nouvelle vie > Production > Utilisation...



Le modèle circulaire demande un coût supplémentaire pour le recyclage, néanmoins, il évite de nouveaux coûts d'extraction et/ou les minimise. Il repense le modèle en incluant de nouvelles lignes, mais en enlevant d'autres. De plus, certaines filières ont des coûts de gestion de fin de vie plus onéreux que les coûts de recyclage et de réintégration. Les gains se font sur la revente de la matière recyclée qui rajoute une plus-value mais aussi, sur l'achat de matière recyclée comparativement à une matière première, qui permet d'économiser sur l'approvisionnement.

Cependant, il est aussi possible de constater qu'intégrer du recyclé dans le process coûte plus cher en termes d'équipements et de composition, le coût de revente de la matière recyclée doit alors être optimisé. L'économie se fait au niveau des ressources, qui ne sont plus extraites, mais certains process de recyclage doivent encore être améliorés pour concurrencer le circuit classique linéaire. Le transport est souvent l'un des postes importants pour les dépenses et l'impact environnemental, c'est donc un élément clé pour une filière de recyclage pertinente.

### **Pourquoi et comment le monde de la finance devrait s'impliquer dans le développement des filières innovantes de valorisation des déchets en France et en Europe ?**

L'investissement dans les projets de recherche et de développement de nouvelles filières de valorisation permet de booster le secteur et de tendre vers des solutions plus durables. Impliquer le secteur de la finance signifie aussi changer de regard sur les déchets et la valorisation, en réconciliant économie, circularité et environnement. Les financements des grands groupes bancaires sont rarement au profit de recherche sur la valorisation des déchets. La législation sur le financement pourrait permettre d'obliger les banques à financer des projets plus durables.

VALORISATION DES DÉCHETS COMME MATIÈRE PREMIÈRE OU COMME COMBUSTIBLE :  
UNE FILIÈRE D'AVENIR POUR RÉPONDRE À L'URGENCE CLIMATIQUE ?



# VALORISATION DES DÉCHETS - ÉTUDE PAR FLUX DE DÉCHETS



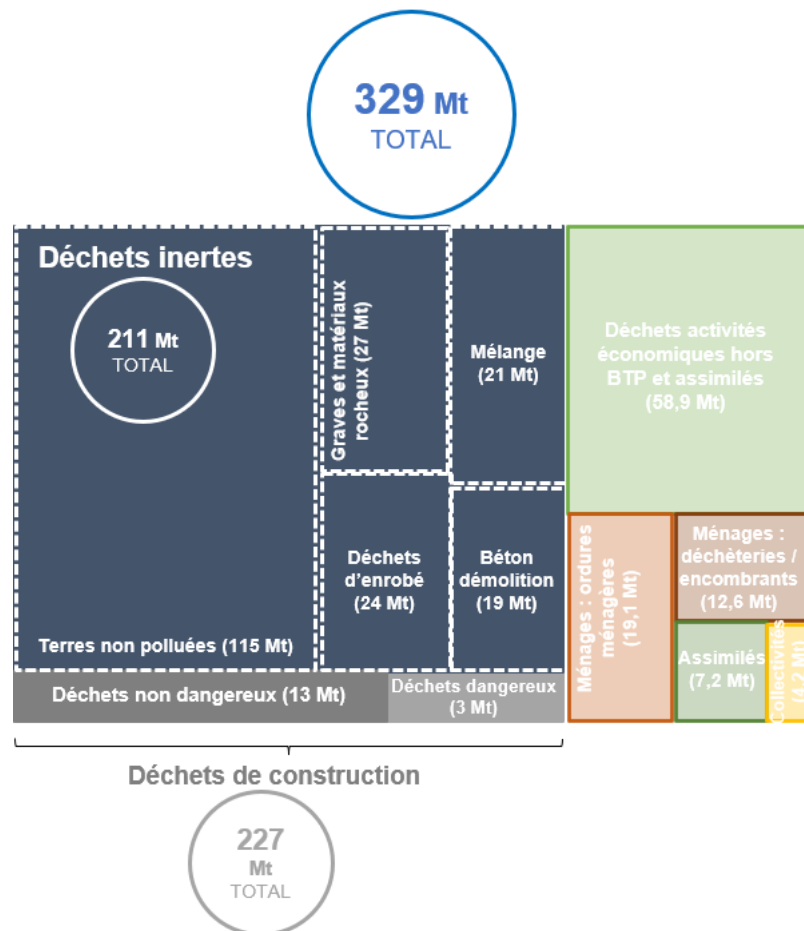
## VALORISATION DES DÉCHETS - ETUDE PAR FLUX DE DÉCHETS

### DÉCHETS DU BTP

#### Caractérisation du gisement

En 2017, la France produisait **329 millions de tonnes (Mt)** de déchets tous secteurs confondus, dont **227 Mt** venant de l'industrie du BTP soit près de **70%** des déchets produits.

Part des différents secteurs dans la production de déchets en France



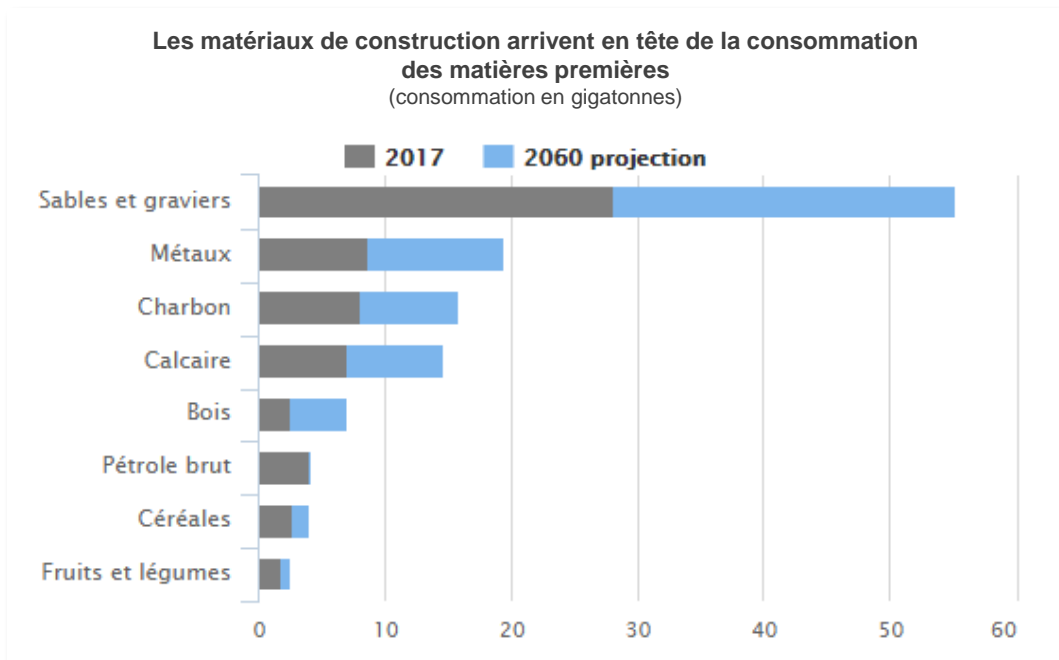
Graphique BL évolution sur la base des sources suivantes :  
RSD 2016, ADEME - Enquête Collective 2017, estimations IN NUMERI, Unicem

Appliquée à la **production intérieure des matériaux de construction**, d'un volume de **383 Mt en 2018**, l'économie circulaire permettrait de couvrir une partie importante de la demande en matériaux.

**Les déchets inertes** ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune réaction physique ou chimique. Ils représentent un poids considérable de 211 Mt soit 93% des déchets du secteur. Par ordre d'importance décroissante, les flux majoritaires sont composés de : terres non polluées (55%), grave et matériaux rocheux (13%), déchets d'enrobés (11%) et de béton de démolition (9%).

L'étude *The Global Material Resource Outlook to 2060* de l'OECD projette le **passage de l'utilisation mondiale de matières de 96 gigatonnes en 2019 à 167 gigatonnes en 2060**. Et le secteur de la construction y est identifié comme très impactant avec notamment un doublement des volumes extraits de sable et de graviers :

Prévisions à l'horizon 2060 de la consommation de différentes ressources à l'échelle mondiale



Source : OECD Global Material Resources Outlook to 2060

## Valorisation aujourd'hui

### **FOCUS SUR LA VALORISATION ACTUELLE DES DÉCHETS DU BTP EN FRANCE EN 2014**

- **69% de valorisation des flux du secteur du BTP** (tous modes confondus)
- **69% sont traités par valorisation matière** (sans connaître précisément le détail entre réutilisation, recyclage et valorisation matière en remblaiement de carrières ou sous-couche routière)
- **16% sont stockés dans des installations dédiées**
- **15% ont un exutoire inconnu**

Le taux de 69% de valorisation matière est dopé par la part importante des déchets inertes parmi les déchets du secteur (93%), famille de déchets se valorisant généralement en **remblaiement de carrières et en sous-couche routière**.

### **Solutions innovantes et potentiels de valorisation dans le cadre de l'économie circulaire**

Les solutions de traitement des plus importants flux de déchets du secteur, qui présentent les plus gros potentiels de développement et d'impact environnemental, sont celles du recyclage des terres excavées, du béton de démolition et des déchets d'enrobés.

#### **Recyclage des terres excavées pour la construction en terre crue**

Les terres non polluées constituent environ la moitié des flux de déchets du secteur soit 115 Mt

Généralement issue d'excavations liés à des travaux de terrassements, la terre est généralement utilisée in-situ à des fins de remblaiement ou pour niveler le terrain par exemple.

Elle présente de nombreuses vertus écologiques et sociales :

- Elle affiche un très faible bilan carbone
- Elle est totalement réutilisable comme matière première si elle n'est pas stabilisée
- Elle est saine à 100% et sans COV - Composés Organiques Volatiles - considérés comme la première source de pollution des espaces habités
- Elle est perspirante et opère comme un régulateur hygrométrique naturel

Ce gisement représente donc un volume considérable de ressources potentiellement mobilisable à d'autres fins que celui du remblaiement.

C'est sur la base de ce constat qu'est né le projet Cycle Terre (93) visant à lancer une chaîne de production de matériaux de construction à partir de sols excavés en Île de France permettre la production de volumes significatifs et promouvoir le retour d'une activité productive en ville.

Trois lignes de production sont en cours d'activité, chacune correspondant à un matériau fabriqué à base de déchets de terre : une ligne « compression » produisant des **Blocs de Terre Compressée (BTC)** ; une ligne « enduit » produisant des **mortiers de finition ou de pose** ; une ligne « extrusion » produisant des **panneaux d'argile de doublage en terre crue**.

Leurs domaines d'application sont multiples :

- Murs non porteurs en remplissage d'ossature
- Parements et doublages intérieurs
- Murs porteurs (R+1 maximum)
- Cloison lourde

### **UNE FILIÈRE QUI CHERCHE ENCORE SON BUSINESS MODEL**

L'utilisation de terre crue peut engendrer des surcoûts non négligeables en comparaison avec des techniques plus industrialisées :

- un **besoin de main d'œuvre qualifiée**
- des **études complémentaires** pour la formulation du matériau ou le prototypage architectural
- Une absence de référentiel technique qui génère des **surcoûts liés aux prix pratiqués par les assurances**

Toutefois, ces surcoûts dépendent de l'usage de la terre crue : ainsi les enduits de terre, le remplissage de façade ou encore les cloisons séparatives en BTC présentent un surcoût relativement limité par rapport aux équivalents industriels, mais permettent de réaliser des économies

- d'énergie car peu consommatrice d'énergie grise – voir Lexique
- d'entretien du bâtiment car matière très isolante, elle permet de réduire la consommation énergétique liée à la climatisation et au chauffage des bâtiments.

Pour conserver les conditions de rentabilité, il faut limiter les distances de transport

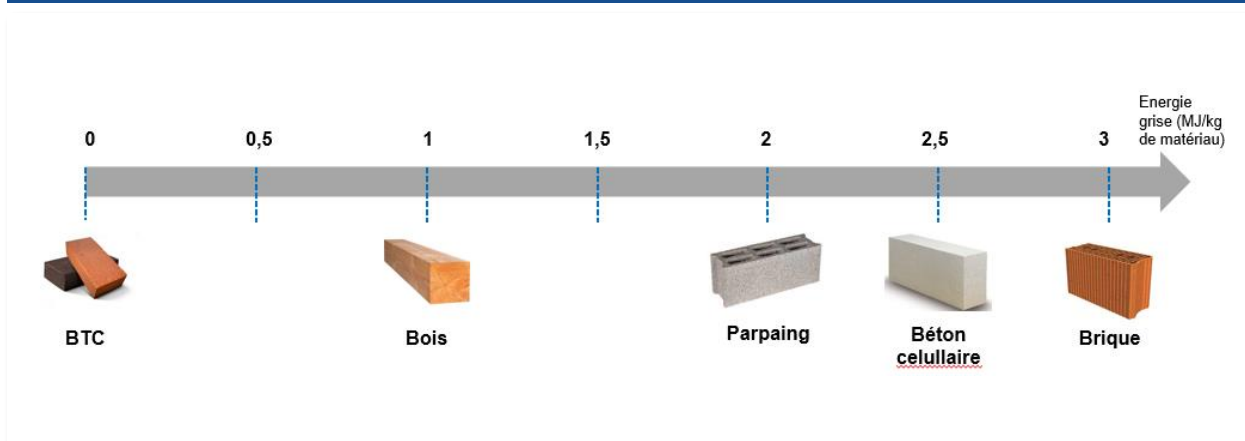
*Source : Cycle Terre*

Si l'intérêt économique de la construction terre crue est encore fragile, sur le plan environnemental, cette filière répond aux enjeux concernant le traitement d'importants volumes de terres excavées par les travaux du **Grand Paris Express** ; volumes estimés à **43 Mt**.

Ainsi, le projet Cycle Terre ne pourra pas absorber à lui-seul les volumes de déchets de terres excavées localement (objectif fixé à 8000 tonnes en phase démonstrateur) mais l'objectif est d'initier la démarche et de servir de référence pour d'autres filières. Et cela sera rendu possible par les différentes missions que s'est fixé le projet telles que :

- **Produire des références techniques** pour la construction en terre crue : aujourd'hui 3 certifications techniques (briques, panneaux d'argile et mortier)
- **Développer avec les promoteurs immobiliers et les architectes** l'utilisation des matériaux pour tester l'intérêt du processus
- Proposer des matériaux de construction à **très faible impact environnemental**

Comparaison consommation énergie grise par type de matériau



Source : Graphique BL évolution sur les données de ANCO

Contrairement à la terre cuite, la terre crue fait l'objet d'un séchage naturel ce qui rend le procédé de fabrication moins impactant : à volume équivalent, la terre crue émet 2,5 fois de GES que la terre cuite et environ 2 fois moins que les blocs de béton.

### Recyclage du béton de démolition

Le béton de démolition représente **19 Mt déchets/an soit 8% des déchets du secteur du BTP en France**, ce qui en fait l'un des principaux gisements. Aujourd'hui, largement utilisé en remblaiement de carrières ou en application en sous-couche routière (80%), ce flux de déchets est l'un des mieux valorisés du secteur.

Or, en considérant que les 20% restants sont stockés en installations spécialisées, la part du béton de démolition recyclé dans du nouveau béton représente une part très marginale (moins de 1%), ce qui constitue un enjeu au regard du fort impact de ce produit sur les ressources naturelles.

En effet, le sable et le granulats entrant dans la composition du béton représentent environ 80% de son volume (taux dépendant des usages du béton). Chaque année ce sont entre **35 et 39 millions de mètres cubes de béton prêt à l'emploi qui sont produits en France<sup>2</sup>** soit entre **28 et 31 millions de mètres cubes de sable et granulats nécessaires**.

Ainsi, les valorisations faites du béton de démolition aujourd'hui ne permettent pas de substituer les volumes de sable et granulats annuellement extraits pour la construction de nouveau béton. L'application d'une boucle d'économie circulaire par le recyclage permettrait de répondre à cet enjeu.

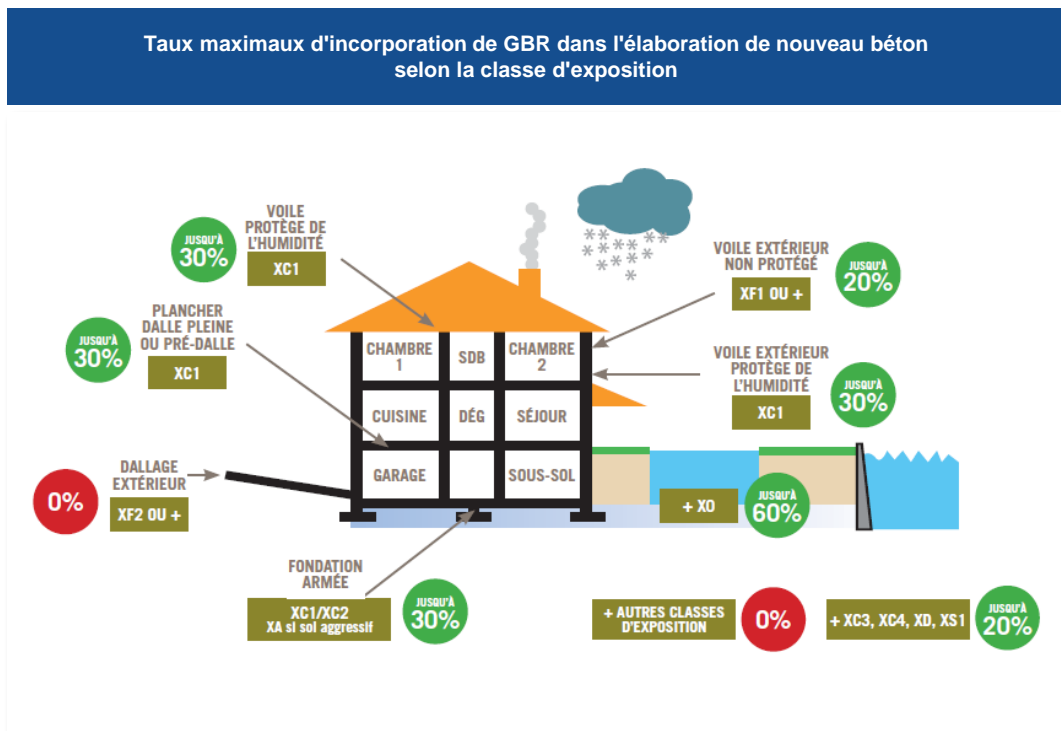
Et le **recyclage du béton dans le béton est techniquement possible**. Il faut pour cela préparer en amont le béton démoli :

- **Une étape de tri** sur chantier est nécessaire afin de séparer le béton de démolition des autres flux de déchets mélangés sur site et notamment des armatures métalliques (béton armé)
- Une deuxième **étape de concassage**, soit la réduction de la matière en petits fragments
- On procède ensuite au **criblage**, il s'agit d'un tri en fonction de leur granulométrie
- Enfin, on effectue le dépoussiérage



## VALORISATION DES DÉCHETS COMME MATIÈRE PREMIÈRE OU COMME COMBUSTIBLE : UNE FILIÈRE D'AVENIR POUR RÉPONDRE À L'URGENCE CLIMATIQUE ?

A l'issue de ce procédé de préparation, on obtient des Granulats de Bétons Recyclés qui peuvent être incorporés dans l'élaboration de nouveau béton. Les taux d'incorporation sont encadrés par des normes et varient entre 0 et 60% de la masse totale de granulats dans le béton :



Source : Aggneo Bâtiment

Le recyclage du béton de démolition présente de nombreux atouts, comme :

- Son intérêt environnemental : en lien avec les impacts de l'extraction des ressources tel que le sable dans les fonds marins
- Sa capacité à répondre techniquement aux exigences de la construction

D'un point de vue économique, la contrainte sur la disponibilité des granulats (permission d'exploiter des nouvelles carrières) et le fait que les matériaux de déconstruction doivent être traités ou mis en décharge avec des coûts qui augmentent, rendent économiquement intéressant la valorisation des bétons de démolition.

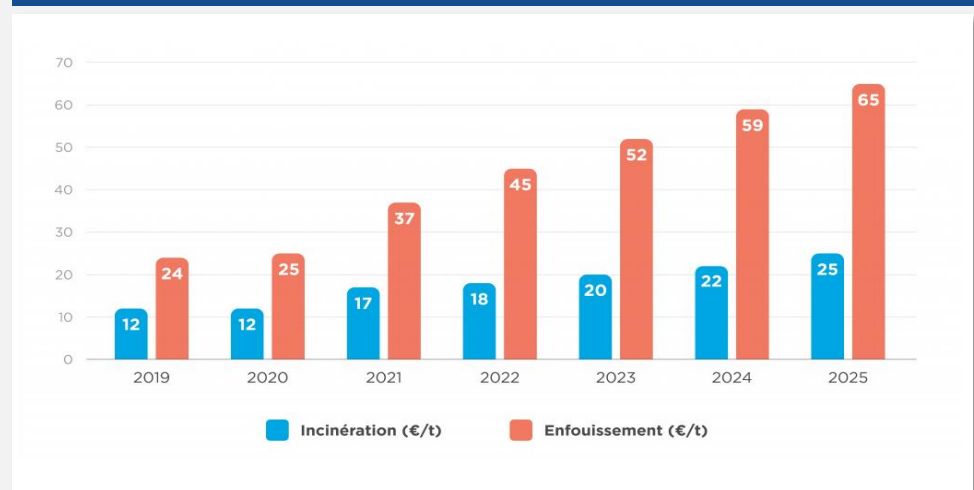
## FOCUS SUR L'ÉVOLUTION DE LA TGAP Taxe générale sur les activités polluantes

Le gouvernement a mis en place des mesures financières incitatives pour orienter les flux de déchets des professionnels vers les modes avec les impacts environnementaux les plus faibles. **La Taxe Générale sur les Activités Polluantes** – créée en 1999 sur le principe du « Pollueur-Payeur » s'applique aux déchets « ultimes », c'est-à-dire aux déchets non valorisables destinés soit à l'enfouissement, soit à l'incinération.

Cette taxe évolue chaque année au **1er janvier**, en **alourdissant d'autant le coût de traitement des déchets pour les professionnels**

Et le rythme d'augmentation de la TGAP s'accélère : la **TGAP sur l'enfouissement** devrait passer de **25€/tonne en 2020 à 65€/tonne en 2025** tandis que la **TGAP sur l'incinération** devrait passer de **12€/tonne en 2020 à 25€/tonne en 2025** soit doubler en 5 ans.

Evolution coût TGAP pour enfouissement et incinération (€/t) en 2019 et 2025  
Infographie : Phenix



Source : Loi n°2018-1317 du 28 décembre 2018 de finances pour 2019, article 24

La hausse des coûts de traitement des déchets par incinération et enfouissement rend économiquement de plus en plus intéressant des modes de valorisation circulaires des déchets.



## ORDURES MÉNAGÈRES RÉSIDUELLES NON ORGANIQUES ET DÉCHETS INDUSTRIELS

### Caractérisation du gisement

#### Ordures ménagères

Les **déchets ménagers** représentaient en 2018 près de **30Mt en France<sup>3</sup>** dont **10 Mt en France d'ordures ménagères résiduelles non organiques<sup>4</sup>**.

Lors d'une campagne d'évaluation sur les déchets, réalisée en 2017, il a été observé que **la production moyenne annuelle** d'Ordures Ménagères Résiduelles (OMR) était en forte baisse : -31% entre 1993 et 2017 passant d'un taux de 365 kg d'OMR/hab./an à 254 kg d'OMR/hab./an ; même si la part des OMR dans les déchets ménagers reste importante (48% en 2017) :

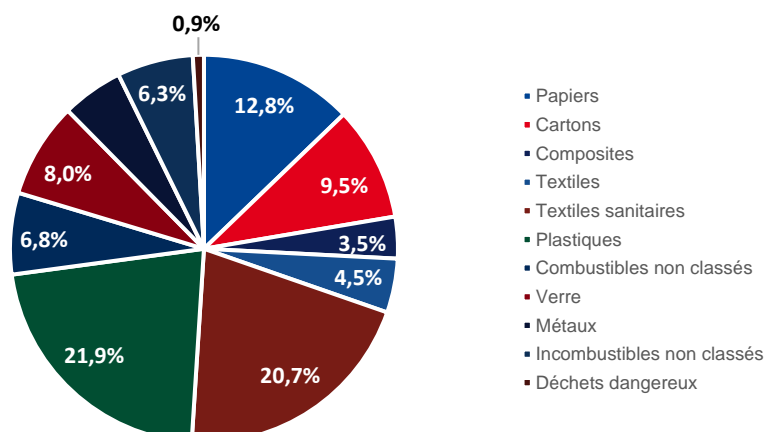
#### Répartition des déchets ménagers entre OMR, collecte sélective et déchèteries



Source : ADEME – Enquête Collecte 2017

Le deuxième constat est que **la composition des OMR, n'a pas varié ces 10 dernières années**. En se limitant aux OMR non organiques, voici les résultats extrait de la MODECOM 2017 :

#### Caractérisation des déchets OMR non organiques en France en 2017



<sup>3</sup> Source : SDES, 2020

<sup>4</sup> Voir le graphique page 24, sur la part des différents secteurs dans la production de déchets en France

### Déchets industriels

**Les déchets industriels** (ou déchets des activités économiques hors BTP et assimilés) **représentent un gisement d'environ 66 Mt par an en France soit 20% de la production totale de déchets.**

La caractérisation des déchets industriels est plus complexe que celle des déchets ménagers. Il représente un flux près de 2 fois plus important, plus diffus et d'une grande variété (métaux, papier et carton, verre, plastique, caoutchouc, bois, textile et cuir, déchets en mélange, etc.)

### **Valorisation aujourd'hui**

#### Ordures ménagères

Le contenu des poubelles grises (OMR organiques et non organiques) est principalement valorisé énergétiquement : 68% vont en valorisation énergétique ou incinération, 24% en centre de stockage et 8% en compostage ou méthanisation (principalement pour les déchets organiques).

#### Déchets industriels

**72% des déchets de l'industrie manufacturière sont directement valorisés** dont 57% de recyclage, 3% valorisation organique, et 12% incinération avec récupération de chaleur.

### **Solutions innovantes et potentiels de valorisation dans le cadre de l'économie circulaire**

Afin de respecter la Loi relative à la Transition Energétique pour la Croissance Verte, il est nécessaire d'accélérer le recyclage des déchets de trouver de nouvelles solutions ; telle celle mise au point par **Néolithe de fossilisation des déchets.**

### **Fossilisation accélérée des déchets – Retour d'expérience de Néolithe**

Société française créée en 2019, Néolithe a mis au point un procédé breveté de fossilisation unique au monde permettant de transformer les déchets non-recyclables, non-inertes et non-dangereux, en granulats minéraux.

Ce procédé répond à un double enjeu environnemental :

- **Celui de réduire le volume des déchets non recyclables** en proposant une alternative plus vertueuse que les modes de valorisation actuels
- **Celui de répondre à la demande forte en granulats (matière première la plus consommée en France) pour les besoins de la construction**

Ce procédé s'inscrit ainsi dans une approche d'économie circulaire dont les étapes constitutives sont les suivantes :

- Collecte des déchets non-recyclables (refus de tri)
- Broyage des déchets
- Fossilisation des déchets qui s'effectue sans émission de polluant
- Nouveau broyage de la matière sortante (poudre de déchets)
- Mélange de cette poudre avec en liant et de l'eau dans les proportions suivantes : 80% de poudre de déchets / 20% de liant bas carbone / eau (Pâte de pierre)
- Mise en forme des granulats

Les déchets entrants dans le procédé de fossilisation peuvent aussi bien être constitués de **déchets ménagers**, que de **déchets industriels banals** en mélange tels que le plastique, le bois, les textiles, le plâtre ou encore les isolants.

**Les granulats ainsi créés peuvent être valorisés en sous-couche routière ou directement pour la fabrication de béton.**

D'un point de vue économique, **le prix de fossilisation est équivalent au prix de la prestation d'enfouissement** (transport inclus et TGAP incluse). Ce prix est donc variable en fonction de la région dans laquelle le Fossilisateur est implanté. A moyen terme, la fossilisation sera moins chère que l'enfouissement, à un prix équivalent dans toutes les régions, car le prix d'enfouissement aura continué à grimper.

En sortie de procédé Néolithe, la tonne de granulats d'Anthropocite se vend aujourd'hui au même prix qu'un granulats recyclé ou neuf, soit 5 à 15€/t.



Nicolas Cruaud,  
Président de  
Néolithe

## ENTRETIEN AVEC NICOLAS CRUAUD

**Nous souhaiterions dans un premier temps caractériser précisément les déchets servant d'intrants dans votre procédé de fossilisation.**

En effet, est indiqué sur votre site internet que les déchets utilisés sont issus de refus de tri aussi bien des déchets ménagers que d'industriels et peuvent être composés de plastique, de bois ou encore de matières organiques. **Pourriez-vous détailler la caractérisation des déchets entrants ?**

Les déchets que nous traitons sont les déchets en mélange. Ils contiennent tout ce que les acteurs du tri ne jugent pas recyclables ou pas économiquement rentable à recycler. Sans être exhaustif, on peut trouver dans un refus de tri de DIB : plastiques en mélanges, bois, papier, carton, textile, laines minérales, plâtres, mousses, etc.

**Une fois le granulat minéral obtenu en sortie de procédé, le panel de valorisation est large (intégration dans du béton, sous-couche routière, remblaiement de carrière, etc.).**

**Vers quels usages** sont aujourd'hui fléchés vos granulats ? **Qui sont les acteurs** vous reprenant les granulats (grosses entreprises du BTP, PME du BTP locales, etc.) ? **Le cadre réglementaire** en place vous contraint-il dans les valorisations possibles de vos granulats ?

La première application certifiée que nous avons obtenue est l'intégration dans les bétons non-structuraux. Elle permet déjà de consommer une très grande quantité de matière. La deuxième en cours de certification est l'application en technique routière, notamment en grave bitume et sous-couche. Nous travaillons également à l'intégration dans les bétons structuraux. Le cadre réglementaire en place, et notamment la norme granulat, ne nous permet pas de nous identifier à un granulat recyclé, ou même à un granulat artificiel, car les définitions ne collent pas. Cela nous empêche par exemple d'atteindre des bétons normés.

**Le procédé de fossilisation que vous avez mis en place est une solution d'économie circulaire qui a la particularité (et l'intérêt) de répondre à deux grandes problématiques :**

celle de diminuer les déchets et leur impact global et celle de substituer par ceux-ci des granulats pouvant être utilisés pour les usages du BTP, ressource naturelle surexploitée et dont l'extraction a un impact important.

**Aussi, nous souhaiterions pouvoir connaître la balance économique de votre solution :**

- **A quel prix reprenez-vous la tonne de déchets en intrant ? Ce prix est-il variable selon sa composition ? sa provenance ?**

A court terme le prix de la Fossilisation est équivalent au prix de la prestation d'enfouissement (transport inclus, TGAP incluse). Ce prix est donc variable en fonction de la région dans laquelle le Fossilisateur est implanté. A moyen terme, la Fossilisation sera moins chère que l'enfouissement, à un prix équivalent dans toutes les régions, car le prix d'enfouissement aura continué à grimper

- **A quel prix revendez-vous la tonne de granulat ainsi obtenu ? Quel coût par rapport à la tonne de granulat « neuve » ?**

Une tonne de granulats d'Anthropocite se vend aujourd'hui au prix d'un granulat recyclé ou neuf, c'est à dire entre 5 et 15€/t. A moyen terme, ce prix pourra être amené à monter, lorsque le potentiel de séquestration du CO2 du granulat sera bien perçu par les clients comme un atout de décarbonations de la construction.

- **De manière générale, quels sont les coûts rentrant dans l'équation ?**

Les principaux coûts de la Fossilisation sont l'amortissement du Fossilisateur, la maintenance et les pièces d'usures, les liants, et l'électricité.

**De manière plus générale, si les solutions d'économie circulaire ne manquent pas, plus rares sont celles qui présentent une balance économique positive ou permettant de concurrencer économiquement leurs semblables solutions linéaires.**

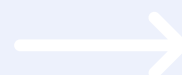
**Quelle est votre vision de l'équation des coûts pour les industriels des filières de valorisation des déchets ?** (Équation économique du « circulaire » versus le « linéaire »)

Sauf cas rares et temporaires de prix très élevés des matières premières, et donc des matières recyclées, les modèles économiques d'économie circulaire comme le mien ne peuvent être compétitifs que grâce à la taxation et à la contrainte appliquée sur les procédés linéaires existants. Par exemple, le coût d'enfouissement en France en 2023 est de l'ordre de 150€/t. A titre de comparaison, aux Etats-Unis, où la contrainte environnementale sur la gestion des déchets est bien plus faible, le coût d'enfouissement est de l'ordre de 35€/t. La pérennité de ce genre de modèle est donc fortement corrélée à la volonté politique du pays.

**Enfin selon vous, pourquoi et comment le monde de la finance devrait s'impliquer dans le développement des filières innovantes de valorisation des déchets en France et en Europe ?**

Selon moi, le plus grand risque pour le monde de la finance en termes de valorisation des déchets est de chercher à financer de gros actifs de valorisation énergétique des déchets non-recyclables (hors biomasse). Ces actifs (incinérateurs et chaudières à CSR), sont aujourd'hui la solution de référence pour pallier au manque de capacité d'enfouissement (décidées par l'Etat). Elles semblent également d'autant plus pertinentes aujourd'hui, en pleine crise énergétique, car elles apportent quelques capacités de production supplémentaires.

Cependant, la valorisation énergétique des déchets non-recyclables (hors biomasse), implique fatalement la production d'une énergie très carbonée, notamment à cause de la combustion des matières fossiles présentes dans le déchets (plastiques en particulier).



Pour donner un ordre de grandeur, l'électricité générée par un incinérateur émet autant de CO<sub>2</sub> fossile par MWh électrique qu'une centrale à charbon, et la chaleur générée émet plus de CO<sub>2</sub> fossile par MWh thermique qu'une chaudière fioul.

Ces investissements, dont la durée d'amortissement se compte en dizaines d'années, sont donc évidemment incompatibles avec la trajectoire zéro carbone de l'UE, et en particulier celle de la France, qui produit déjà son énergie de façon assez décarbonée. Le risque est donc de financer un actif qui sera considéré comme sans valeur dans 5 ou 10 ans, car les contraintes sur les émissions de CO<sub>2</sub> auront crû drastiquement. Le premier exemple de ceci est le vote au Parlement Européen de l'intégration des incinérateurs au marché des quotas carbone ETS, impliquant une hausse des coûts d'incinération de l'ordre de 50% en 2026.

Enfin, ces infrastructures présentent de fortes économies d'échelle, ce qui pousse les constructeurs à surdimensionner les fours. Cela implique dès aujourd'hui dans certaines villes la nécessité d'importer des déchets à incinérer pour ne pas créer de vide de four, qui détériorerait de façon prématurée l'installation. Cela implique également que les incinérateurs sont en constante opposition et confrontation avec toutes les avancées dans la réduction des déchets et le recyclage amont, car cela impacte fortement leur gisement disponible.



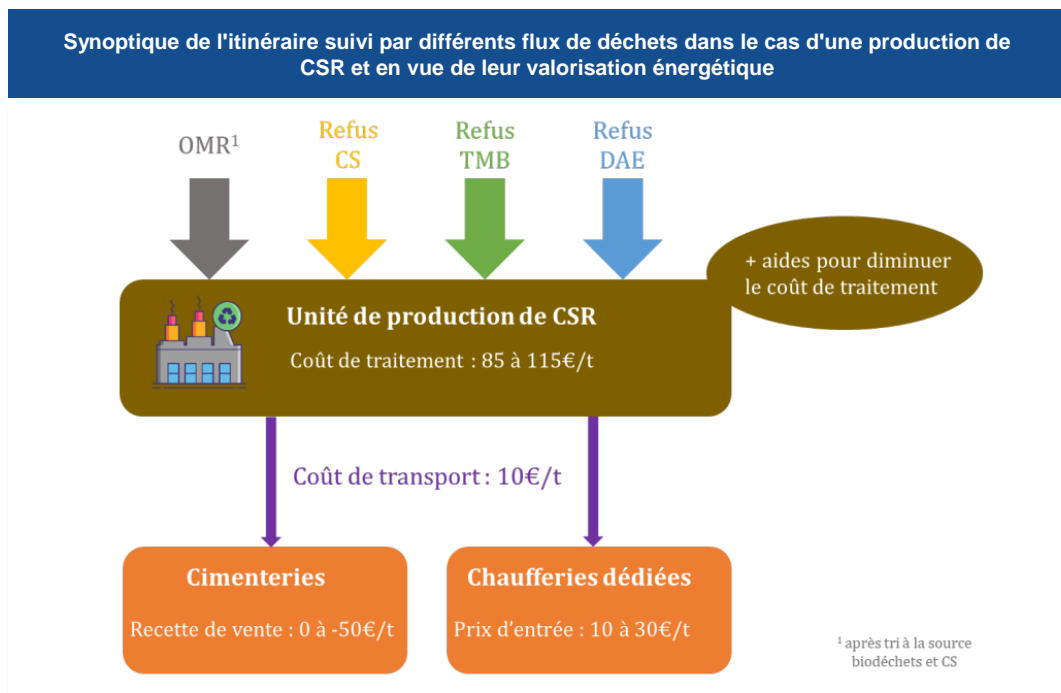
### Valorisation pour la production de CSR – Etude impact environnemental et économique

Les CSR sont issus des refus de tri des déchets des activités économiques, des collectes sélectives des emballages, des encombrants de déchèteries (déchets secs et riches en résidus de plastiques, bois, papier... non recyclables dans les conditions actuelles). Déchets non dangereux solides, Ils peuvent représenter entre 15 et 90 % du flux entrant, selon leur nature, le type de tri et la qualité recherchée pour le flux destiné au recyclage matière. La production de CSR à partir d'ordures ménagères constitue une voie de valorisation énergétique performante en chaleur et/ou en électricité, en général en substitution d'énergie fossile.

On distingue :

- **Les CSR de haute qualité** (PCI – Pouvoir Calorifique Inférieur > 18 MJ/kg et teneur en chlore < 0,5 %), principalement **utilisés en cimenteries en France** : on estime que les cimenteries pourraient en consommer **1 million de tonnes d'ici 2025 contre moins de 400 000 tonnes aujourd'hui**.
- Les **CSR de bonne qualité** (PCI entre 12 et 18 MJ chlore < 1,5 % qui seront destinés à des **chaufferies dédiées** aux CSR.

Sur le plan économique, **la filière CSR doit être soutenue par des aides financières publiques de manière à rendre ce mode de valorisation plus rentable**. En effet, comme l'illustre le graphique ci-dessous, le coût de production des CSR reste bien supérieur au coût de mise en décharge (85€/t actuellement<sup>5</sup>) même en prenant en compte l'augmentation de la TGAP.



Source : Neci Normandie

Aussi, des rémunérations sont mises en place de manière à pousser les chaufferies à utiliser des CSR dans leurs procédés, ces aides, entre 10 à 30€/t, sont nécessaires pour atteindre un coût de production de l'énergie compétitif.



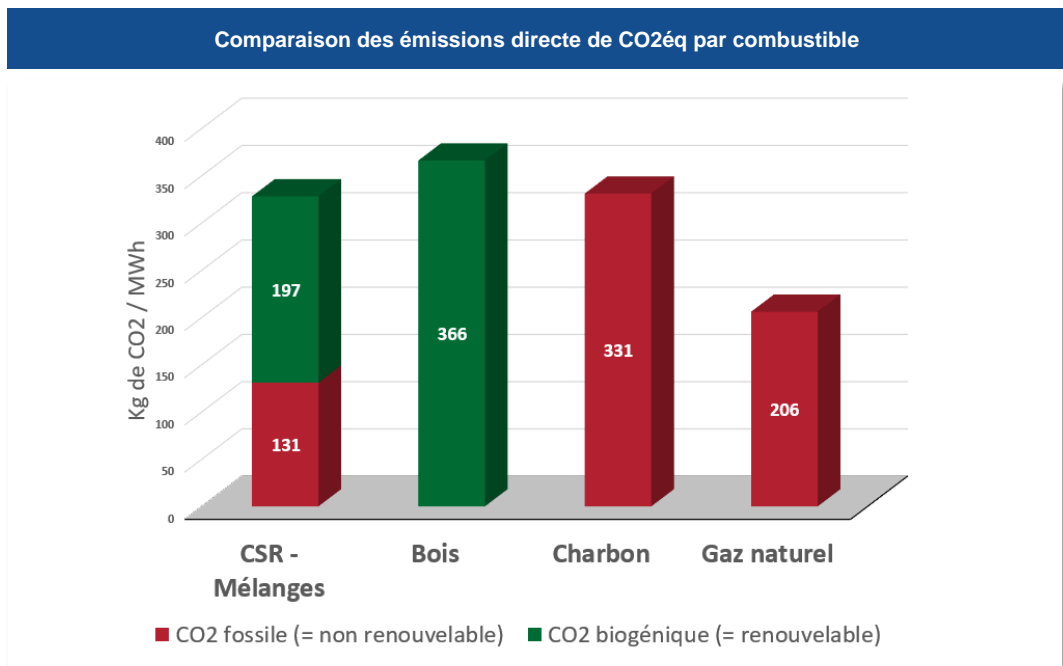
Sur le plan environnemental, la filière CSR est très intéressante en comparaison avec les énergies fossiles qu'elle remplace. En effet, si à production d'énergie égale le CSR émet quasiment autant de CO<sub>2</sub>éq que le charbon et 50% de plus que le gaz naturel, le **réel intérêt climatique du CSR est qu'il contient une part de CO<sub>2</sub> dit biogénique importante.**

### FOCUS CO<sub>2</sub> BIOGÉNIQUE

Le carbone biogénique est le carbone contenu dans la biomasse d'origine agricole ou forestière, émis lors de sa combustion ou dégradation, ainsi que celui contenu dans la matière organique du sol. Quelle que soit son origine, biogénique ou fossile, une molécule de CO<sub>2</sub> agit de la même façon sur l'effet de serre. Cependant, au contraire des énergies fossiles, la biomasse peut se renouveler à l'échelle humaine, avec des cycles plus ou moins longs (cultures annuelles, forêts).

Ainsi, la partie biogénique des GES émis par la combustion de CSR a été absorbée par les matières valorisées tout au long de leur durée de vie.

PENA Groupe (80 millions d'euros de chiffre d'affaires en 2021) est une entreprise spécialisée dans le secteur d'activité de la récupération de déchets triés et pionnière dans la valorisation CSR. Une étude de PENA Groupe révèle que la part moyenne de CO<sub>2</sub> biogénique contenu dans les CSR est de 65% et que ce taux permet une émission de CO<sub>2</sub> fossile (non renouvelable) bien moindre que pour le charbon et le gaz naturel :



Source : PENA Groupe

Les CSR émettent ainsi 60% de CO<sub>2</sub> équivalent fossile de moins que le charbon et 36% de moins que le gaz naturel.

VALORISATION DES DÉCHETS COMME MATIÈRE PREMIÈRE OU COMME COMBUSTIBLE :  
UNE FILIÈRE D'AVENIR POUR RÉPONDRE À L'URGENCE CLIMATIQUE ?



# CONCLUSION

## CONCLUSION

Cette étude a mis en exergue l'impact environnemental des déchets et les limites économiques de nos modes actuels de production reposant encore largement sur une approche « linéaire » de l'utilisation des ressources.

Or, les déchets posent une **problématique** pour nos sociétés actuelles aussi bien en **termes de volume généré** (une production toujours croissante et en forte augmentation depuis l'ère préindustrielle) qu'en **termes de pollution** causée (pollution de l'air, de l'eau impactant la biodiversité toute entière).

Ainsi, en lien avec les objectifs climatiques internationaux fixés, le volet des déchets constitue donc un des piliers sur lequel il est urgent d'agir et l'économie circulaire, par la valorisation des déchets, une réelle opportunité.

Pour répondre à cette urgence, des solutions existent et sont déjà mises en place, d'autres plus innovantes, sont encore au stade d'industrialisation et de développement et sont autant de pistes prometteuses dans cette lutte contre le temps.

Au regard, des différentes obligations extra-financières des sociétés et des référentiels d'investissements verts, le monde de la finance connaît un tournant et investir dans ces filières d'avenir permettrait d'accélérer leur développement. La finance pourrait ainsi jouer un rôle de premier plan dans la transition écologique en cours de nos sociétés.





# LEXIQUE

## LEXIQUE

### ENERGIE GRISE

L'énergie grise est la somme des énergies nécessaires au cycle de vie d'un objet. Celui-ci est long, il débute dès l'extraction de la matière première qui permet la fabrication. L'énergie grise regroupe toutes celles dépensées et consommées pour créer le produit, l'emballer, le transporter vers les sites de distribution, le stocker, le distribuer, le vendre, l'utiliser, l'entretenir, puis le recycler lorsqu'il est en fin de vie.

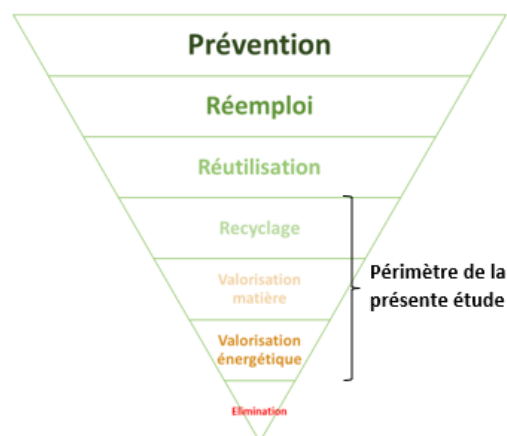
### GAZÉIFICATION

La gazéification (ou pyrogazéification) des déchets consiste à les chauffer à des températures comprises généralement entre 900 et 1 200 °C en présence d'une faible quantité d'oxygène (qui peut être apportée par l'air, de l'air enrichi en O<sub>2</sub>, du dioxygène pur (O<sub>2</sub>), du gaz carbonique [CO<sub>2</sub>] ou de la vapeur d'eau). En dehors de la fraction minérale du déchet et d'une petite quantité de carbone fixe non converti qui constituent le résidu solide, l'ensemble du déchet est ainsi converti en un gaz que l'on appelle gaz de synthèse (également désigné syngas ou syngaz). Quand la réaction de gazéification est réalisée à pression atmosphérique, le gaz de synthèse est en général constitué principalement de CO et H<sub>2</sub> et quelques pourcents de CH<sub>4</sub>. Selon les procédés, il contient également une proportion plus ou moins importante de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et d'azote (N<sub>2</sub>).

### HIÉRARCHISATION DES MODES DE TRAITEMENT DES DÉCHETS

Illustration de la hiérarchisation des modes de valorisation des déchets telle qu'introduite par la Directive Cadre Européenne sur les Déchets de 2008 et reprise dans le code de l'Environnement français :

Hiériorchisation des modes de traitement des déchets et périmètre de la présente étude



Source : BL évolution

### **INCINÉRATION**

L'**incinération** est un mode d'oxydation qui utilise l'**oxygène comme agent oxydant**. C'est un mode de traitement des déchets reposant sur la combustion des déchets et le traitement des effluents. Les effluents sont des fumées pouvant être nocives (métaux lourds, dioxines et furannes, poussières, CO, HCl, HF, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>...) qu'il convient de traiter avant rejet dans l'atmosphère ; leur traitement conduit à la production de déchets solides (résidus d'épuration des fumées). Les autres effluents solides sont constitués des mâchefers (qu'on peut valoriser en matériaux en BTP par exemple). La chaleur produite peut quant à elle **être valorisée directement sous forme de chaleur et/ou permettre la production d'électricité** (on parle alors de cogénération).

### **PYROLYSE**

La **pyrolyse** et la **gazéification** appliquées aux déchets sont des moyens de les convertir en liquides et en gaz combustibles, ce qui ouvre un champ très vaste de possibilités de les valoriser efficacement. La **pyrolyse** des déchets consiste à les chauffer à des températures généralement comprises entre 350 et 650 °C **en l'absence d'oxygène**, (ou en présence d'une très faible quantité d'oxygène ou d'air, destinée à apporter, par combustion très partielle, l'énergie nécessaire au processus de pyrolyse). Il en résulte une production d'un gaz combustible, d'un liquide (huile ou mélange d'hydrocarbures), et d'un sous-produit (souvent désigné « coke » ou « char » ou « biochar » si les déchets sont de la biomasse) qui contient la fraction minérale du déchet entrant, ainsi que le « carbone fixe », c'est-à-dire le carbone présent dans le déchet qui ne s'est pas transformé en gaz ou liquide.

### **RECYCLAGE**

Le recyclage se définit comme « toute opération de valorisation des déchets, y compris organiques, retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins » (article L. 541-1-1 du code de l'environnement)

### **RÉEMPLOI**

Opération qui permet à des biens qui ne sont pas des déchets d'être utilisés à nouveau sans qu'il y ait modification de leur usage initial.

### **RÉUTILISATION**

Opération qui permet à un déchet d'être utilisé à nouveau en détournant éventuellement son usage initial.

### **VALORISATION ÉNERGÉTIQUE**

La valorisation énergétique permet, dans le respect de la hiérarchie de gestion des déchets, d'utiliser les déchets qui n'ont pu être ni recyclés ni valorisés sous forme matière, comme source d'énergie renouvelable. Les procédés mis en œuvre sont soit des procédés d'oxydation totale (combustion, incinération ou oxydation en voie humide – définitions dans le Lexique), soit des procédés de décomposition et/ou de transformation thermo-chimique (pyrolyse ou gazéification), imposant différents modes de récupération/valorisation de l'énergie calorifique libérée, soit encore des procédés de valorisation des Combustibles Solides de Récupération (CSR).

### **VALORISATION MATIÈRE**

La valorisation matière des déchets englobe toutes les opérations de valorisation autre que celles permettant de produire de l'énergie (valorisation énergétique). On distingue deux opérations principales de valorisation matière dans le cadre du périmètre étudié : le recyclage, la valorisation matière des déchets du secteur du BTP.

### **VALORISATION MATIÈRE DES DÉCHETS DU SECTEUR DU BTP**

Appliqué aux déchets du secteur du BTP, la valorisation matière consiste à valoriser les déchets pour une utilisation en remblaiement de carrières ou en sous-couche routières. Contrairement au recyclage, les déchets valorisés n'intègrent pas un processus industriel complexe. La logique circulaire de ces modes de valorisation s'inscrit également dans le fait que ces opérations sont généralement effectuées in-situ ou à proximité du site d'origine des déchets (circuits courts). En revanche, dans le cas des gravas de béton notamment, ces opérations peuvent être assimilées à du décyclage (ou « downcycling » en anglais) puisque le déchet est « transformé » en matériau de valeur moindre : le béton qui possède des caractéristiques techniques très intéressantes est par ce biais uniquement utilisé pour « combler des trous ».

### **REP PMCB**

Responsabilité Élargie des Producteurs pour les Produits et Matériaux de Construction du Bâtiment. Les filières à responsabilité élargie des producteurs (REP) sont des dispositifs particuliers d'organisation de la prévention et de la gestion de déchets qui concernent certains types de produits. La REP de produits et matériaux du bâtiment est avant tout un sujet « Déchets » avant d'être un sujet « Bâtiment », et ainsi, fait appel aux professionnels de la gestion de fin de vie des produits (éco-organismes, collecteurs et recycleurs de déchets).



# ANNEXES



## ANNEXES

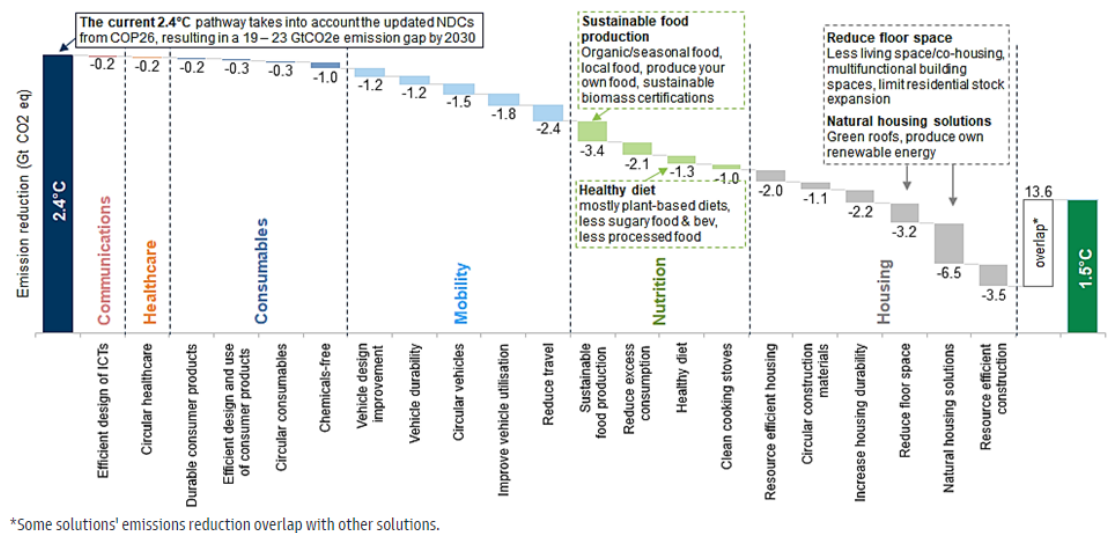
### CONTRIBUTION DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE À LA RÉDUCTION DES GES

Une étude menée par Goldman Sachs s'est intéressée à quantifier la contribution de l'économie circulaire à la réduction des gaz à effet de serre dans l'alignement des objectifs de l'Accord de Paris :

#### Prévision de réduction des émissions mondiales de gaz à effet de serre grâce à l'économie circulaire

**Exhibit 10: Circular solutions can help reduce global emissions by 22.8Gt, or 39% (from 2019 levels), helping to bridge the gap left by new COP26 Paris Commitments towards a 1.5 degree scenario by 2050**

Emission reduction of 21 key circular solutions, Gt CO2 eq based on 2019 levels, assuming NDCs are met by 2032

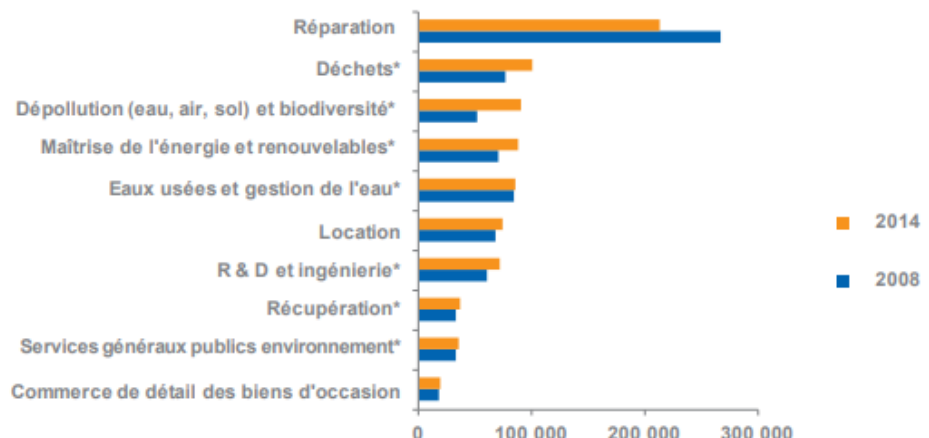


Source : Goldman Sachs

### ÉVOLUTION DE L'EMPLOI DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE APPLIQUÉE À DIFFÉRENTS SECTEURS

Dans une étude, France Stratégie a quantifié l'évolution de l'emploi de l'économie circulaire en détaillant par secteurs d'activités, cela mettant en exergue la croissance de l'emploi relatif à l'économie circulaire :

#### Emploi dans l'économie circulaire, en milliers d'équivalent temps plein, 2008-2014



Source : France Stratégie

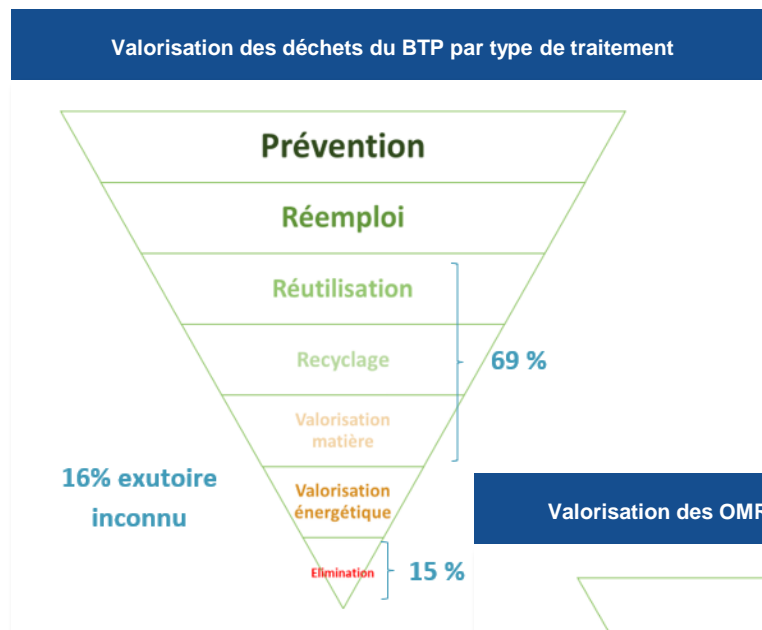
### **SOCIÉTÉS CONCERNÉES PAR L'OBLIGATION DU RAPPORTAGE EXTRA-FINANCIER DES ENTREPRISES**

Conformément à l'article R. 225-104 et R. 22-10-29 du code de commerce, une déclaration de performance extra-financière doit être élaborée par une entreprise, lorsque son total du bilan ou son chiffre d'affaires et son nombre de salariés dépassent les seuils suivants :

- Pour toute société cotée : 20 millions d'euros pour le total du bilan ou 40 millions d'euros pour le montant net du chiffre d'affaires et 500 pour le nombre moyen de salariés employés au cours de l'exercice.
- Pour toute société non cotée : 100 millions d'euros pour le total du bilan ou le montant net du chiffre d'affaires et 500 pour le nombre moyen de salariés.

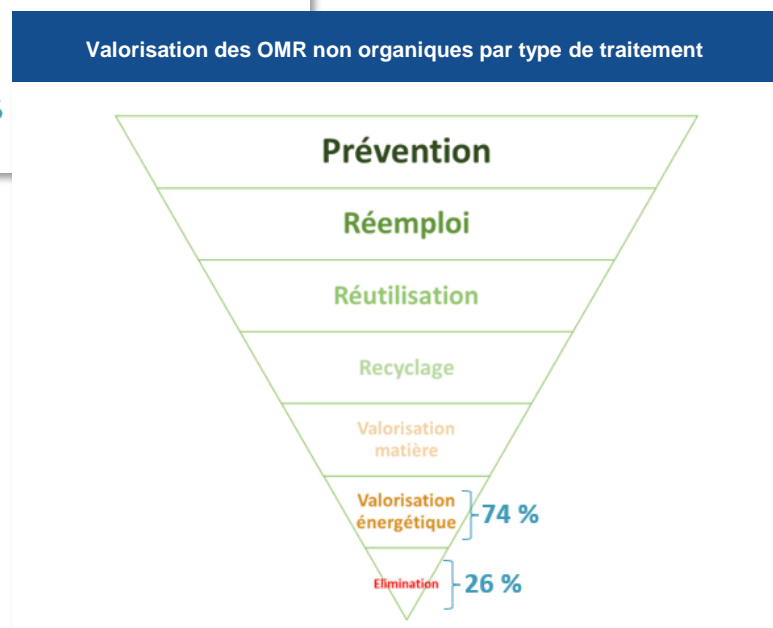
Le nombre d'entreprises concernées par ces obligations de rapportage serait d'environ 3800.

### **VALORISATION ACTUELLE DES DIFFÉRENTS FLUX DE DÉCHETS EN LIEN AVEC LA HIÉRARCHISATION DES MODES DE TRAITEMENT**



**Source**

*Le recyclage des déchets produits par l'activité du BTP en 2014 réalisé par le Ministère de la transition écologique. Graphique BL évolution*



**Source**

*Le recyclage des déchets produits par l'activité du BTP en 2014 réalisé par le Ministère de la transition écologique. Graphique BL évolution*

## VALORISATION DES DÉCHETS COMME MATIÈRE PREMIÈRE OU COMME COMBUSTIBLE : UNE FILIÈRE D'AVENIR POUR RÉPONDRE À L'URGENCE CLIMATIQUE ?



*Ce document est exclusivement conçu à des fins d'information. Les données chiffrées, commentaires ou analyses figurant dans ce document reflètent le sentiment à ce jour de Crédit Mutuel Asset Management sur les marchés, leur évolution, leur réglementation et leur fiscalité, compte tenu de son expertise, des analyses économiques et des informations possédées à ce jour. Ils ne sauraient toutefois constituer un quelconque engagement ou garantie de Crédit Mutuel Asset Management. Les informations faisant référence à des instruments financiers contenues dans ce document ne constituent en aucune façon un conseil en investissement et leur consultation est effectuée sous votre entière responsabilité. Toute reproduction de ce document est formellement interdite sauf autorisation expresse de Crédit Mutuel Asset Management.*