



LOUVAIN
School of Management

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN

LOUVAIN SCHOOL OF MANAGEMENT

**LA GESTION DES DÉCHETS : PRÉREQUIS POUR LA TRANSITION VERS
L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE ?
Illustration par le cas de Bruxelles**

Promoteur : Pr. Daniel TYTECA

Mémoire-recherche présenté par Nola KERSTENNE

En vue de l'obtention du titre de
Master 120 crédits en en ingénieur de gestion

ANNEE ACADEMIQUE 2015 – 2016

Je tiens à remercier mon promoteur, le professeur Daniel Tyteca, pour sa disponibilité et ses précieux conseils. Je remercie également Anne-Lise Poplavsky, ma mère, pour son soutien inconditionnel et ses innombrables relectures.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
PARTIE 1 : L'ECHEC DE L'ECONOMIE LINÉAIRE.....	3
1.1 IMPACTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX	3
1.1.1 Réchauffement planétaire.....	3
1.1.2 Épuisement des ressources naturelles.....	4
1.2 IMPACTS ÉCONOMIQUES	6
1.2.1 Hausse et volatilité des prix des matières premières.....	6
1.2.2 Gaspillages des ressources	7
1.3 CONCLUSION : LA NÉCESSITÉ D'UN DÉCOUPLAGE.....	8
PARTIE 2 : L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE	10
2.1 DÉFINITIONS.....	10
2.1.1 Fondation Ellen MacArthur	10
2.1.2 Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.....	11
2.2 OBJECTIF	11
2.2.1 Evolution des modèles de production.....	12
2.2.2 Évolution des modèles de consommation	13
2.3 FONDEMENTS	13
2.3.1 Cradle to cradle	13
2.3.2 Économie de la fonctionnalité.....	14
2.3.3 Ecologie industrielle	14
2.3.4 Comparaison des concepts.....	15
2.4 POTENTIEL.....	16
2.4.1 Bénéfices environnementaux.....	16
2.4.2 Bénéfices économiques.....	16
2.4.3 Bénéfices sociétaux	19
2.4.4 Etude de cas	19
2.5 IMPLÉMENTATION EUROPÉENNE.....	20
2.5.1 Contexte.....	20
2.5.2 Facteurs de succès	21
2.5.3 Menaces.....	25
2.5.4 Mesures correctives.....	27
PARTIE 3 : LA GESTION DES DÉCHETS.....	31
3.1 DÉFINITION.....	31
3.2 CLASSIFICATIONS	32
3.2.1 En fonction de la nature	32
3.2.2 En fonction de l'origine.....	32
3.3 HIÉRARCHIE DES TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES DÉCHETS.....	33
3.3.1 Prévention	34
3.3.2 Préparation en vue de la réutilisation.....	35
3.3.3 Valorisation.....	35
3.3.4 Élimination.....	38
3.3.5 Synthèse.....	39
3.4 ANALYSE ENVIRONNEMENTALE	40
3.5 LA SITUATION EUROPÉENNE	43
3.5.1 Contexte.....	43
3.5.2 Analyse de la totalité des déchets.....	44
3.5.3 Analyse des déchets municipaux	46
PARTIE 4 : CAS PRATIQUE	49
4.1 LE CAS DE BRUXELLES	50

4.1.1	<i>Organisation de la collecte</i>	50
4.1.2	<i>Mesures engagées en fonction de la hiérarchie des déchets</i>	51
4.2	LE CAS DE LJUBLJANA	54
4.2.1	<i>Organisation de la collecte</i>	55
4.2.2	<i>Méthodologie</i>	56
4.2.3	<i>Facteurs de succès</i>	57
4.3	COMPARAISON.....	59
4.4	PISTES DE RÉFLEXION	61
4.4.1	<i>Prévention</i>	62
4.4.2	<i>Réemploi et réparation</i>	64
4.4.3	<i>Recyclage et collecte sélective</i>	64
4.4.4	<i>Incinération</i>	67
4.5	LIMITES DE L'ÉTUDE ET PERSPECTIVES.....	68
	CONCLUSION	70
	BIBLIOGRAPHIE	73
	ANNEXES	82

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution mondiale de l'extraction des matières premières (en milliards de tonnes) et du Produit Intérieur Brut (en milliers de milliards de dollars)	4
Figure 2 : Relation entre le développement économique (PIB/habitant) et l'utilisation des ressources (tonnes/habitant) de 166 pays	5
Figure 3 : Evolution mondiale de la classe moyenne (en milliards d'habitants) en fonction des régions du monde	6
Figure 4 : Evolution mondiale de l'indice de prix des matières premières et du Produit Intérieur Brut	7
Figure 5 : Représentation du découplage de ressource et du découplage d'impact en fonction de l'activité économique, de l'utilisation des ressources et de l'impact environnemental	8
Figure 6 : Représentation de l'économie circulaire par la Fondation Ellen MacArthur.....	10
Figure 7 : Représentation de l'économie circulaire par l'ADEME	11
Figure 8 : Mesures à disposition des producteurs en faveur de l'économie circulaire	12
Figure 9 : Mesures à disposition des consommateurs en faveur de l'économie circulaire.....	13
Figure 10 : Intensité de la présence des caractéristiques de l'économie circulaire dans les trois concepts-clé	15
Figure 11 : Effets directs et indirects de la transition circulaire sur l'emploi en Europe	18
Figure 12 : Evolution mondiale de la population urbaine et rurale (en millions d'habitants)	22
Figure 13 : Représentation des business models circulaires en fonction du cycle de vie	23
Figure 14 : Représentation des flux composant les déchets municipaux	33
Figure 15 : Hiérarchie des déchets	34
Figure 16 : Répartition de la génération de déchets en fonction des activités économiques et des ménages en 2012 dans l'UE-28.....	44
Figure 17 : Répartition des déchets (en kg par personne) en fonction des activités économiques et des ménages dans l'UE-28 en 2012	45
Figure 18 : Répartition des techniques de traitement des déchets dans l'UE-28 en 2012	45
Figure 19 : Evolution annuelle du traitement des déchets municipaux (en kg par habitant) dans l'UE-28	46
Figure 20 : Répartition des techniques de traitement des déchets municipaux (en kg par habitant) dans l'UE-28 en 2014.....	47
Figure 21 : Tableau comparatif entre Bruxelles et Ljubljana	59
Figure 22 : Evolution annuelle de la composition de la collecte des déchets municipaux (en tonnes) à Bruxelles.....	60
Figure 23 : Evolution annuelle de la collecte séparée et résiduelle (en kg/habitant) des déchets municipaux à Ljubljana.....	61
Figure 24 : Répartition de la composition de la collecte séparée à Bruxelles	63

INTRODUCTION

Depuis la révolution industrielle, l'économie européenne s'est développée sur un modèle linéaire, également appelé « business as usual », consistant à extraire-fabriquer-consommer-jeter. En effet, il exploite de manière illimitée des ressources naturelles telles que l'énergie, l'eau, le sol et les matières afin de concevoir un produit, qui au terme de son cycle de vie deviendra un déchet à éliminer. A la base de son fonctionnement se trouvent des croyances vieilles du 19^e siècle et dont le bien-fondé n'est plus d'actualité : une profusion et une disponibilité des matières premières ainsi qu'une élimination des résidus sans conséquence.

Le système linéaire a mené la population des pays développés à un niveau de richesse jusqu'alors jamais atteint. Cependant, il n'y a plus aucun doute quant aux conséquences désastreuses que cette poursuite du développement économique à tout prix a engendrées. L'exploitation abusive de combustibles fossiles ainsi que la surconsommation des ressources naturelles détériorent la planète, avec comme effets le dérèglement climatique, la pollution et la dégradation des écosystèmes. En outre, le système linéaire ne menace pas seulement l'environnement. La volatilité des prix des ressources et les perturbations d'approvisionnement qu'il engendre menacent de plus en plus la stabilité et la compétitivité des entreprises.

C'est dans ce contexte qu'apparaît un modèle économique alternatif : l'économie circulaire. Celle-ci se base sur le renouvellement permanent des ressources dans le cycle économique, limitant ainsi les pertes et le besoin en matières supplémentaires. En cherchant à dissocier l'exploitation des ressources du développement économique, l'économie circulaire se présente comme une alternative prometteuse aux dysfonctionnements du modèle actuel.

Si la transition est si urgente, que faut-il mettre en place pour y accéder ? C'est à cette question que ce travail va essayer d'apporter sa contribution.

La première partie de ce travail est consacrée à un état des lieux des conséquences de l'économie linéaire sur tous les niveaux de la société, d'un point de vue environnemental, social et économique, afin de mieux comprendre la nécessité d'évoluer vers un modèle économique plus durable.

Ensuite, le concept de l'économie circulaire sera développé, ainsi que les principes qui constituent son squelette et ses diverses applications dans les méthodes de production et les modes de consommation. Dans cette même partie, les avantages que son implémentation peut procurer seront décrits, à nouveau d'un point de vue environnemental, social et économique.

Pour étayer ces propos, une étude de cas sera présentée, dont les résultats laissent entrevoir l'étendue du potentiel de l'économie circulaire en Europe. Enfin, l'analyse d'une implémentation européenne sera abordée, en présentant les facteurs de succès et de menace actuels, ainsi que les mesures que l'Europe et les gouvernements ont la capacité de mettre en place pour favoriser la transition circulaire.

La troisième partie de ce travail sera consacrée à la gestion des déchets, aspect incontournable de l'économie circulaire, pour optimiser l'utilisation des ressources dans un premier temps, et ainsi limiter la dégradation environnementale occasionnée par l'élimination des déchets. La hiérarchie des déchets sera présentée, qui dresse un classement des méthodes à utiliser en priorité dans l'optique de la productivité des ressources. Après avoir expliqué brièvement l'étendue des techniques de traitement des déchets qu'offre la technologie actuelle, les répercussions environnementales des méthodes majoritairement utilisées seront analysées, afin de s'assurer de leur juste position dans la hiérarchie. Finalement, la situation en Europe sera abordée afin de voir la manière dont la gestion des déchets évolue.

Ce travail se terminera par un cas pratique : l'analyse de la gestion des déchets municipaux à Bruxelles. En comparant sa situation avec celle de la ville de Ljubljana, élue grande championne européenne en termes de prévention, de réutilisation et de recyclage, les aspects qu'elle doit améliorer seront mis en lumière. Dans une partie dédiée davantage à la réflexion, les mesures que Bruxelles pourrait mettre en place pour développer une gestion des déchets qui favorise l'évolution vers l'économie circulaire seront discutées.

Je vous souhaite une agréable lecture.

PARTIE 1 : L'ECHEC DE L'ECONOMIE LINÉAIRE

1.1 Impacts socio-environnementaux

1.1.1 Réchauffement planétaire

Selon le GIEC, « *l'influence de l'homme sur le système climatique est clairement établie* » (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2014, p.2). Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O), les trois principaux gaz à effet de serre, augmentent de manière fulgurante et ont atteint des niveaux historiques de concentration atmosphérique. Leur progression est la cause majeure du réchauffement climatique qui s'observe depuis le milieu du 20^e siècle. Or, elle est essentiellement due à la croissance économique et démographique : les émissions de CO₂ rejetées par la consommation des énergies fossiles et les activités industrielles ont participé à 78% de l'accroissement mondial des émissions de gaz à effet de serre entre 1970 et 2010 (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2014).

Ces arguments sont appuyés par une étude menée par les universités de Stockholm et de Canberra. Il y est démontré qu'à partir de 1950, la nette progression de l'activité socio-économique et démographique mondiale a engendré une croissance de la même intensité des facteurs de détérioration environnementale, tels que l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, l'appauvrissement de la couche d'ozone, l'augmentation de la température à la surface du globe, l'acidification des océans, la déforestation, la dégradation des sols, l'érosion de la biodiversité, etc. (Steffen, Broadgate, Deutsch, Gaffney, & Ludwig, 2015). Les représentations de la progression mondiale des facteurs socio-économiques et environnementaux sont présentées en annexe 1.

Si les émissions de gaz à effet de serre continuent leur progression, elles entraîneront « *une modification durable de toutes les composantes du système climatique, ce qui augmentera la probabilité de conséquences graves, généralisées et irréversibles pour les populations* » (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2014, p.8), avec des risques bien plus significatifs pour les communautés défavorisées. Si le réchauffement planétaire dépasse la limite des deux degrés, les effets actuels sur la terre, tels que la montée du niveau des eaux, la fonte des glaciers, la destruction de la faune et l'augmentation de la fréquence des phénomènes climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, cyclones tropicaux) se produiront avec une telle intensité que les dommages seront irréversibles (Anonyme 1, 2016). Pour les populations les plus vulnérables, cela se traduira, à titre d'exemple, par une diminution de

l'accès aux ressources d'eau douce et une exposition accrue à la pollution atmosphérique, qui augmente les risques de contraction de maladies cardiovasculaires et de cancers du poumon. Le contact avec les particules fines dans l'air rejetées par les procédés industriels deviendra la première cause environnementale de mort prématurée (Organisation de Coopération et de Développement Economiques, 2012).

1.1.2 Épuisement des ressources naturelles

Notre empreinte écologique, outil d'estimation « *des besoins en consommation de ressources et en assimilation de déchets ... en termes de surface correspondante de terre productive* » (Wackernagel & Rees, 1995, p.7), est en augmentation constante. Alors que la population mondiale consomme actuellement une terre et demi par an, si la tendance reste inchangée, la capacité de quatre planètes sera nécessaire pour répondre à nos besoins de consommation d'ici 2050 (Accenture, 2014).

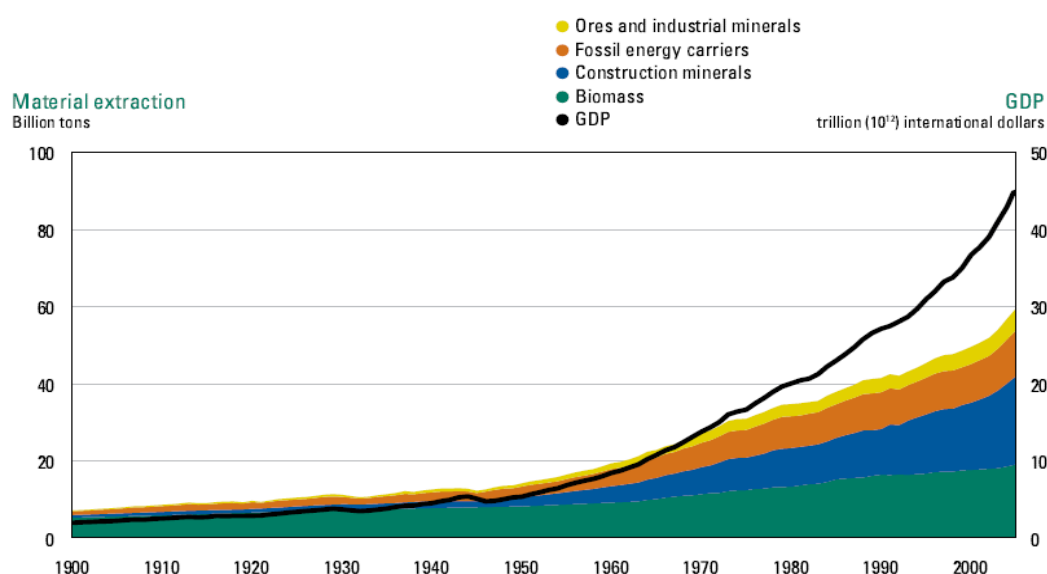


Figure 1 : Evolution mondiale de l'extraction des matières premières (en milliards de tonnes) et du Produit Intérieur Brut (en milliers de milliards de dollars) (Fischer-Kowalski et al., 2011, p.31).

Pour soutenir la croissance économique, le graphique 1 nous montre que la consommation annuelle mondiale de matières premières (biomasse, minéraux, métaux et combustibles fossiles) a augmenté de 7 milliards de tonnes en 1900 à environ 55 milliards de tonnes en 2000. D'ici 2050, il est estimé que ce montant pourrait tripler (Fischer-Kowalski et al., 2011).

La consommation énergétique mondiale augmentera de 80%, et, en l'absence de politiques innovantes, la part des énergies fossiles conservera les 85% (Organisation de Coopération et de Développement Economiques, 2012). Or, ces combustibles ne sont pas éternels : sur base des taux de production de 2015, les réserves mondiales de pétrole s'épuiseront dans 51 ans, celles de gaz dans 53 ans et celles de charbon dans 114 ans (British Petroleum, 2016).

Une des causes majeures de la surconsommation des ressources est naturellement l'aspect démographique. D'ici 2050, la population mondiale augmentera de 30% pour atteindre plus de 9 milliards d'habitants, et ne se stabilisera pas avant d'arriver à 11 milliards d'habitants (Wijkman & Skånberg, 2015). Cependant, cet aspect est à nuancer, car la croissance démographique d'une région n'a pas le même effet sur l'exploitation des ressources que celle d'une autre. En effet, il est estimé que la part des 20% de la population la plus riche dans le monde est responsable de 86% de la consommation mondiale des ressources (Collins, 2015). Avec une certaine logique, le graphique 2 nous démontre que l'intensité de l'extraction des ressources est fortement corrélée avec la croissance économique (Accenture, 2014).

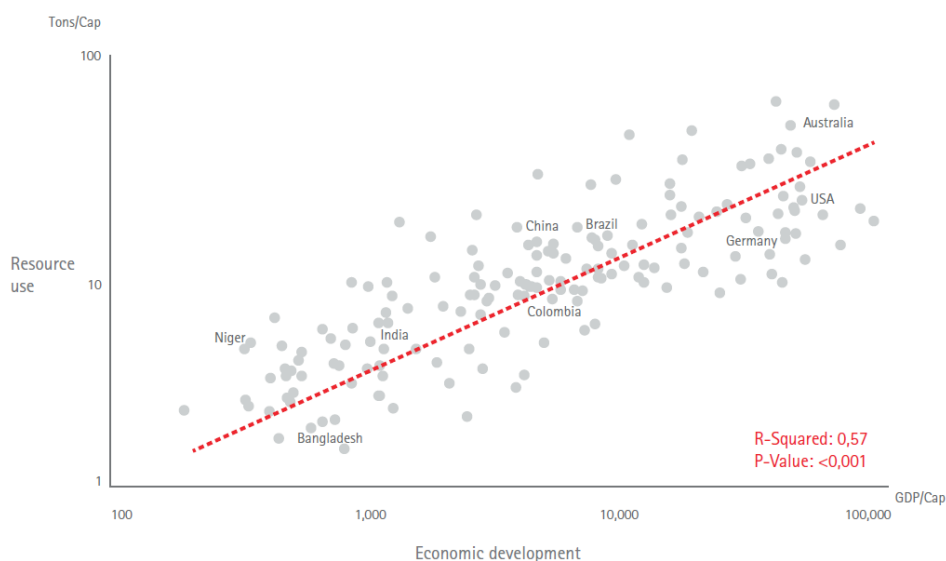


Figure 2 : Relation entre le développement économique (PIB/habitant) et l'utilisation des ressources (tonnes/habitant) de 166 pays (Accenture, 2014, p.7)

En se basant sur cette relation, le développement économique des pays émergents vient donc perturber le mode de vie des pays développés en s'appropriant une part de plus en plus importante de la production mondiale. Il entraîne également un accroissement des classes moyennes, et donc une augmentation du revenu moyen par habitant. Ces personnes auront, à

juste titre, des exigences de niveau de confort et de consommation supérieures au degré actuel (Commission Européenne 5, 2011).

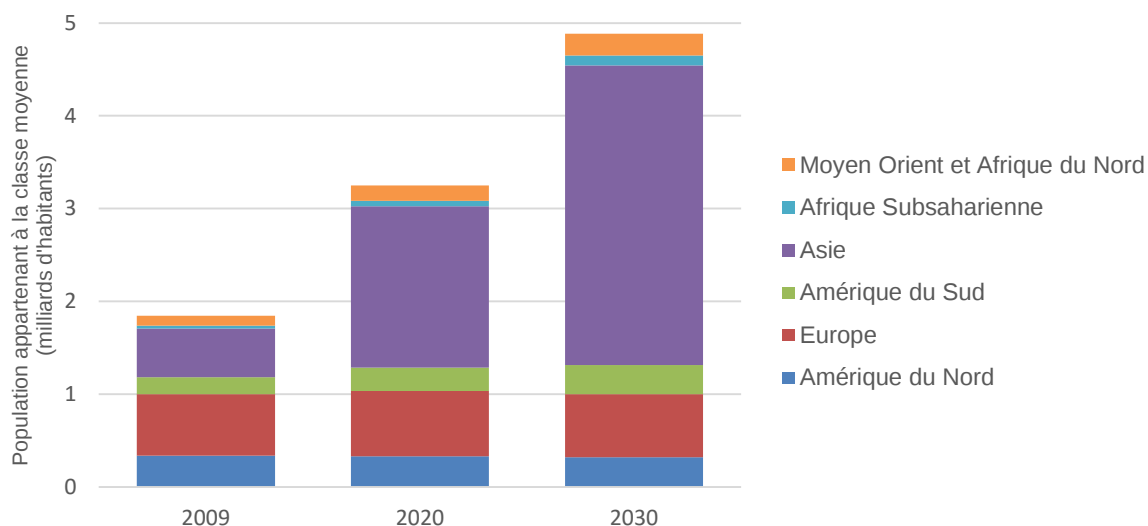


Figure 3 : Evolution mondiale de la classe moyenne (en milliards d'habitants) en fonction des régions du monde (Kharas, 2010, p.28)

Selon le graphique 3, trois milliards de personnes supplémentaires atteindront les standards de la classe moyenne (caractérisée par des dépenses quotidiennes entre 10 et 100 dollars par personne) d'ici 2030. Celle-ci représentera 57% de la population mondiale, contre 37% actuellement (World Economic Forum, 2012).

1.2 Impacts économiques

1.2.1 Hausse et volatilité des prix des matières premières

D'une part, les prix des marchandises ont constamment augmenté au cours de ces dernières années. Par exemple, entre 2000 et 2010, les prix du coton, de l'huile de palme et du cacao ont augmenté de 75%, 230% et 246% respectivement (World Economic Forum, 2012).

Pourtant, historiquement, les prix des ressources étaient inversement proportionnels à la croissance économique. Au cours du 20^e siècle, ils ont progressivement diminué de 30% (Fischer-Kowalski et al., 2011). Cependant, le rapide développement des économies émergentes autour des années 2000 a engendré une concurrence pour les ressources avec les pays développés. Devant l'afflux de demande et l'offre de plus en plus limitée, la relation s'est donc inversée (Wijkman & Skånberg, 2015). En outre, l'épuisement des réserves accessibles à faible coût contribue également à l'envolée des prix. Par exemple, le déplacement de

l'exploration pétrolière en Arctique nécessite du matériel spécifique pour répondre aux conditions météorologiques extrêmes.

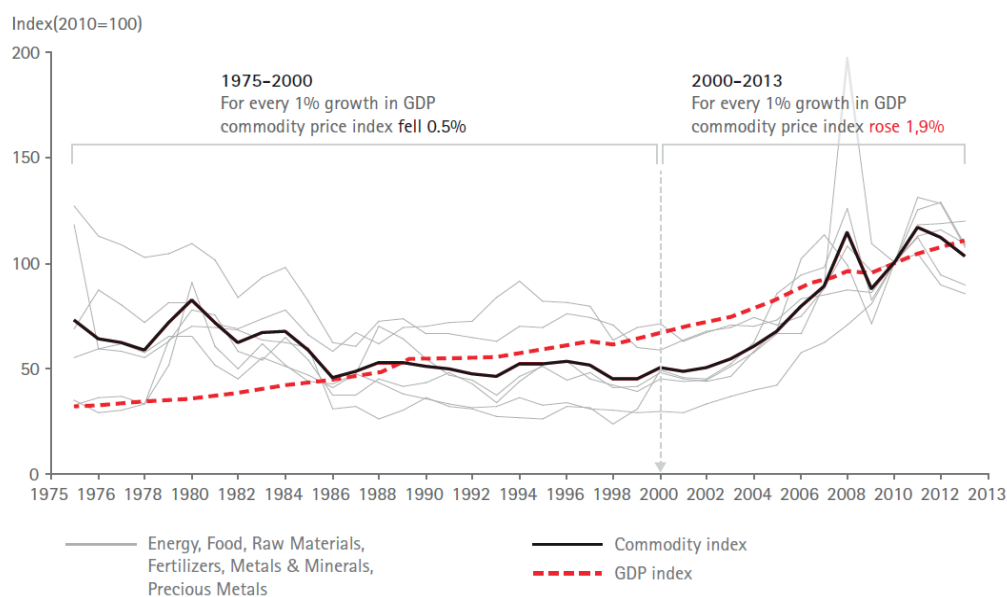


Figure 4 : Evolution mondiale de l'indice de prix des matières premières et du Produit Intérieur Brut (Accenture, 2014, p.9)

Désormais, comme l'illustre le graphique 4, pour une progression économique de 1%, le coût des matières premières augmente de 1,9%. A ce rythme, se fournir en matières premières deviendra bientôt inabordable.

D'autre part, la forte volatilité des prix (notamment due aux conflits géopolitiques, aux écarts entre l'offre et la demande, à la découverte de nouveaux gisements ou de technologies d'exploitation, etc.) provoque des perturbations d'approvisionnement et affecte la stabilité financière des entreprises. En Europe, le prix des matériaux importés représente 40 à 60% du coût total pour le secteur manufacturier. Incapables d'anticiper l'évolution du prix des matières premières, les entreprises dépendantes des importations souffrent d'un grave désavantage compétitif. L'Europe, qui importe six fois plus de ressources qu'elle n'en exporte, est particulièrement menacée (Ellen MacArthur Foundation 2, 2015).

1.2.2 Gaspillages des ressources

Prenons le cycle de vie d'un produit industriel européen. Lors de sa conception, plus de 90% des ressources extraites sont jetées avant même qu'il n'ait quitté le site de production (McDonough & Braungart, 2011). Pendant sa durée de vie, le produit est très faiblement utilisé

(par exemple, une voiture européenne roule en moyenne 8% du temps). Finalement, après une période d'usage moyenne de 9 ans, seulement 5% de la valeur initiale des matières premières est récupérée via le recyclage ou la valorisation énergétique (Ellen MacArthur 2, 2015).

D'un point de vue économique, la dilapidation des ressources se traduit par d'énormes pertes. Le gaspillage alimentaire engendre un déficit annuel mondial de 750 milliards de dollars pour les producteurs (Gustavsson, Cederberg, Sonesson, Van Otterdijk, & Meybeck, 2012). En outre, le coût d'élimination des déchets résultants de ce gaspillage est loin d'être négligeable. L'Angleterre dépense annuellement 1,1 milliard de dollars de mise en décharge (Ellen MacArthur 1, 2015).

1.3 Conclusion : la nécessité d'un découplage

Compte tenu de la croissance de la population et des économies émergentes, il va sans dire que la tendance à l'épuisement des ressources ne fera que s'aggraver avec le temps. Sans une amélioration significative de notre consommation des matières premières, il sera impossible de subvenir aux besoins de 9 milliards de personnes d'ici 2050 avec une seule planète (Fischer-Kowalski et al., 2011). L'évolution vers un nouveau modèle économique s'impose, un modèle dans lequel croissance ne signifie pas pour autant destruction des écosystèmes.

Le découplage se définit comme « *la capacité d'une économie à croître sans augmentation correspondante de la consommation d'énergie et de ressources et de la pression sur l'environnement* » (Wijkman & Skånberg, 2015, p.12).

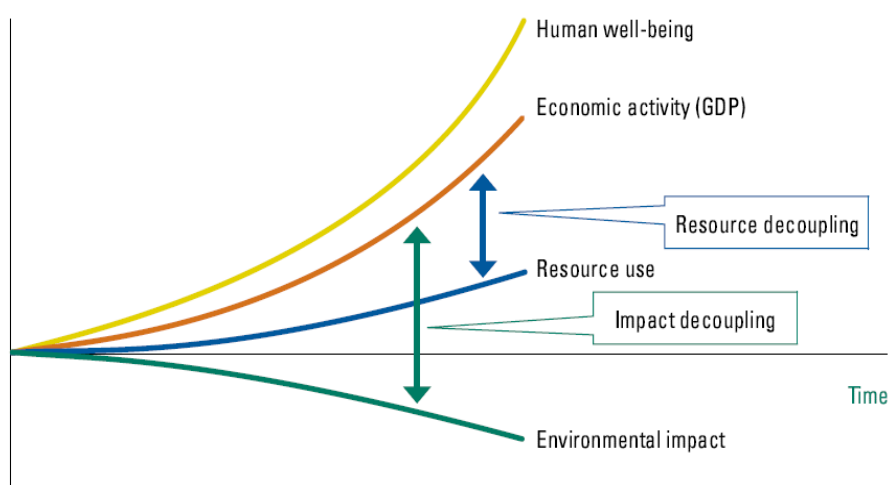


Figure 5 : Représentation du découplage de ressource et du découplage d'impact en fonction de l'activité économique, de l'utilisation des ressources et de l'impact environnemental (Fischer-Kowalski et al., 2011, p.25)

Comme l'illustre la figure 5, il existe deux sortes de découplage. Le **découplage de ressource** amène à la réduction de la consommation de ressources naturelles par unité de croissance économique. Il vise à améliorer la productivité des ressources, c'est-à-dire accomplir le même ou un meilleur output avec moins d'inputs. Le **découplage d'impact** consiste en la réduction de l'impact environnemental engendré par l'exploitation des matières premières tout au long de leur cycle de vie (extraction, transport, conversion, utilisation et traitement des déchets) par unité de croissance économique. Il vise à améliorer l'éco-efficience, c'est-à-dire utiliser les ressources d'une manière plus respectueuse de l'environnement.

Si le découplage de ressource mène à un découplage d'impact, la situation inverse n'est pas forcément vraie. Par exemple, le système de captage et de stockage du dioxyde de carbone (*carbon capture and storage*), utilisé pour les installations extrêmement polluantes comme les centrales électriques à base de charbon, nécessite de consommer plus de ressources par unité d'output (transport du CO₂, etc.), mais comme le CO₂ n'est plus relâché dans l'atmosphère, l'impact environnemental est réduit le long du cycle de vie du charbon (Fischer-Kowalski et al., 2011).

Il y a également lieu de différencier **découplage relatif et absolu**. Avec le premier, l'impact environnemental ou la consommation de ressources augmentent à un rythme moindre que le développement économique (l'élasticité est positive mais inférieure à 1), tandis qu'avec le deuxième, ils diminuent avec la croissance économique (l'élasticité est négative).

Un découplage relatif de ressource a déjà été mis en place par les gouvernements. De 1980 à 2002, la productivité mondiale des ressources a augmenté de 25% (Fischer-Kowalski et al., 2011). Cependant, les gains en ressources ont été absorbés par la croissance économique et les effets de rebond, c'est-à-dire que l'amélioration de la productivité induit une baisse des prix relatifs et donc une hausse de la demande (Ellen MacArthur 2, 2015).

Le découplage relatif est insuffisant car il retarde seulement l'échéance d'un processus inévitable. Tant que notre système sera basé sur la consommation des ressources au lieu de leur renouvellement, il n'offrira pas de perspectives de développement durable. Seul un découplage absolu résoudra à long terme le problème de l'épuisement des ressources. Celui-ci n'est possible que si le taux de productivité des ressources excède celui de la croissance économique (Fischer-Kowalski et al., 2011).

PARTIE 2 : L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

L'économie circulaire est un concept développé dans le cadre du développement durable. S'inspirant du fonctionnement des écosystèmes naturels, elle est un système résilient et autonome qui s'appuie sur le fonctionnement en boucle des ressources pour créer de la valeur de manière continue. Appliquant le principe du découplage, elle constitue un moyen de réconcilier la recherche de croissance avec la préservation de l'environnement, la rentabilité avec la durabilité (Beaulieu et al., 2015).

2.1 Définitions

Il n'existe actuellement pas de définition « standardisée » et universellement adoptée de l'économie circulaire. Dans cette section, nous allons aborder deux définitions énoncées par des organisations actives dans la promotion du concept.

2.1.1 Fondation Ellen MacArthur

L'économie circulaire se définit par « *une économie restauratrice et régénératrice par nature, qui vise à maintenir systématiquement les produits, les composants et les matériaux à leur niveau d'utilité et de valeur optimal, en faisant la distinction entre les cycles techniques et les cycles biologiques* » (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p. 5).

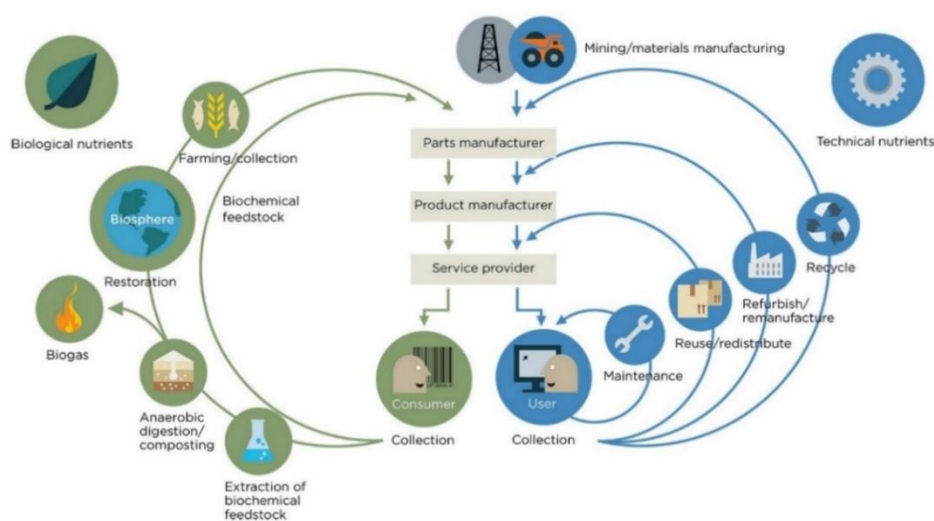


Figure 6 : Représentation de l'économie circulaire par la Fondation Ellen MacArthur (Ellen MacArthur 1, 2015, p.6)

Comme l'illustre la figure 6, le fonctionnement en boucle de l'économie circulaire nécessite deux types de flux. Le cycle technique concerne la gestion des matières premières limitées, tandis que le cycle biologique concerne la gestion des ressources biodégradables (Ellen MacArthur 1, 2015).

2.1.2 Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

L'économie circulaire se caractérise par « *un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien être des individus* » (Geldron, 2014, p.1).

Selon la figure 7, l'économie circulaire peut être subdivisée en trois domaines d'action qui possèdent chacun leurs propres piliers.

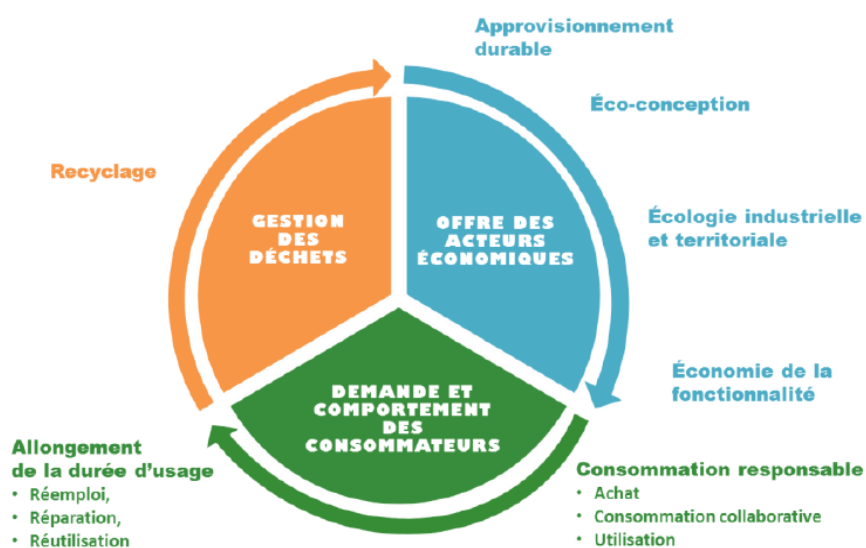


Figure 7 : Représentation de l'économie circulaire par l'ADEME (Geldron, 2014, p.4)

2.2 Objectif

Le but premier de l'économie circulaire est d'éviter au maximum que les ressources (matières comme énergie) ne s'échappent du cycle de développement afin d'en garantir le fonctionnement optimal : il s'agit de « boucler la boucle ».

2.2.1 Evolution des modèles de production

Du côté de l'offre, le principe est d'accomplir deux objectifs à chaque étape du cycle de vie du produit. Premièrement, **utiliser efficacement les ressources** (limitation des intrants) par la minimisation de la consommation de matières premières, de substances toxiques et de sources d'énergies fossiles. Deuxièmement, **minimiser l'impact environnemental** (limitation des sortants) par la réduction de la quantité de déchets et des émissions nocives pour l'environnement. Cela implique des opérations de réparation, de réutilisation, de recyclage et de valorisation énergétique des déchets (ces termes seront développés dans la partie 3). Dans un schéma idéal, tout déchet est recyclé en matière ou en source d'énergie et réinséré dans le cycle. Le rejet devient ainsi une ressource.

La figure 8 démontre la diversité des stratégies existantes pour favoriser la transition circulaire en fonction des étapes du cycle de vie.



Figure 8 : Mesures à disposition des producteurs en faveur de l'économie circulaire (Commission Européenne 2, 2014 ; Ellen MacArthur, 2015)

2.2.2 Évolution des modèles de consommation

Du côté de la demande, le principe est de lutter contre le gaspillage des ressources, en minimisant l'introduction de nouveaux produits dans le cycle économique et en maximisant l'utilisation de ceux qui sont déjà sur le marché. Des modes de consommation alternatifs émergent, qui prônent le partage et l'usage d'un bien au lieu de sa possession.

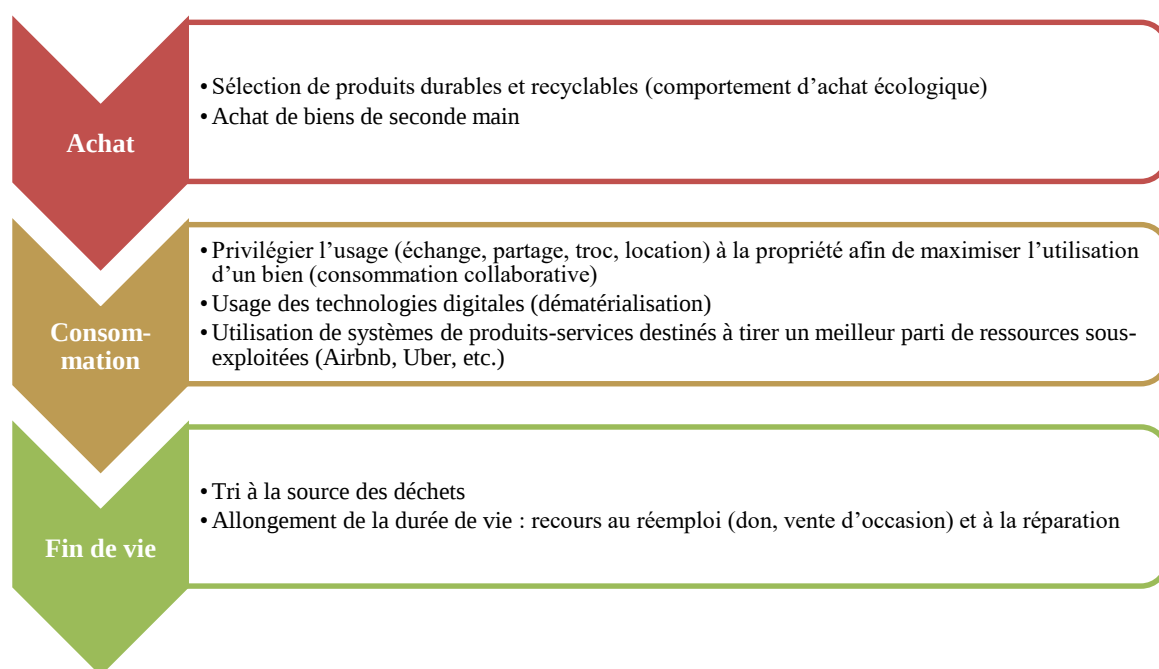


Figure 9 : Mesures à disposition des consommateurs en faveur de l'économie circulaire (Geldron, 2014)

2.3 Fondements

L'économie circulaire s'est inspirée de nombreux concepts (développement durable, économie verte, transition écologique, responsabilité élargie des producteurs, etc.). Cependant, je m'attarderai à décrire les trois notions qui constituent son socle.

2.3.1 Cradle to cradle

La philosophie « cradle to cradle » (ou C2C) est le précurseur de l'économie circulaire. Les créateurs du concept, le chimiste Michael Braungart et l'architecte William McDonough, se sont inspirés du biomimétisme, c'est-à-dire des stratégies conçues par les organismes vivants et des inventions de la nature, pour repenser la manière dont nous produisons des biens et des services.

Cradle to cradle différencie deux types de métabolismes intervenant dans la conception d'un bien : les flux biologiques (la biosphère) nourris par les substances biodégradables, et les flux techniques (la production industrielle) dont les matériaux circulent continuellement par des processus de récupération. Dès lors, le concept de déchet est inexistant, étant considéré comme une ressource soit biodégradable, soit recyclable. Pour assurer la continuité du flux technique, les auteurs ont mis au point une technique de sélection des matériaux respectueux de l'environnement sur base de leur analyse chimique ainsi que l'établissement d'un système innovant de restitution des matières (McDonough & Braungart, 2011).

En définitive, C2C prône le principe du découplage absolu :

Pourquoi ne construirions-nous pas des usines dont les produits et les dérivés fourniraient des matériaux biodégradables aux écosystèmes et dont les substances techniques circuleraient indéfiniment plutôt que d'être jetées, brûlées ou enfouies ? ... Ainsi pourrions-nous continuer de proliférer, parce que nous œuvrerions au sein du bon système - un système créatif, prospère, intelligent et prolifique (McDonough & Braungart, 2011, pp. 196-197).

2.3.2 Économie de la fonctionnalité

L'économie de la fonctionnalité consiste en la mise à disposition d'un ensemble de services retirés de l'usage d'un bien à la place de la vente du bien lui-même. Ainsi, le vendeur reste propriétaire du bien et le consommateur devient utilisateur. Il est donc dans l'intérêt économique du vendeur de maximiser la performance et la durée de vie de son produit.

Selon Walter R. Stahel, fondateur du concept, « *l'objectif de l'économie de la fonctionnalité est de créer la valeur la plus haute possible sur une durée maximale, en minimisant la consommation de ressources matérielles et d'énergie* » (Stahel, 1997, p.91).

2.3.3 Ecologie industrielle

Egalement appelée symbiose industrielle, l'écologie industrielle démontre avec une vision systémique la compatibilité entre le fonctionnement d'un système industriel et celui des écosystèmes biologiques, dans lesquels les rejets d'un organisme servent de nourriture pour d'autres organismes. Elle s'appuie sur l'étude du métabolisme industriel, qui cherche à comprendre « *la dynamique des flux et des stocks de matière et d'énergie liées aux activités humaines, depuis l'extraction et la production des ressources jusqu'à leur retour inévitable, tôt ou tard, dans les processus biogéochimiques* » (Dimier & Labrune, 2007, p.6).

2.3.4 Comparaison des concepts

Généralement, ces trois notions, ainsi que l'économie circulaire, sont sources de confusions car elles peuvent paraître similaires. Bien qu'elles aient de nombreux points communs, elles ont chacune leurs spécificités. La figure 10 nous le confirme en déterminant dans quelle mesure les définitions des trois concepts sont présents dans les caractéristiques fondamentales de l'économie circulaire énoncées par la fondation Ellen MacArthur.

	Vision systémique	Le déchet est une ressource	Éliminer le déchet	La diversité est une force	Utilisation d'énergies renouvelables
Economie de la fonctionnalité	★ ★ ★		★	★	
Cradle to cradle	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★
Ecologie industrielle	★ ★ ★	★ ★ ★	★	★ ★ ★	

Figure 10 : Intensité de la présence des caractéristiques de l'économie circulaire dans les trois concepts-clé (Beaulieu et al., 2015, p.74)

- Économie de la fonctionnalité (« plus avec moins »)

L'économie de la fonctionnalité requiert une vue systémique car elle implique de reconstruire l'ensemble de la chaîne de valeur afin de maximiser l'utilisation des ressources. La diversité est présente par la complémentarité des acteurs (producteurs et utilisateurs). L'économie de la fonctionnalité est le seul concept qui ne défend pas une vision circulaire (le déchet est une ressource). En effet, lorsque le bien arrive au terme de sa durée de vie, qui a été allongée au maximum, il n'est pas réinséré dans le cycle économique par des processus de récupération.

- Cradle to cradle (« déchet= ressource »)

L'intensité de la présence du concept dans les caractéristiques de l'économie circulaire prouve qu'il se trouve au cœur de celle-ci. Comme l'économie circulaire, cradle to cradle insiste sur l'importance d'un découplage absolu et non relatif, c'est-à-dire qu'il ne faut pas seulement réduire la consommation de ressources (qui mènera inévitablement à la destruction de l'environnement), il faut également rendre les nutriments biologiques à la terre afin que les ressources se renouvellent. L'économie circulaire, telle que définie par la fondation Ellen MacArthur, reprend exactement les termes de C2C, tels que les nutriments techniques et biologiques.

- **Ecologie industrielle** (« travailler ensemble en tant qu'un seul organisme »)

L'écologie industrielle l'ensemble des principes de l'économie circulaire à part l'utilisation de ressources renouvelables. La diversité est nécessaire pour la complémentarité des activités des entreprises afin qu'elles s'approvisionnent mutuellement. L'écologie industrielle encourage le partage des flux d'énergies et de matières entre industries afin de les faire perdurer dans le cycle économique. La pensée en termes de systèmes et de transformation des déchets en ressources sont donc des aspects fondamentaux (Beaulieu et al., 2015).

2.4 Potentiel

De nombreuses études démontrent les bénéfices de la transition vers une économie circulaire, tant d'un point de vue environnemental, économique que social.

2.4.1 Bénéfices environnementaux

Selon une étude menée sur les trois secteurs les plus consommateurs de matières premières en Europe, le transport, l'alimentation et la construction (ils représentent à eux seuls 80% de l'utilisation des ressources), le scénario circulaire permettrait de lutter contre la détérioration de la biosphère en diminuant la consommation de matières premières de 32% d'ici 2030. En outre, cette réduction de la consommation entraînera une diminution des émissions de CO₂ de 48% d'ici 2030 par rapport à la situation de 2012, contre 31% selon le modèle linéaire.

De plus, en retournant les nutriments biologiques au sol par des opérations de compostage et de biométhanisation (ce terme sera expliqué dans la section 3.3.3.2.3), l'économie circulaire contribue à leur régénération naturelle et diminue le besoin d'utiliser des fertilisants chimiques (Ellen MacArthur 2, 2015).

2.4.2 Bénéfices économiques

L'adoption de l'économie circulaire mène à la prospérité économique. Une croissance de 11% du PIB européen est estimée d'ici 2030 et de 27% d'ici 2050, au lieu de 4% et 15% respectivement dans un scénario linéaire (Ellen MacArthur 2, 2015).

2.4.2.1 Création de valeur

Selon Accenture (2014), l'adoption des approches d'économie circulaire générerait cinq fois plus de valeur pour l'économie mondiale d'ici 2030 que les estimations actuelles.

Les sources de création de valeur sont les suivantes :

- Durabilité des ressources (40%) : utilisation de ressources qui peuvent être indéfiniment réinsérées dans le cycle de production (énergies renouvelables ou ressources 100% recyclables) ;
- Liquidité des marchés (10%) : élimination de périodes d'inactivité d'un produit en vue de son usage optimal grâce à la l'accessibilité et la convertibilité entre les utilisateurs ;
- Longévité des cycles de vie (30%) : maximisation de la durée de vie des produits (services après-vente, de réparation et d'entretien) afin de fournir plus d'utilité sans devoir exploiter de matières premières supplémentaires ;
- Connection des chaînes de valeur (20%) : minimisation de la destruction de valeur des ressources en récupérant les sortants pour les utiliser comme intrants dans une autre activité de production (Accenture, 2014).

2.4.2.2 Création d'emploi

Bien que les secteurs primaires de l'extraction et du commerce des matières premières vierges seront impactés négativement, la figure 11 démontre que la transition vers l'économie circulaire impliquera une création nette d'emplois en Europe. En effet, une économie basée sur la réutilisation des matières ainsi que l'allongement de la durée de vie des produits par la réparation et l'entretien nécessite davantage de main d'œuvre qu'une économie linéaire, dont les secteurs miniers et manufacturiers sont généralement pourvus de technologies robotisées (Wijkman & Skånberg, 2015).

D'une part, la création d'emploi est générée par les opportunités de développement sur de nouveaux marchés, tels que le secteur de l'économie verte, de l'écoconception, des activités de service (digitalisation), de l'extension de la durée de vie (réparation et entretien), de la gestion des déchets (réutilisation et recyclage), de la fourniture d'énergies renouvelables, de l'écoconstruction, etc. (Wijkman & Skånberg, 2015). D'autre part, la progression de la consommation anticipée suite à la baisse des prix dans tous les secteurs aura un impact positif sur l'emploi (Ellen MacArthur 2, 2015).

Au total, la Commission Européenne estime que l'économie circulaire a la capacité de générer 580.000 emplois supplémentaires en Europe d'ici 2030 (European Commission, s.d.).

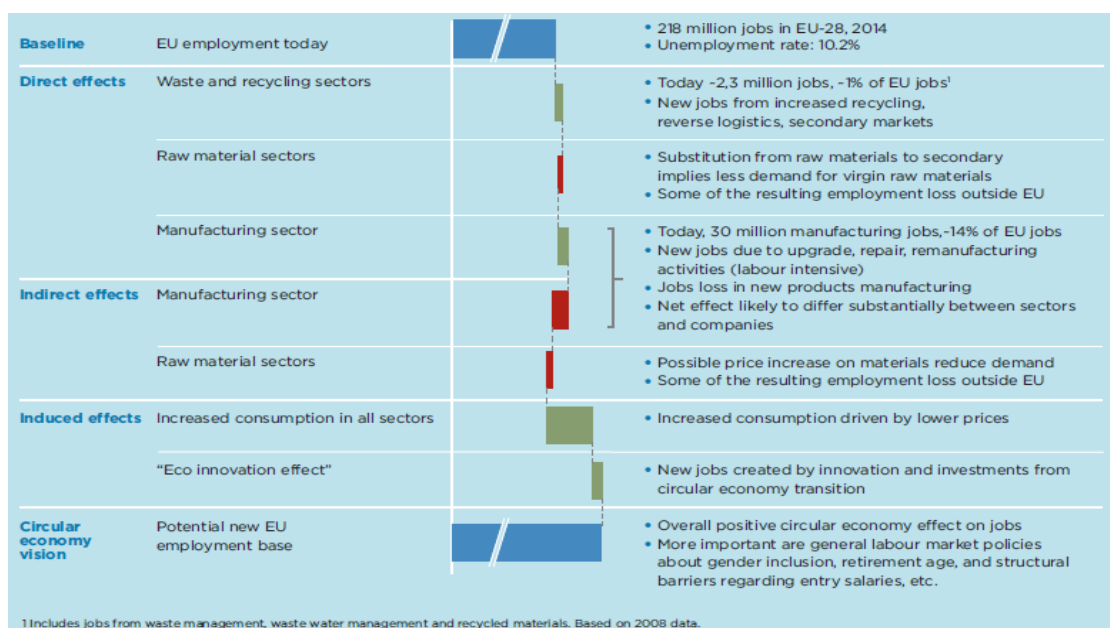


Figure 11 : Effets directs et indirects de la transition circulaire sur l'emploi en Europe (Ellen MacArthur 2, 2015, p.36)

2.4.2.3 Innovation

Les applications de l'économie circulaire stimulent le développement de processus innovants.

« Une économie plus innovante favorise un taux de progrès technologique plus élevé, des matériaux plus performants, une meilleure rentabilité de la main-d'œuvre, une meilleure efficacité énergétique et des opportunités de profits plus nombreuses pour les entreprises » (Ellen MacArthur 1, 2015, p.4).

2.4.2.4 Gain de coût

Les économies que procurent la transition circulaire sont majoritairement générées par la baisse du besoin en approvisionnement. Selon une étude de la Commission Européenne, chaque point de pourcentage de réduction de l'extraction de matières premières engendrerait un bénéfice de 23 milliards d'euros pour les entreprises européennes (Geldron, 2014). Pour rappel, celles-ci dépensent 40 à 60% de leur budget en approvisionnement.

Ainsi, d'ici 2030, la baisse de la consommation de ressources décrite dans la section 2.4.1 pourrait procurer jusqu'à 600 milliards d'euros d'économies par an en Europe, soit 8% de son chiffre d'affaires annuel (Commission Européenne 2, 2014). En outre, ces gains en ressources entraînent des effets multiplicateurs positifs pour l'économie. Il est estimé que les autres coûts

nominaux baisseront de 700 milliards d'euros, et ceux des externalités négatives de 500 milliards d'euros. Ce qui générera au total une économie annuelle de 1800 milliards d'euros d'ici 2030 pour l'Europe, soit 900 milliards de plus qu'en conservant le modèle actuel (Ellen MacArthur 2, 2015).

2.4.3 Bénéfices sociétaux

Les économies engendrées par la productivité des ressources n'affecteront pas que les entreprises. Les ménages bénéficieront d'un pouvoir d'achat plus important induit par la baisse générale du prix des biens et des services. Il est estimé que leur revenu disponible augmentera de 11% d'ici 2030 contre 4% avec le système linéaire (Ellen MacArthur 2, 2015). De plus, Ils auront à disposition des produits de meilleure qualité, plus performants, plus écologiques et avec une durée de vie supérieure.

Finalement, le bien-être de la population sera augmenté par la limitation des externalités négatives engendrées la pollution (qualité de l'air et de l'eau, diminution des nuisances sonores, etc.).

2.4.4 Etude de cas

Pour appuyer ces arguments, le Club de Rome, groupe de réflexion international, a réalisé une étude sur le secteur privé de cinq pays européens : les Pays-Bas, la France, l'Espagne, la Finlande et la Suède. Le but de la recherche est de prouver que l'adoption de l'économie circulaire apporte des avantages en termes de réduction des émissions de dioxyde de carbone, de création d'emploi et de croissance économique. La modélisation est basée sur les données internationales du *World Input-Output Database* qui couvrent 40 secteurs. Cette étude est d'autant plus intéressante que les pays analysés ne fonctionnent pas du tout de la même manière, notamment en termes de « *tissu industriel, de structure des échanges, de démographie, de dotation en ressources naturelles et d'utilisation de l'énergie* » (Wijkman & Skånberg, 2015, p.24).

Les effets de l'adoption de trois scénarios de découplage sont étudiés à l'horizon 2030 :

- Scénario 1 : augmentation de 50% de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique ;
- Scénario 2 : amélioration de 25% de l'efficacité énergétique (économies d'énergie) ;

- Scénario 3 : organisation de la production selon les principes de l'économie circulaire (combinaison de l'augmentation de 25% de l'efficacité des ressources, 50% de remplacement des matières premières vierges par des matières premières secondaires et extension de 200% de la durée de vie des produits de consommation).

Au terme de l'étude, les trois aspects étudiés ont été impactés positivement, à des degrés différents selon les voies de découplage choisies (le détail des résultats est présenté en annexe 2). Dans une minorité des cas, il n'y a pas de changement. Avec le cumul des scénarios, c'est-à-dire l'adoption de la totalité des principes de l'économie circulaire, le nombre d'emplois supplémentaires d'ici 2030 dépasserait 75.000 en Finlande, 100.000 en Suède, 200.000 aux Pays-Bas, 400.000 en Espagne et 500.000 en France. Autrement dit, le taux de chômage pourrait être réduit d'un tiers en Suède et aux Pays-Bas, de 15 à 20 % en Espagne, d'un tiers en Finlande et d'un tiers en France. Les émissions de CO₂ diminueraient de 66% en France et en Suède, de 68% en Finlande, 67% aux Pays-Bas et 69% en Espagne. Les bénéfices annuels générés tourneraient autour de quelques milliards d'euros en Finlande, 5 milliards en Suède, 15 milliards aux Pays-Bas, 20 milliards en Espagne et 50 milliards en France.

2.5 Implémentation européenne

2.5.1 Contexte

L'Europe a déjà mis en place une série des mesures en faveur de la transition vers une économie circulaire, telle que la hiérarchie des déchets, la politique relative aux produits chimiques (pour la suppression de substances toxiques dangereuses), la stratégie bioéconomique (en faveur de l'utilisation de ressources biologiques), la directive sur l'écoconception, la politique climatique (incitations à la réduction des émissions de gaz à effet de serre), les marchés d'émission de carbone (ETS), le soutien aux énergies renouvelables et les normes d'efficacité énergétique (Commission Européenne 2, 2014 ; Wijkman & Skånberg, 2015).

En 2011, la Commission Européenne crée, dans le cadre du septième programme d'action pour l'environnement, la plateforme européenne pour une utilisation efficace des ressources (*European Resource Efficiency Platform*) composée de scientifiques, de responsables politiques et de directeurs d'entreprise, afin de favoriser l'échange de bonnes pratiques (Commission Européenne 5, 2011).

En juillet 2014, la Commission Barroso lance un ambitieux « paquet économie circulaire ». Cependant, celui-ci sera retiré quelques mois plus tard par la commission Juncker sous le motif d'une « *absence d'accord sur son contenu au niveau du Conseil européen* » (Senet, 2015).

En décembre 2015, le paquet est relancé avec une portée plus large. Il vise à favoriser l'efficacité de l'utilisation des ressources et la transition vers une économie sobre en carbone, tout en générant une croissance durable et une équité sociale (Anonyme 4, 2016). Les mesures proposées concernent principalement la gestion des déchets (ce point sera détaillé dans la section 3.5.1.) la lutte contre le gaspillage alimentaire, l'établissement de normes de qualité pour les matières premières secondaires afin de gagner la confiance des investisseurs, le développement de l'écoconception pour favoriser la durabilité, le recyclage et l'efficacité énergétique des produits, l'instauration d'exigences minimales pour la réutilisation de l'eau et des actions concernant l'extension de garantie et la lutte contre l'obsolescence programmée (Commission Européenne 4, 2015).

2.5.2 Facteurs de succès

Dans cette section, nous allons aborder les tendances actuelles (qui sont davantage mondiales que spécifiques à l'Europe) qui favorisent la transition vers une économie circulaire.

2.5.2.1 Urbanisation

Comme l'illustre le graphique 11, la densité de la population mondiale dans les villes se développe rapidement. De 746 millions d'habitants en 1950 (30% de la population), la population urbaine s'élève actuellement à 4 milliards d'habitants, représentant 54% de la population globale (United Nations, 2014). Compte tenu de la croissance démographique, les villes accueilleront 66% de la population mondiale d'ici 2015 (Ellen MacArthur 1, 2015).

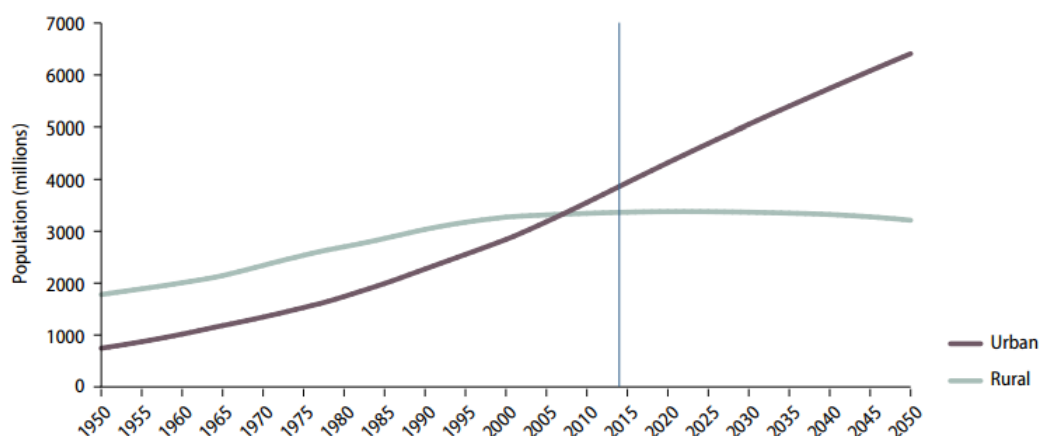


Figure 12 : Evolution mondiale de la population urbaine et rurale (en millions d'habitants)
(United Nations, 2014, p.7)

Les villes détiennent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'économie mondiale : alors qu'elles n'occupent que 2% de la surface terrestre, elles consomment 75% des ressources naturelles et représentent 70% des émissions de CO₂ mondiales (World Economic Forum, 2012). Or, il est avéré que plus la densité de la population augmente, plus la productivité des ressources s'améliore. En effet, le taux métabolique, qui mesure la consommation annuelle de matières premières en tonnes par habitant, est plus faible dans les régions à forte densité de population que dans celles à faible densité pour un même niveau de qualité de vie (Fischer-Kowalski, 2011). Les villes, de par leur concentration de la population, détiennent donc le pouvoir d'entamer la transition circulaire. Bien qu'il y ait actuellement de nombreux cas de dérives (augmentation de la pollution atmosphérique, congestion des transports, accumulation de déchets, etc.), elles ont la capacité de concentrer les ressources financières, sociales et institutionnelles pour créer une infrastructure urbaine durable.

2.5.2.2 Prise de conscience générale

On observe, de plus en plus souvent, l'émergence de mouvements de contestation et de remise en question du système actuel. Des voix s'élèvent contre la toute-puissance des entreprises multinationales qui consomment et gaspillent la majorité des ressources, épuisent les sols à coup de fertilisants chimiques, dégradent la planète et inondent le marché avec des produits toxiques. Des modes de consommation plus durables et locaux apparaissent, qui prônent l'autonomie à petite échelle, tels que le développement de l'agriculture urbaine et le commerce du producteur au consommateur sans intermédiaire.

2.5.2.3 Evolution des business models

Certaines entreprises ont rapidement compris le potentiel offert par l'économie circulaire et ne se sont pas faites prier pour l'appliquer. Dans une logique de découplage, les business models peuvent être appréhendés d'un nouvel œil. Au lieu de se concentrer sur la production massive de biens homogènes afin de jouir d'économies d'échelle (pour rentabiliser les coûts d'approvisionnement), l'attention se déplace vers le consommateur et l'utilité qu'il attend bénéficier du produit. L'adoption de business models circulaires permet la réduction de la dépendance aux matières premières coûteuses, la conversion de déchets en profit supplémentaire et l'amélioration de l'image auprès des consommateurs.

Selon la figure 12, il existe cinq possibilités de repenser la création de valeur ajoutée d'une entreprise dans une vision circulaire, qui impactent le cycle de vie à des étapes différentes.

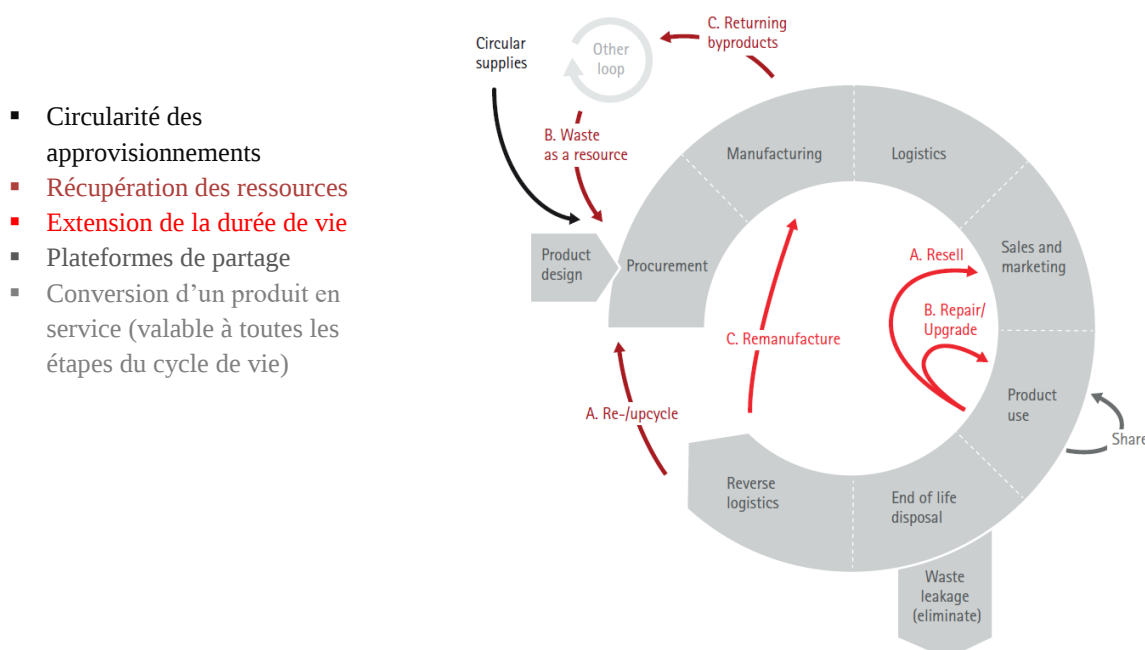


Figure 13 : Représentation des business models circulaires en fonction du cycle de vie (Accenture, 2014, p.12)

Premièrement, le modèle de la **circularité des approvisionnements** est basé sur l'exploitation de ressources renouvelables, recyclables ou biodégradables afin de remplacer les inputs qui se perdent après un cycle de vie. Cette approche permet une autonomie en ressources, la suppression de pertes et donc le gain en efficacité. Elle est pertinente à mettre en place pour les entreprises dont l'activité nécessite l'approvisionnement en matières premières rares ou dont l'empreinte environnementale est importante.

Par exemple, Royal DSM, fournisseur en matières vierges, a développé le commerce du bioéthanol cellulosique, un sous-produit de la co-fermentation du sucre. Auparavant considéré comme ayant une faible valeur ajoutée, il offre des perspectives réjouissantes en termes de réduction des émissions de CO₂.

Deuxièmement, le modèle de la **récupération des ressources** s'appuie sur le principe de la logistique inverse : les matériaux rejetés à la fin du cycle de vie d'un produit sont récupérés ou recyclés pour être réinjectés dans celui de sous-produits afin de perpétuer la création de valeur. Le principe est d'exploiter de nouvelles technologies pour récupérer n'importe quel type d'output à un niveau de valeur équivalent voire supérieur à celui de l'investissement initial. L'approche est intéressante pour les entreprises produisant de gros volumes de sous-produits ou dont les matières rejetées peuvent être récupérées et reconverties à bas coût.

Par exemple, Kroger, chaîne d'épicerie, s'est lancé dans la conversion de ses restes alimentaires (qui représentaient un coût considérable) en énergie renouvelable, le biogaz, grâce à une installation de biométhanisation.

Troisièmement, le modèle de l'**extension de la durée de vie** a comme objectif d'optimiser la durée d'utilisation d'un produit par la réparation, l'entretien, ou la revente. L'entreprise s'assure que ses produits restent économiquement utiles aussi longtemps que possible afin de maximiser la génération de revenus additionnels. Cette approche est propice pour les entreprises dans le secteur des industries lourdes, comme la fourniture d'équipements industriels, qui présentent un coût initial important.

Par exemple, Google a décidé de lutter contre la l'obsolescence programmée des smartphones en créant un appareil dont les composants peuvent être personnalisés et remplacés séparément.

Quatrièmement, le modèle de **plateformes de partage** maximise le taux d'utilisation d'un bien en mettant à disposition une plateforme de collaboration permettant le partage d'usage, d'accès ou de propriété. L'objectif est de maximiser la productivité d'un produit et de créer de la valeur aux yeux des consommateurs. L'approche est adaptée aux entreprises dont les produits sont généralement sous-exploités.

Par exemple, Lyft, une entreprise de co-voiturage, a développé une application mobile qui connecte les personnes qui ont besoin de faire un trajet avec celles qui possèdent une voiture.

Finalement, le modèle de la **conversion d'un produit en service** s'inspire de l'économie de la fonctionnalité. Son objectif est la mise à disposition d'un service (avec une tarification à l'usage) au lieu de la vente d'un produit. Ainsi, le profit est généré de la qualité, la longévité et la performance d'un produit au lieu de la quantité produite. L'approche est attractive pour les

entreprises dont les frais d'exploitation sont importants et qui ont un avantage compétitif dans la gestion de la maintenance.

Par exemple, Michelin a lancé un service de location de ses pneus. Les utilisateurs paient en fonction du nombre de kilomètres parcourus (Accenture, 2014).

2.5.2.4 Développement des technologies de rupture

Les technologies de rupture, qui permettent un changement massif et rapide, sont en plein essor et ont la capacité de devenir le moteur de l'expansion de l'économie circulaire.

Les **technologies digitales** (télécommunication, cloud computing, M2M, etc.) révolutionnent notre manière de communiquer en établissant des échanges en temps réels entre le marché, les entreprises et les actifs physiques. Elles sont focalisées sur le besoin du consommateur et permettent de maintenir une relation après le processus d'achat. Par la dématérialisation, elles permettent d'optimiser les chaînes de valeur sans exploiter de ressources additionnelles.

Les **technologies de l'ingénieur** (programmation modulaire, imprimante 3D, science des matériaux, etc.) permettent la conception de nouveaux produits à partir de ressources régénérées et inventent des nouvelles techniques de traitement et de conversion des matières (Accenture, 2014).

2.5.3 Menaces

2.5.3.1 Lenteur de la transition technologique

Bien que l'innovation technologique indispensable à la transition circulaire se développe, elle est encore faiblement exploitée. Entre 1990 et 2009, seulement une moyenne de 2,7% des brevets en technologie déposés dans le cadre du Traité de Coopération en Matière de Brevets concernaient des innovations environnementales (World Economic Forum, 2012).

Malgré un progrès technologique soutenu, certains freins d'ordre technique empêchent encore de rendre l'ensemble des procédés industriels compatibles avec l'économie circulaire.

De plus, certaines technologies sont trop onéreuses pour être exploitées dans un système de production rentable.

2.5.3.2 Vue à trop court terme

Les implications des entreprises en faveur de la transition circulaire restent focalisées sur des résultats à court terme. Une étude démontre que 55% des objectifs environnementaux des

entreprises appartenant à l'indice boursier FTSE 100 ont une portée de un ou deux ans, contre seulement 4% à l'horizon 2030 - 2050 (The Carbon Trust, 2011). Or, certains secteurs nécessiteront une vue à beaucoup plus long terme pour atteindre les objectifs de l'économie circulaire (par exemple, les grosses productions industrielles dont les coûts en équipements doivent être amortis sur de nombreuses années).

2.5.3.3 Faiblesse de la demande

Malgré un engouement général pour une évolution de la société vers le durable, la demande des consommateurs européens reste faible pour l'achat de biens écologiques et freine l'offre de nouveaux produits et services. Selon une étude la Commission Européenne réalisée en 2011, 72% des participants ont assuré leur volonté d'acheter des produits verts. Pourtant, seulement 17% ont respecté leurs déclarations dans le mois qui suivait l'enquête (World Economic Forum, 2012). Cette contradiction est probablement due à la nécessité de modifier ses habitudes de consommation, au surcoût et à la non-clarté des labels des produits mis sur le marché.

2.5.3.4 Coûts importants

Les investissements initiaux que nécessitent la transition circulaire sont considérables. Ils incluent l'investissement dans la recherche et développement, les technologies, l'adaptation des business models, l'éducation, etc. Ces coûts sont estimés être de l'ordre de 3% du PIB européen par an d'ici 2030, ce qui est un niveau semblable à la transformation économique qui a eu lieu après la seconde guerre mondiale (Wijkman & Skånberg, 2015).

2.5.3.5 Puissance des acteurs de l'économie linéaire

Les secteurs de l'économie linéaire qui n'auront plus lieu d'être dans l'économie circulaire devront adapter leurs modèles économiques ou se reconverter. Les grandes compagnies pétrolières, par exemple, n'ont aucun intérêt à voir une économie autonome en ressources. Ces acteurs exercent une influence immense dans le fonctionnement de l'économie, car ils sont présents de manière massive dans les conseils d'administration, l'actionnariat, etc.

2.5.3.6 Gestion de la transition

Une incertitude de l'implémentation de l'économie circulaire réside dans l'intensité des effets de rebond. En effet, il est difficile de prévoir avec quelle élasticité la demande va réagir à la

baisse des prix relatifs engendrés par une meilleure productivité des ressources. Sur les secteurs du transport, de l'alimentation et de la construction, cet effet de volume est évalué entre 5 et 20% d'ici 2030, avec un risque de surconsommation et qu'un gaspillage de ressources persiste (Ellen MacArthur 2, 2015).

2.5.4 Mesures correctives

Dans cette section, nous allons aborder l'ensemble des actions que l'Europe a la capacité de mettre en place pour corriger les dysfonctionnements actuels de son système qui favorisent le gaspillage des ressources, d'une part, et d'autre part, les mesures qu'elle pourrait instaurer pour rendre son économie propice à la transition circulaire.

2.5.4.1 Adaptation de la mesure de la performance économique

Des facteurs tels que la propagation de substances toxiques, les maladies cardio-vasculaires engendrées par la pollution de l'air ou l'encombrement des espaces urbains sont actuellement ignorés dans le calcul du facteur universel de « prospérité ». Il est essentiel de compléter le Produit Intérieur Brut, qui mesure l'amélioration des flux économiques, avec des indicateurs environnementaux (utilisation de l'eau, des terres, de l'énergie) et sociaux afin d'avoir une vue d'ensemble sur la situation d'un pays.

L'adoption d'outils de mesure environnementaux standardisés européens stimulerait l'action commune et permettrait de comparer les efforts des états membres en termes de limitation de la pollution et de la productivité des ressources. Des travaux sont en cours pour la mise en place d'un marché unique de produits verts dont le but est de s'accorder sur la manière d'évaluer l'impact environnemental des produits européens (Commission Européenne 2, 2014).

2.5.4.2 Règlements des marchés

Une réglementation intelligente au niveau européen permettrait de remédier aux déficiences des marchés et de garantir une meilleure utilisation des ressources. La Commission Européenne a le pouvoir d'instaurer un marché de matières premières secondaires fonctionnel. Elle pourrait également fixer des taux de recyclage minimums pour certains secteurs (la construction par exemple) ou encore des taux d'efficacité pour les ressources en voie d'épuisement ou qui sont trop polluantes (Wijkman & Skånberg, 2015).

L'Europe doit implémenter des incitants financiers par le biais de subsides et de taxes. D'une part, elle doit donc supprimer définitivement les subventions préjudiciables à l'environnement. Celles-ci contribuent à la sous-évaluation des coûts liés à l'utilisation du capital naturel. En 2010, 409 milliards de dollars de subventions ont été distribués pour contribuer à la consommation mondiale de combustibles fossiles. Si le montant de ces subsides était diminué de 80%, cela diminuerait la demande mondiale journalière pour le pétrole de 3 millions de barils (World Economic Forum, 2012). D'autre part, les instruments de marchés tels que les écotaxes, les certificats blancs et les mécanismes d'échange de permis d'émissions de CO₂ (ETS) doivent être développés dans le but d'encourager les investissements dans l'efficacité énergétique et de rendre les activités polluantes moins profitables.

2.5.4.3 Transparence des prix

Les prix ne reflètent actuellement pas les coûts des externalités négatives dont les produits sont responsables et engendrent des effets pervers. Si l'Europe généralisait le principe pollueur-payeur, les producteurs seront dans l'obligation de prendre financièrement en charge les phases post-consommation du cycle de vie de leur produit. Dès lors, ils devront internaliser le coût du traitement des déchets dans leur prix de vente. Cela permettra, d'une part, une transparence des prix pour les consommateurs qui pourront agir en connaissance de cause, et d'autre part, d'inciter les producteurs à concevoir des produits plus facilement recyclables et qui limitent la production de déchets (Commission Européenne 5, 2011).

2.5.4.4 Réforme fiscale

Historiquement, la productivité du travail a toujours été privilégiée à la productivité des ressources. Le système fiscal européen actuel applique des taxes élevées à l'emploi mais épargne l'exploitation des matières premières, voire les subventionne. En 2012, sur les 5 milliards d'euros de recettes fiscales européennes, 50% provenait de la taxation du travail contre seulement 6% de taxes environnementales (Stamatova & Steurer, 2015). Il n'est dès lors pas surprenant que les entreprises abusent du capital naturel, gaspillent les ressources, et sous-exploitent le capital humain. Il est urgent de remédier à ce dysfonctionnement et de transférer la fiscalité du travail aux impôts frappant la pollution et la consommation abusive de ressources (Wijkman & Skånberg, 2015).

Au niveau du système de la TVA, les produits fabriqués à partir de matières premières secondaires, où la TVA a déjà été payée, devraient en être exemptés. Cela permettrait de

corriger la situation dans laquelle la consommation de matières premières vierges est plus rentable que celle des matières premières recyclées (Wijkman & Skånberg, 2015).

2.5.4.5 Clarté du message

Les consommateurs se retrouvent confus devant la prolifération d'écolabels et les messages différents qu'ils émettent. Selon un sondage mené en Angleterre, 70% des consommateurs sont incertains quant à la performance environnementale des produits qu'ils achètent, en dépit de la présence d'écolabels (World Economic Forum, 2012). L'Europe devrait adapter la législation en termes de labellisation afin de favoriser la compréhension du message.

2.5.4.6 Actions des autorités régionales et locales

Les autorités régionales et locales, de par leur proximité avec les citoyens, détiennent des rôles-clé dans l'instauration d'un cadre réglementaire qui favorise la transition. Du côté des entreprises, elles doivent mettre en place « *une aide ciblée et coordonnée, sous la forme d'investissements, d'infrastructure, de technologie et de compétences, plus particulièrement axée sur les PME* » (Commission Européenne 2, 2014, p.9). Du côté des consommateurs, elles ont la capacité, par l'organisation de campagnes d'information et de sensibilisation, ou encore la mise en place de plateformes collaboratives, de les sensibiliser vers une évolution de leurs modes de consommation.

2.5.4.7 Orientation pertinente des investissements

Selon Wijkman et Skånberg (2015), afin de favoriser la transition circulaire, et dès lors d'accélérer la vitesse de retour sur investissement, l'Europe devrait se focaliser sur le développement des secteurs suivants :

- L'agriculture et la sylviculture afin de développer l'utilisation de biocarburants et d'autres produits à base de matière organique ;
- Les services d'installation, de construction et rénovation pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments ;
- Les infrastructures de mobilité (systèmes de transport en commun et véhicules électriques) afin de réduire les émissions de CO₂ résultant du transport ;
- Les activités d'entretien, de réparation et de recyclage pour promouvoir de l'efficacité de l'usage des ressources ;

- Les services d'ingénierie et les formations afin de préparer les travailleurs à répondre aux nouvelles compétences requises de l'économie circulaire.

2.5.4.8 Evolution des entreprises

La transition circulaire ne s'implémentera pas sans une planification d'objectifs sur le long terme afin de générer une croissance durable. Cette vision à long terme ne pourra être réalisée sans le soutien de l'ensemble des acteurs institutionnels à tous les niveaux, européens, nationaux, régionaux et locaux, tant d'un point de vue purement financier qu'au travers de la mise à disposition d'infrastructures collaboratives et de partage de connaissances.

Par exemple, l'Europe pourrait mettre en place une plateforme d'échange pour favoriser le développement de modèles économiques inter-secteurs et ainsi encourager la création de synergies.

PARTIE 3 : LA GESTION DES DÉCHETS

La gestion des déchets détient un rôle fondamental dans la mise en place de l'économie circulaire. En effet, la revalorisation des déchets en matières premières est la condition sine qua non pour assurer la circularité du système et garantir l'efficacité de l'usage des ressources. Chaque année, 600 millions de tonnes de matières sont gaspillées en Europe par la destruction des déchets. Cela représente un coût d'opportunité annuel de 5,25 milliards d'euros (Commission Européenne 4, 2015).

En outre, la gestion circulaire des déchets est bénéfique pour l'environnement. D'une part, les procédés d'élimination des déchets (par enfouissement ou combustion) rejettent des émissions de gaz à effet de serre. D'autre part, la réutilisation des matières contenues dans les déchets permet d'éviter l'extraction de nouvelles ressources, économisant d'importantes quantités d'eau et d'énergie. Ainsi, le recyclage permettrait la réduction de 148 millions de tonnes de CO₂ par an en Europe (Commission Européenne 5, 2011).

Finalement, la gestion des déchets est en plein essor économique. Son chiffre d'affaires annuel avoisine les 137 milliards d'euros et représente 1,1% du PIB Européen. Il emploie actuellement plus de 2 millions de travailleurs européens. Si les états membres recyclaient 70% de leurs déchets, cela créerait plus d'un million d'emplois supplémentaires (European Commission 5, 2010).

3.1 Définition

La Commission Européenne, dans sa nouvelle directive-cadre sur les déchets de 2008, définit un déchet comme « *toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se débarrasser* » (directive 2008/08/CE, 2008, p.7). Le déchet est donc considéré comme une chose inutile, le rebus d'un produit après son utilisation, dont il faut se débarrasser.

Cependant, sous certaines conditions, un objet ou une substance quitte le statut de déchet pour être considéré à nouveau comme une ressource :

- L'objet ou la substance doit avoir subi une opération de valorisation ;
- L'utilisation de cet objet ou de cette substance répond à une demande et n'engendre pas d'incidences négatives sur l'environnement ou le bien-être humain ;
- L'objet ou la substance satisfait aux conditions techniques et aux normes applicables aux produits (directive 2008/08/CE, 2008).

3.2 Classifications

3.2.1 En fonction de la nature

Les **déchets dangereux** sont des déchets qui présentent un risque pour l'environnement ou la santé humaine. Un déchet est considéré comme dangereux s'il comporte, ou s'il est susceptible de générer après élimination une substance comportant au moins une des caractéristiques suivantes : explosif, comburant, inflammable, irritant, nocif, toxique, écotoxique, cancérigène, corrosif, infectieux, mutagène et sensibilisant (directive 2008/98/CE, 2008). A l'inverse, les **déchets non-dangereux** ne présentent aucune de ces caractéristiques.

Les **déchets inertes** occupent une classe isolée de par leur caractère spécifique. Ces déchets *« ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique avec l'environnement. Ils ne sont pas biodégradables et ne se décomposent pas au contact d'autres matières »* (Andrieu, Ghewy, Mathery, & Nicklaus, 2012, p.10). Ils proviennent principalement des activités de construction et de démolition (déblais, gravats, plâtre, sable, etc.). Les déchets inertes peuvent être dangereux, comme les déchets d'amiante, ou non-dangereux.

3.2.2 En fonction de l'origine

Les **déchets municipaux** comprennent les déchets de toute nature que rejettent les ménages. Ils concernent également les déchets dits « assimilés », c'est-à-dire comparables par leur nature et leur volume aux déchets ménagers, générés par les petites entreprises (commerces, bureaux), les établissements publics ou la collectivité (Augris, Vinit, & Wiitkar, 2002). Comme son nom l'indique, cette catégorie de déchets est collectée par les autorités municipales. Cependant, il est possible que les déchets assimilés soient collectés par un autre organisme que le service public d'élimination des déchets, par des acteurs privés ou des organisations à but non lucratif (Gentil, 2013).

La définition des déchets municipaux n'est donc pas normalisée et varie au gré du choix des gouvernements. La figure 14 représente la totalité des flux de déchets qui peuvent être repris dans cette catégorie.

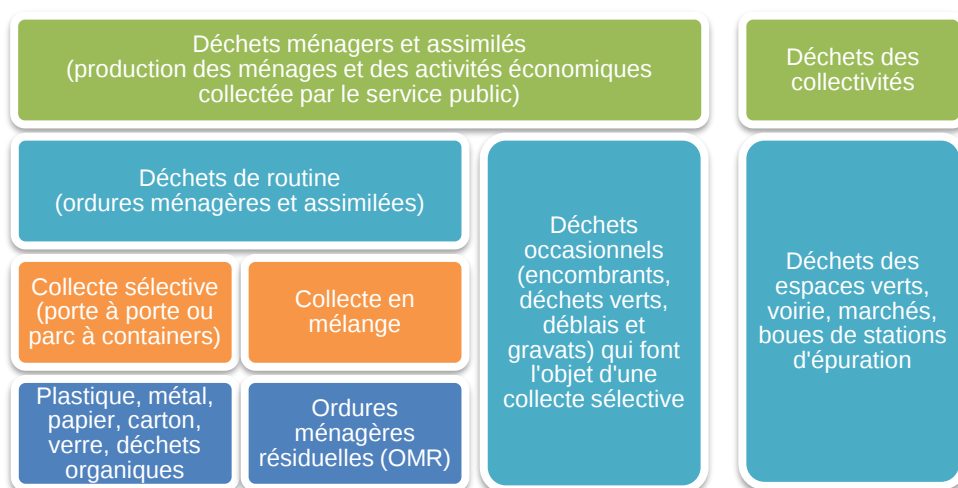


Figure 14 : Représentation des flux composant les déchets municipaux (Damien, 2013, p.6)

Les **déchets des activités économiques** comprennent « *tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur initial n'est pas un ménage* » (Andrieu et al., 2012, p.13). Ils regroupent l'ensemble des déchets engendrés par les activités commerciales des secteurs primaires, secondaires et tertiaires (agriculture, pêche, extraction minière, industrie manufacturière, construction et services) qui ne s'apparentent pas à des déchets ménagers. Ces déchets relèvent du principe pollueur-payeur, c'est-à-dire que les producteurs sont dans l'obligation financière de les prendre en charge (soit ils les traitent eux-mêmes, soit ils font appel à un collecteur).

3.3 Hiérarchie des techniques de traitement des déchets

Les stratégies de traitement de déchets ont été développées dans le but de réaliser différents objectifs : l'isolement de la partie nocive d'une substance pour limiter l'impact environnemental, la production d'énergie, la récupération des matières ou la réduction du volume pour préserver l'esthétique du paysage (Augris et al., 2002). Historiquement, les spécificités des pays ont façonné le choix des techniques de prise en charge des déchets. Par exemple, la Grande-Bretagne, dont les terres sont majoritairement argileuses, enfouissait ses déchets, tandis que le Japon, de par la limitation de ses espaces, pratiquait l'incinération (Faujas, 2009).

En 1979, le politicien hollandais Ad Lansink établit une hiérarchie des stratégies optimales de traitement des déchets en fonction de leur impact sur l'environnement, par ordre de priorité décroissant : prévention, réutilisation, recyclage, incinération avec récupération énergétique, incinération sans récupération énergétique et mise en décharge. Ce classement, appelé « échelle

de Lansink », servira de socle pour l'établissement de la législation européenne sur la gestion des déchets de 2008. Celle-ci fut développée dans le but de réduire les effets néfastes des déchets sur l'environnement et sur la santé ainsi qu'à améliorer l'efficacité des ressources. La hiérarchie imposée, représentée par la figure 15, encourage la minimisation de l'extraction des matières pour réduire la quantité de déchets, et si celle-ci est inévitable, promeut le déchet comme une ressource afin d'atteindre des niveaux élevés de réutilisation et de recyclage. S'il n'est pas possible de récupérer les matières contenues dans les déchets, leur conversion en énergie est recommandée. Enfin, l'enfouissement des déchets est le dernier recours (Commission Européenne 5, 2011).

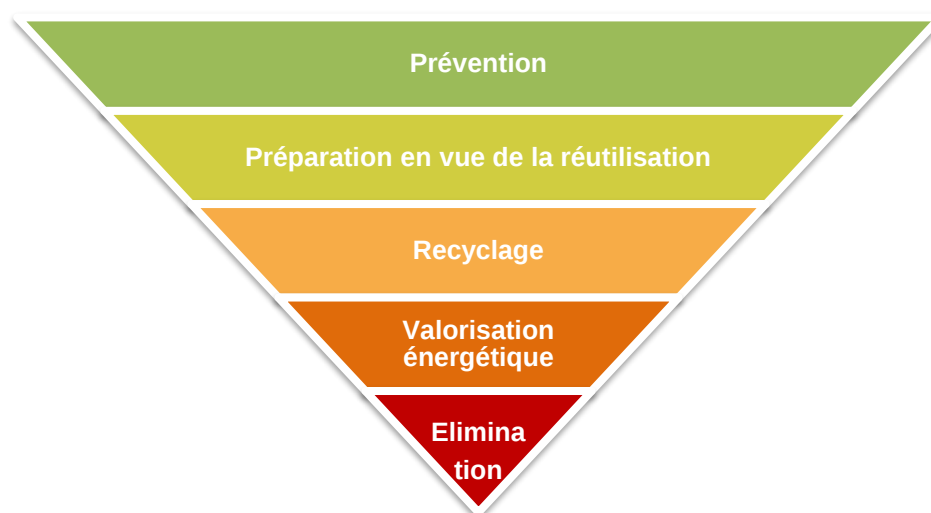


Figure 15 : Hiérarchie des déchets (directive 2008/98/CE, 2008, p.8)

Dans les sections qui vont suivre, nous allons passer en revue, d'un point de vue technique, les différentes possibilités de traitement des déchets qu'offrent la technologie actuelle en fonction de cette hiérarchie.

3.3.1 Prévention

Le meilleur déchet est celui qui n'est pas produit. La stratégie de prévention est l'ensemble des « mesures prises avant qu'une substance, une matière ou un produit ne devienne un déchet en réduisant la quantité de déchets, ... les effets nocifs des déchets produits sur l'environnement et la santé humaine ou la teneur en substances nocives des matières et produits » (directive 2008/98/CE, 2008, p.8). La prévention inclut donc les stratégies de l'économie circulaire (abordées dans les points 2.2.1 et 2.2.2) applicables à l'ensemble du cycle de vie du produit

avant que celui-ci ne devienne un déchet, dans le but d'utiliser efficacement les ressources et de limiter les répercussions environnementales (écoconception, allongement de la durée de vie, dématérialisation, réemploi, etc.).

3.3.2 Préparation en vue de la réutilisation

Cette stratégie consiste en « *toute opération de contrôle, de nettoyage ou de réparation en vue de la valorisation, par laquelle des produits ou des composants de produits qui sont devenus des déchets sont préparés de manière à être réutilisés sans autre opération de prétraitement* » (directive 2008/98/CE, 2008, p.8). Il s'agit d'insuffler une seconde vie aux biens n'ayant plus d'utilité pour le propriétaire (comme le marché des voitures d'occasion).

3.3.3 Valorisation

La valorisation se caractérise par « *toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en remplaçant d'autres matières qui auraient été utilisées à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin* » (directive 2008/98/CE, 2008, p.8). La valorisation peut être une extraction des matières ou de l'énergie contenues dans les déchets.

3.3.3.1 Valorisation matière

3.3.3.1.1 Recyclage

Le recyclage se réfère à « *toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en produits, matières ou substances aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins* » (directive 2008/98/CE, 2008, p.8). C'est un processus permettant de réintégrer les matières du déchet dans le cycle de production du produit initial (recyclage en boucle fermée) ou d'autres produits (recyclage en boucle ouverte). Il intervient pour le plastique, le verre, le métal, le papier, le bois et le caoutchouc (Bruxelles Environnement 1, 2016).

Le recyclage comprend également les opérations suivantes :

- **La réutilisation** est la procédure par laquelle des déchets sont utilisés à nouveau sans opération de traitement (Andrieu et al., 2012). Il est intéressant de noter que la réutilisation se différencie du réemploi par le statut de déchet. Par exemple, le fait d'amener un vieux vêtement dans un magasin de seconde main est une opération de réemploi. Déposer ce même vieux vêtement dans un point d'apport volontaire en vue

de la revente est une opération de réutilisation, car il est considéré comme un déchet aux yeux du détenteur.

- **Le compostage** (valorisation organique) est un traitement biologique de fermentation aérobie, c'est-à-dire en présence d'oxygène, qui décompose les déchets organiques (matières biodégradables) au moyen de micro-organismes et aboutit à l'obtention d'un produit réutilisable, le compost. Celui-ci peut ensuite être utilisé comme engrais biologique (Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable [ICEDD], 2007).
- **La régénération** est un procédé de « *raffinage d'un fluide ou d'un solide, impliquant l'extraction de la fraction polluante ou indésirable contenue dans le déchet* » (Andrieu, 2012, p.29).

3.3.3.1.2 Remblayage

Le remblayage est « *l'utilisation de déchets inertes dans des excavations à des fins de rattrapage de pentes, de sécurité, ou pour des travaux d'aménagement paysager* » (Eurostat 1, 2016).

3.3.3.2 Valorisation énergétique

La valorisation énergétique est une opération de traitement thermique appliquée aux déchets de manière à utiliser leur pouvoir calorifique comme énergie sous forme de chaleur ou d'électricité (Augris et al., 2002). Elle s'applique principalement aux déchets résiduels, n'ayant pas fait l'objet d'une collecte séparée, et qu'il n'est donc pas possible d'orienter vers des filières de recyclage.

3.3.3.2.1 Incinération avec récupération d'énergie

L'incinération est un procédé thermique consistant en l'oxydation (combustion avec un excès d'oxygène) des substances inflammables que contiennent les déchets dans des fours appropriés. Le but de cette opération est la réduction du volume entrant de déchets (jusqu'à 90%) et la concentration des substances nocives. L'incinération traite majoritairement les déchets municipaux résiduels, mais peut également prendre en charge les déchets dangereux, les déchets hospitaliers et les boues d'épuration (Commission Européenne 1, 2006). Après inflammation des déchets à plus de 850 degrés, la chaleur dégagée par les fours est récupérée sous forme de vapeur dans une chaudière puis convertie en chaleur, en électricité (perte d'énergie de 60 à 70%) ou les deux par cogénération (ICEDD, 2007).

Les rejets de la combustion prennent deux formes :

- Les fumées (gaz de combustion chauds) et les cendres (à forte teneur en métaux lourds) sont purifiées par lavage et filtration afin d'isoler la partie propre qui sera relâchée dans l'atmosphère. La partie polluante, appelée REFION (résidus d'épuration des fumées de l'incinération des ordures ménagères), sera ensuite refroidie pour être mise en décharge. Généralement, l'incinération d'une tonne d'ordures ménagères produit entre 25 et 50 kg de REFION.
- Les résidus solides, appelés mâchefers (composés de métaux et de minéraux), peuvent être utilisés comme remblais pour la construction des routes. Généralement, l'incinération d'une tonne d'ordures ménagères génère entre 230 à 250 kg de mâchefers (Bertholon, 2002).

En Europe, l'incinération est considérée comme un procédé de valorisation énergétique si le rendement énergétique, c'est-à-dire le degré d'efficacité énergétique de la valorisation de la vapeur, est supérieur ou égal à 0,65 pour les installations implantées après le 31 décembre 2008. Le détail de la formule du rendement énergétique est présenté en annexe 3.

3.3.3.2.2 Co-incinération

La co-incinération est une installation fixe ou mobile dont le but est de « *de produire de l'énergie ou des produits matériels ; dans ce processus, les déchets sont utilisés comme combustibles habituels ou d'appoint et/ou sont soumis au traitement thermique en vue de leur élimination* » (Inter-Environnement Wallonie, 2007, p.3). Elle se différencie de l'incinération car son objectif premier n'est pas la combustion des déchets. Ce procédé est majoritairement utilisé dans les secteurs de la cimenterie et de la sidérurgie.

3.3.3.2.3 Biométhanisation (valorisation organique)

La biométhanisation, ou fermentation méthanique, est un traitement biologique de fermentation anaérobie (en l'absence d'oxygène) qui dégrade les déchets organiques et les effluents liquides sous l'action de bactéries. Deux substances en résultent : le digestat, résidu solide, qui peut être utilisé comme fertilisant pour l'agriculture, et le biogaz, composé de méthane (CH₄) et de CO₂. Ce biogaz pourra ensuite être converti en chaleur ou en électricité (Damien, 2013). Il est intéressant de noter que le biogaz est la forme renouvelable du gaz naturel qui est composé de méthane, butane et propane.

3.3.3.2.4 Pyrolyse et gazéification

La pyrolyse et la gazéification sont des méthodes de traitement thermique des déchets à très haute température avec peu ou pas d'oxygène dans le but de produire des composés énergétiques plus facilement exploitables, qui pourront être valorisés pour une application ultérieure (processus en deux étapes). Ces opérations sont plus efficaces que l'incinération qui utilise directement le pouvoir énergétique des déchets sans prétraitement intermédiaire.

La **pyrolyse** est une opération de combustion des déchets entre 400 et 650 degrés avec production d'un gaz de synthèse (syngaz), d'un liquide (huile de pyrolyse) et d'un résidu solide (charbon, char ou coke).

La **gazéification** est une opération de combustion des déchets entre 900 et 1200 degrés avec production d'un gaz de synthèse (syngaz). Celui-ci, composé de monoxyde de carbone et d'hydrogène, sera lui-même brûlé pour produire de l'électricité ou de la chaleur (Conseil National de l'Industrie, 2015).

3.3.3.2.5 Traitement mécano-biologique

Le traitement mécano-biologique est un double procédé industriel qui traite les ordures ménagères résiduelles. D'une part, des opérations mécaniques effectuent un tri des matières recyclables qui seront orientées vers leurs filières respectives, et d'autre part, un traitement organique (compostage ou biométhanisation) décompose les matières biodégradables. Les résidus de l'opération sont ensuite mis en décharge ou incinérés (Thauvin, 2014).

3.3.4 Élimination

L'élimination, technique de traitement des déchets la plus déconseillée, se définit comme *« toute opération qui n'est pas de la valorisation même lorsque ladite opération a comme conséquence secondaire la récupération de substances ou d'énergie »* (directive 2008/98/CE, 2008, p.8). Elle inclut donc les traitements intermédiaires des déchets en vue de leur élimination.

3.3.4.1 Incinération sans récupération d'énergie

Le procédé est identique à celui de l'incinération avec récupération d'énergie, sans captage de la vapeur émise par les fours.

3.3.4.2 Traitements physico-chimiques ou biologiques

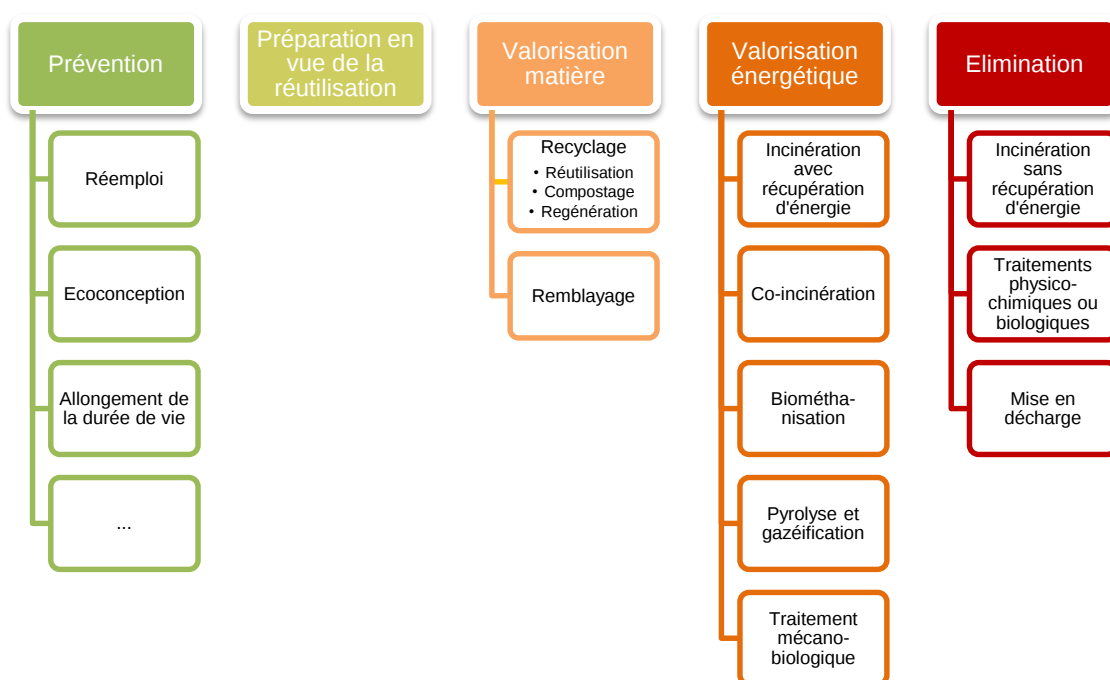
Ces opérations prennent en charge les boues et les eaux contaminées ainsi que les déchets solides à forte concentration polluante. L'objectif est d'isoler la fraction nocive des déchets afin de la transformer en produit inoffensif. Ceux-ci seront ensuite éliminés par enfouissement ou incinération selon leur composition (Damien, 2013).

3.3.4.3 Mise en décharge

La mise en décharge, également appelée mise en centre d'enfouissement technique, est une infrastructure de « *dépôt de déchets dans ou sur le sol, notamment dans des décharges spécialement conçues, ainsi que le stockage temporaire de plus d'un an* » (Bourgeais, 2016, p.3). Cette opération concerne uniquement les déchets ultimes, c'est-à-dire des déchets qui ne sont plus en mesure d'être valorisés dans les conditions économiques et techniques actuelles, et les déchets dangereux (Augris et al., 2002). L'enfouissement des déchets dans le sol est la solution la plus défavorable d'un point de vue environnemental. Cependant, cette méthode se modernise avec la récupération du biogaz produit par la fermentation des déchets.

Il existe d'autres opérations d'élimination utilisées dans une moindre proportion, telles que le lagunage, le rejet en mer, l'enfouissement dans le sous-sol marin, etc.

3.3.5 Synthèse



3.4 Analyse environnementale

Dans cette section, nous allons examiner les impacts environnementaux et sur la santé humaine des différentes techniques de traitement des déchets (en insistant sur le recyclage, la mise en décharge et l'incinération, qui sont les techniques majoritairement utilisées en Europe), afin d'avoir la confirmation de leur juste positionnement dans la hiérarchie.

En 2008, environ 2,8% des émissions de gaz à effet de serre (composées de 88% de méthane, 10% de protoxyde d'azote et 2% de CO₂) en Europe provenaient des activités de traitement des déchets. Sur ce taux, 75% des émissions proviennent de la mise en décharge, contre seulement 3% de l'incinération, et 2% du recyclage et d'autres méthodes. Ces émissions entraînent une pollution atmosphérique qui a des effets dévastateurs sur la santé : la présence de particules fines, de métaux toxiques et de dioxines (classées comme cancérigènes) dans l'air augmente les cas de cancers et de maladies respiratoires et cardiovasculaires (Schwarcz, 2011).

Le **recyclage** est évidemment la solution idéale d'un point de vue écologique, puisqu'il permet d'économiser l'énergie et les ressources nécessaires à l'extraction et la production de matières premières vierges. Il permet donc de conserver les ressources dans le cycle économique. Par exemple, selon une étude menée en Australie, le recyclage d'une tonne d'aluminium permet d'économiser l'extraction de 5 tonnes de bauxite, le rejet de 15,17 tonnes de gaz à effet de serre, la dépense énergétique de 171 giga joules et l'utilisation de 233 tonnes d'eau.

Cette même étude démontre les bénéfices du recyclage de divers matériaux (papier, carton, verre, aluminium, acier, polyéthylène à haute densité et polytéréphtalate d'éthylène) des déchets ménagers. Avec une collecte moyenne de 3,76 kg par semaine par ménage, le recyclage permettrait d'économiser annuellement l'émission de 106 kilos de gaz à effet de serre, 928 kilowatt-heures d'électricité et 3 litres d'eau par ménage. Compte tenu du nombre de ménages en Australie, le recyclage des déchets ménagers permettrait de diminuer les émissions de gaz à effet de serre d'environ 823.000 tonnes par an, ce qui équivaut à retirer définitivement 200.000 voitures des routes (Department of Environment and Conservation, 2005).

En ce qui concerne l'**incinération**, bien que les procédures suivent un développement technologique important en raison des législations visant à restreindre le rejet d'émissions, cette technique est sujette à de nombreuses controverses. Les partisans avanceront que l'incinération permet la réduction du volume des déchets et l'extraction des parties nocives, contribue à la

production d'énergie considérée comme renouvelable (car issue de la biomasse), économise l'espace et n'entre pas en compétition avec le recyclage mais le complète à bon escient car elle prend en charge les déchets dont la qualité est trop mauvaise pour être recyclés et les rebuts du recyclage (Bourguignon, 2015). Ce dernier argument est réfuté par les opposants à cette pratique, car les contrats liant les municipalités aux incinérateurs étant à long terme (20 à 30 ans), cela ne les incite pas à développer d'autres manières plus propres de traiter les déchets. La valorisation énergétique par incinération est décriée comme étant une des techniques de production d'énergie la plus polluante, la plus chère et la plus inefficace.

Les désavantages environnementaux de l'incinération sont nombreux. Premièrement, les incinérateurs émettent des milliers de substances polluantes qui contaminent l'air et l'eau : des dioxines, des métaux lourds (cadmium, mercure), des particules de poussière et des gaz acides (dioxyde de soufre, oxyde nitrique, dioxyde d'azote, acide chlorhydrique) qui se propagent sous forme de fumée, de cendres, de scories et de boues.

Les effets de ces émissions dans l'air ont des conséquences lourdes sur la santé et sont encore actuellement largement débattus. Selon deux études scientifiques, les taux des cancers à l'enfance et de malformations congénitales sont plus élevés aux alentours des incinérateurs, dus à l'exposition aux particules fines et ultrafines contenues dans les cendres (Franchini, Rial, Buiatti, & Bianchi, 2003 ; Knox, 2005). Selon une autre étude, les métaux lourds présents dans ces mêmes cendres peuvent créer des problèmes émotionnels et comportementaux, tels que la dyslexie, l'autisme, l'hyperactivité, la démence, la dépression, etc. (Thompson & Anthony, 2005).

En outre, un rapport démontre que les incinérateurs émettent plus d'émissions de CO₂ par unité d'électricité que les centrales à charbon, à pétrole ou encore au gaz naturel (Platt, Ciplet, Bailey, & Lombardi, 2008). D'ailleurs, l'incinération est responsable de la quasi-totalité des émissions de CO₂ (bien que minimes comparées aux émissions de méthane) engendrées par les activités de traitement des déchets.

Enfin, les REFIOM, résidus de l'incinération contenant les substances nocives, sont mis en décharge alors qu'ils présentent des risques de contamination pour le sol et l'environnement. Au final, cela représente une quantité importante de pollution pour une performance énergétique médiocre, puisque les déchets municipaux, qui représentent la majorité des déchets que traitent l'incinération, ont une faible teneur énergétique : entre 8 et 12 Mj/kg par rapport à 46 Mj/kg pour le diesel par exemple (Bourguignon, 2015).

La pratique de la **mise en décharge**, outre un problème d'occupation de l'espace, présente un impact environnemental considérable : elle contamine l'air, le sol et les nappes phréatiques. La décomposition de la matière organique contenue dans les déchets dégage du méthane dont l'effet de serre est très important (25 fois de plus que le CO₂), et dont l'accumulation peut provoquer des explosions. La quantité de méthane relâchée par l'enfouissement des déchets est loin d'être négligeable : elle représente 30% des émissions de méthane en Europe.

La dégradation des matières organiques libère également des métaux lourds appelés lixiviats, qui contaminent la nappe phréatique et le sol, et menacent la santé de la population environnante. En moyenne, les sites de mise en décharge peuvent produire jusqu'à 150 m³ de lixiviats par jour, ce qui équivaut au volume d'eau moyen qu'un ménage consomme annuellement (European Commission 5, 2010).

En outre, la mise en décharge peut occasionner l'éparpillement des déchets par le vent, l'attraction de vermines et l'émission d'odeurs nauséabondes due une nouvelle fois à la décomposition des déchets organiques (Bourguignon, 2015).

Il y a également des dérives dues à la définition du caractère « ultime » des déchets. Celle-ci étant sujette à interprétation, de nombreux déchets valorisables (recyclables et biodégradables) sont éliminés de cette manière au lieu d'être correctement traités.

Il va sans dire que l'incinération et la mise en décharge présentent des inconvénients significatifs. La position de ces méthodes en bas de la hiérarchie des déchets de la Commission Européenne fait sens. Cependant, les autres méthodes de traitement des déchets ne sont pas non plus « écologiquement parfaites ». Par exemple, le compostage rejette particulièrement du méthane et d'autres particules, la biométhanisation dans une moindre mesure. Le traitement mécano-biologique, quant à lui, émet des composés organiques volatiles. (Schwarcz, 2011).

D'un point de vue impact sur la santé humaine, la plupart des méthodes sont plus ou moins dangereuses en termes de nombre de décès rapportés par tonne de déchets traités. Les risques de cancer est le plus élevé avec la mise en décharge et l'incinération. Seule la biométhanisation sort du lot, avec des risques dix fois inférieurs que les autres méthodes (Bourguignon, 2015).

En conclusion, d'un point de vue environnemental, la mise en décharge est la pire des méthodes en raison de l'importance des émissions de méthane. Cependant, en termes de pollution atmosphérique, l'incinération est la technique la plus destructrice. La meilleure option est de loin le recyclage pour les plastiques, textiles et métaux, et la solution préférable pour d'autres matériaux. En ce qui concerne le papier et le bois, la préférence entre le recyclage et

l'incinération dépend de l'usage de la valorisation énergétique de l'incinération. Pour les déchets résiduels, le traitement mécano-biologique est la solution la moins dommageable. Enfin, concernant les déchets organiques, la biométhanisation se présente comme la meilleure alternative (Schwarcz, 2011).

3.5 La situation européenne

3.5.1 Contexte

Dans le cadre du 7^e programme d'action général pour l'environnement, l'Europe s'est fixée comme objectif de « *réduire la production de déchets, de recycler les déchets pour en faire une source importante et fiable de matières premières pour l'UE, de valoriser l'énergie uniquement à partir de matières non recyclables, et d'éliminer quasi totalement la mise en décharge* » (Commission Européenne 2, 2014, p.10). Le principal accent du « paquet économie circulaire » est orienté sur l'amélioration de la gestion des déchets, avec une proposition de révision de la législation (Wijkman & Skånberg, 2015).

Au niveau du recyclage, l'Europe impose un taux de recyclage des déchets municipaux de 50% d'ici 2020 et de 65 % d'ici 2030, ainsi qu'un taux de 75 % des déchets d'emballages plastiques d'ici 2030. De plus, comme mentionné dans la section 2.5.1, la Commission Européenne met l'accent sur l'établissement de normes de qualité pour le marché de matières secondaires afin de supprimer les incertitudes des investisseurs quant à leur composition et de maximiser la rentabilité face au marché des matières premières vierges.

Au niveau de l'incinération et de la mise en décharge, les déchets collectés séparément seront bannis de ces modes de traitement d'ici 2030. L'enfouissement sera progressivement limité à 10% maximum des déchets municipaux. Des instruments économiques seront développés pour décourager ces deux pratiques.

En outre, l'Europe s'engage à établir des incitants économiques pour les producteurs afin qu'ils mettent sur le marché des produits valorisables en fin de vie, simplifiera et harmonisera les méthodes de calcul en matière de recyclage et intensifiera la collaboration entre les états membres afin de favoriser l'échange de bonnes pratiques pour améliorer la gestion sur le terrain (Commission Européenne 3, 2015 ; Commission Européenne 4, 2015).

3.5.2 Analyse de la totalité des déchets

En 2012, environ 2,5 milliards de tonnes de déchets ont été générés en Europe. Cela équivaut à une production de presque 5 tonnes par habitant européen. Comme l'expose le graphique 16, les activités majoritairement génératrices de déchets sont le secteur de la construction, de l'extraction minière et l'industrie manufacturière.

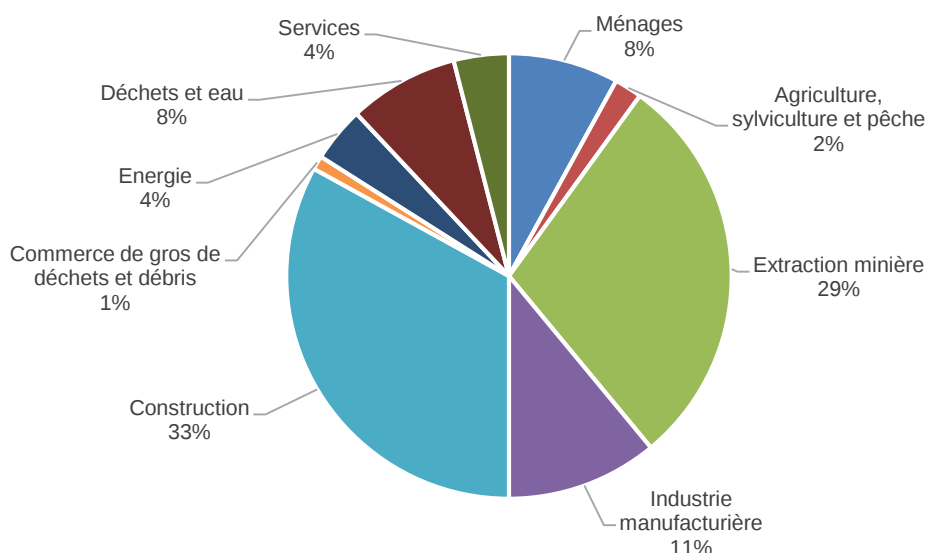


Figure 16 : Répartition de la génération de déchets en fonction des activités économiques et des ménages en 2012 dans l'UE-28 (Eurostat 1, 2016)

Le graphique 17 montre une énorme dissimilitude de la quantité de déchets générés par habitant entre pays européens. De 792 kilos par habitant pour la Croatie, la quantité grimpe jusqu'à atteindre les 22.000 kilos par habitant en Bulgarie. Conformément aux données de la figure 16, nous pouvons observer que cette fluctuation est majoritairement due à la présence d'activités qui produisent le plus de déchets. La Bulgarie, l'Estonie, la Roumanie, la Finlande et la Suède présentent d'importantes activités d'extraction minière, tandis que le Luxembourg est extrêmement actif dans la construction. Ces deux secteurs génèrent principalement des déchets inertes : la part de ceux-ci sur la totalité des déchets produits en Europe est de 63%.

Contrairement aux autres pays, l'Estonie présente une production importante de déchets de la part du secteur de l'énergie. La raison est qu'elle possède un des plus grands gisements de schiste bitumeux du monde (Eurostat 1, 2016).

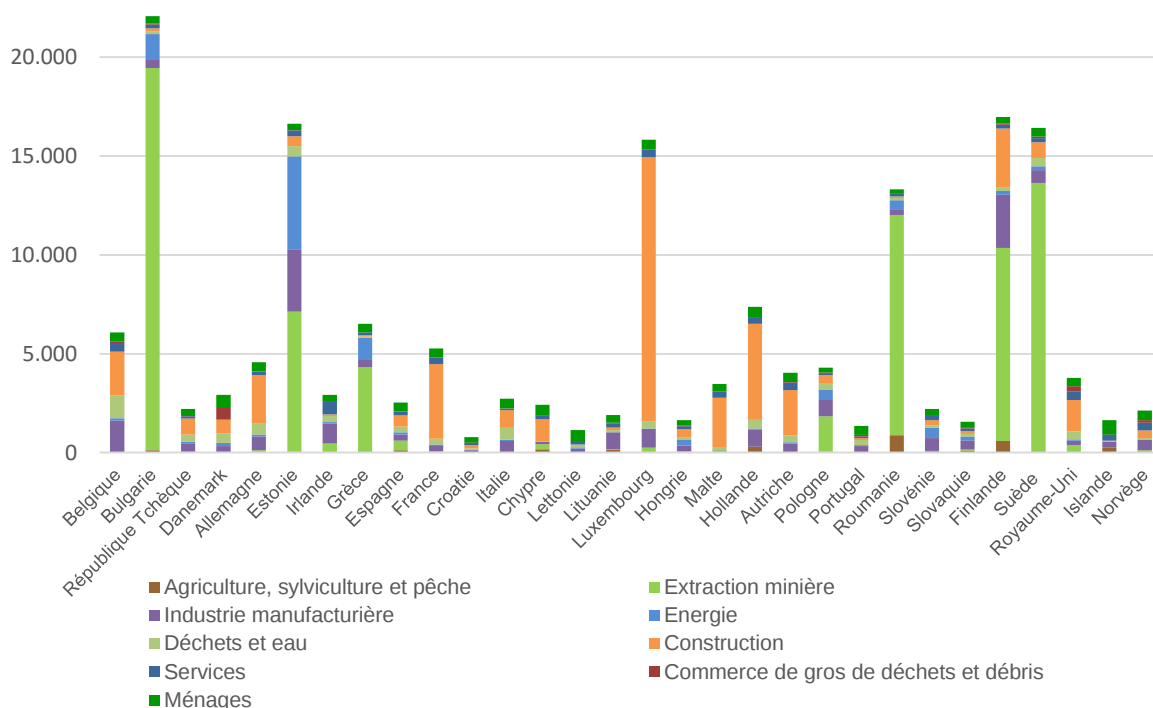


Figure 17 : Répartition des déchets (en kg par personne) en fonction des activités économiques et des ménages dans l'UE-28 en 2012 (Eurostat 1, 2016)

Sur les 2,5 milliards de tonnes de déchets générés en Europe, 2,3 milliards ont été effectivement traités (Eurostat 1, 2016). Comme l'illustre la figure 18, seulement un peu plus d'un tiers des déchets sont recyclés. La mise en décharge est malheureusement la solution la plus répandue : près de la moitié des déchets sont éliminés par cette voie. Néanmoins, il serait intéressant d'isoler la part écrasante occupée par les déchets inertes afin de voir comment les autres déchets sont traités (les déchets inertes sont soit remblayés, recyclés, c'est-à-dire réutilisés directement ou broyés en granulats après un tri, ou mis en décharge).

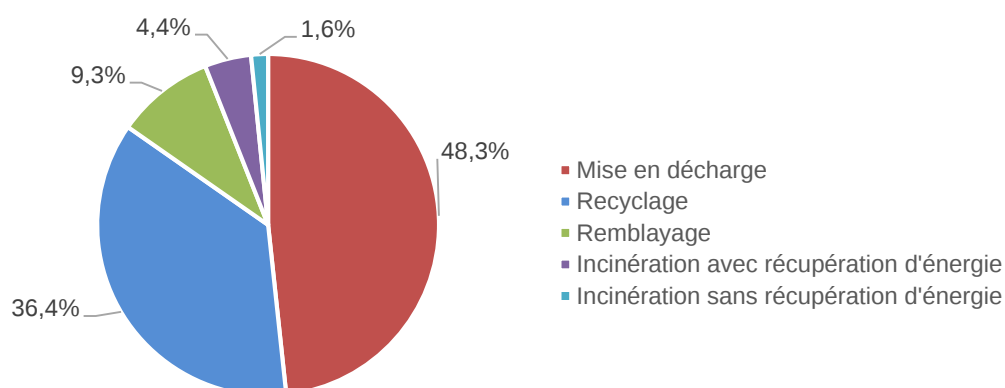


Figure 18 : Répartition des techniques de traitement des déchets dans l'UE-28 en 2012 (Eurostat 1, 2016)

3.5.3 Analyse des déchets municipaux

Bien qu'ils ne représentent qu'un dixième de la totalité de la quantité générée de déchets (dont 8% de la part des ménages), l'analyse de la gestion des déchets municipaux se révèle très instructive. Le volume produit dévoile les modes de consommation et le niveau de développement économique, tandis que leur composition variée et le choix des différentes techniques de traitement renseignent sur la qualité des politiques de gestion mises en place.

En 2014, chaque habitant européen a produit une moyenne de 475 kg de déchets municipaux. Le pic fut atteint en 2002 avec 527 kg par personne. Depuis 2008, la production de déchets municipaux diminue faiblement mais de manière constante (Bourgeais, 2016). Cette tendance est davantage associée aux répercussions de la crise économique qu'à une sensibilisation accrue de la population à la prévention.

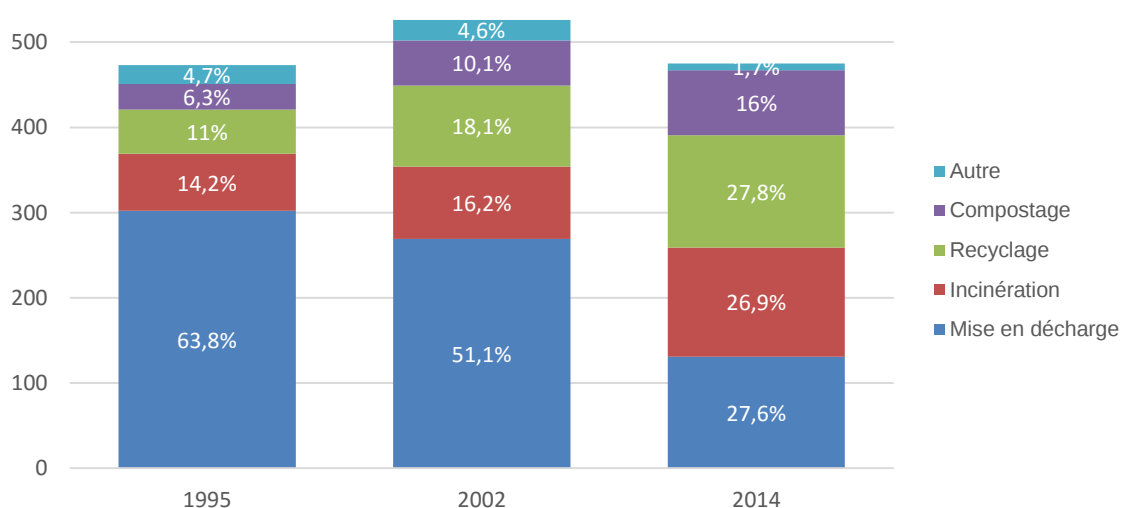


Figure 19 : Evolution annuelle du traitement des déchets municipaux (en kg par habitant) dans l'UE-28 (Eurostat 2, 2016)

Le graphique 19 met en lumière l'évolution des méthodes de traitement des déchets municipaux en Europe : on observe une chute importante de la mise en décharge ainsi qu'une nette progression du compostage (158%) et du recyclage (52%), et de l'incinération dans une moindre proportion (90%). La mise en décharge, l'incinération et le recyclage interviennent désormais de manière plus ou moins égale. Ces tendances montrent une évolution positive, en concordance avec la hiérarchie des déchets imposée par Commission Européenne.

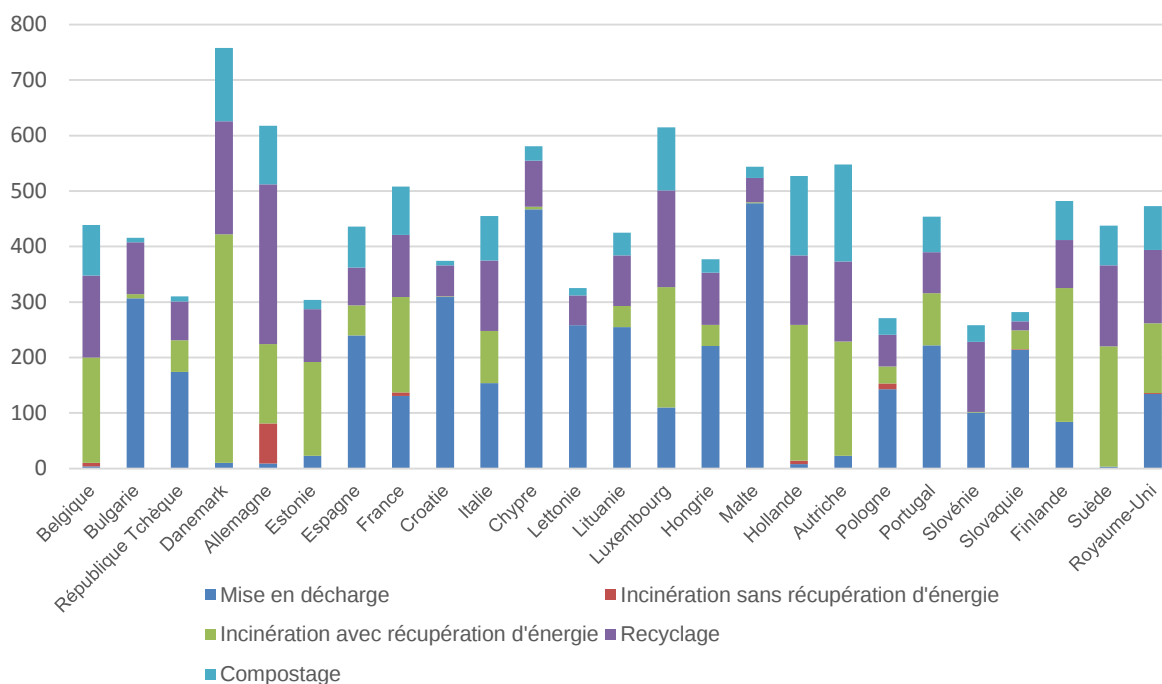


Figure 20 : Répartition des techniques de traitement des déchets municipaux (en kg par habitant) dans l'UE-28 en 2014 (Eurostat 2, 2016)

Premièrement, le graphique 20 révèle une certaine disparité (certes, bien moindre qu'avec le graphique 17) de la quantité de déchets municipaux générés par habitant. Nous pouvons observer que la Pologne, la Slovénie et la Slovaquie sont les plus faibles producteurs de déchets municipaux (avec moins de 300 kilos par personne). Étonnamment, le Danemark est en tête avec 759 kilos par personne, ce qui équivaut à plus du double. Ces différences sont expliquées par des facteurs économiques, tels que la taille et les dépenses des ménages, la prospérité économique (PIB), etc. Néanmoins, la raison principale est due à la liberté de la définition des déchets municipaux : les états membres n'associent pas les mêmes flux de déchets dans la récolte de leurs données, incluant dans quelle mesure les déchets assimilés sont intégrés dans les déchets municipaux (Gentil, 2013).

Deuxièmement, nous pouvons remarquer que la répartition des techniques de traitement varie considérablement selon les pays. La transposition de la hiérarchie des déchets a été respectée dans différentes mesures et certains pays ont encore énormément d'efforts à fournir. Cinq pays ont réussi à réduire massivement la mise en décharge des déchets municipaux : la Belgique, le Danemark, l'Allemagne, la Hollande et la Suède (ramenée de 90% à moins de 5% sur les 20 dernières années). Pour d'autres pays, comme la Lettonie, Malte et Chypre, la mise en décharge est encore majoritairement présente (80%) et le recyclage atteint à peine les 5%. Alors que dans

certaines régions européennes, les taux de recyclage avoisinent les 85% (Commission Européenne 4, 2015).

En moyenne, plus de 95% des déchets incinérés sont valorisés pour produire de l'électricité ou de la chaleur. L'Allemagne fait exception avec seulement 66% de valorisation énergétique. La production d'énergie par l'incinération des déchets municipaux a plus que doublé depuis 1995. Elle représente 1,3% de la consommation en électricité et 8,9% de la consommation de chaleur en Europe (Bourguignon, 2015 ; European Commission 5, 2010).

Alors que la législation européenne a apporté le cadre d'une gestion durable des déchets depuis les deux dernières décennies, la comparaison des taux de mise en décharge et de recyclage entre les états membres souligne l'importance de l'instauration de politiques nationales et régionales en cohérence avec ce cadre. Cela implique d'implémenter des mesures telles que la prohibition de la mise en décharge et de l'incinération des déchets organiques et recyclables, l'obligation de tri, des instruments économiques comme des taxes à la mise en décharge et à l'incinération, et des taxes sur la collecte des déchets résiduels qui incitent au recyclage. Il est prouvé que les pays qui utilisent un large éventail de ces instruments parviennent aux taux les plus élevés de recyclage en Europe (Gentil, 2013).

PARTIE 4 : CAS PRATIQUE

Comme mentionné précédemment (voir la section 2.5.2.), les villes, et plus particulièrement les capitales, de par leur densité de population, détiennent la capacité d'instaurer un système de gestion des déchets efficace d'un point de vue circulaire en termes d'optimisation de l'utilisation des ressources.

Dans cette partie, nous allons analyser le fonctionnement de la gestion des déchets municipaux de Bruxelles et le comparer avec celui de la ville de Ljubljana, qui se présente de loin comme la plus performante sur ses congénères européens. Le but de cette étude est de mettre en lumière les différents éléments qui permettent de réduire la production de déchets, qui obtiennent des résultats incontestables dans le renouvellement des déchets en ressources (en termes de réutilisation et de recyclage) et qui limitent les effets néfastes sur l'environnement que leur traitement peut provoquer. En outre, le deuxième objectif est de prouver qu'une gestion des déchets circulaire, c'est-à-dire en accord avec la hiérarchie des déchets, mène effectivement à une réduction des coûts.

La restriction de cette étude à la catégorie des déchets municipaux – en excluant les déchets des collectivités (espaces verts, voiries, etc.) en raison de l'absence de données –, c'est-à-dire les déchets gérés par les autorités locales, est motivée par plusieurs raisons.

Premièrement, une étude étendue à la totalité des déchets générés par les habitants bruxellois et les activités économiques est trop vaste pour permettre une analyse en profondeur.

Deuxièmement, dans le cas de Bruxelles, il est impossible de récolter les données des flux de déchets industriels, la raison étant l'intégration du tissu économique bruxellois avec celui des autres régions. En effet, bien que Bruxelles soit autosuffisante en ce qui concerne la gestion de ses déchets municipaux, elle dépend des régions voisines pour la mise en décharge et le traitement de déchets spécifiques, tels que les déchets de construction, hospitaliers et dangereux (Hannequart & Schamp, 2010).

Troisièmement, l'analyse de la situation de Bruxelles est opportune car les déchets municipaux occupent une part majoritaire sur la totalité des déchets générés. En effet, le secteur tertiaire, qui produit des déchets assimilés, représente 90% de l'emploi à Bruxelles (administrations, banques, services informatiques, etc.).

Finalement, et c'est sous doute la raison la plus intéressante, il est particulièrement pertinent de se pencher sur la gestion des déchets municipaux dans la conjoncture actuelle de restriction budgétaire auxquels sont soumis les états européens. Cette atmosphère de « serrage de

ceinture » généralisée exige une attention particulière sur l'implémentation des mesures les plus efficaces et les plus rentables afin de respecter les objectifs imposés par la directive européenne (50% de recyclage des déchets municipaux d'ici 2020 et 65% d'ici 2030).

L'analyse porte donc sur la région de Bruxelles-Capitale et non sur la ville de Bruxelles, même si, par facilité de comparaison, les termes « ville » et « Bruxelles » seront utilisés.

4.1 Le cas de Bruxelles

Deux organes publics interviennent dans la gestion des déchets municipaux à Bruxelles. D'une part, **Bruxelles Environnement**, l'administration de l'environnement et de l'énergie, a pour mission principale d'instaurer la politique de prévention et de gestion des déchets. D'autre part, l'**Agence Bruxelles-Propreté** (ABP) est l'organisme officiel de la collecte et du traitement des déchets ménagers ainsi que d'une partie des déchets assimilés (auprès d'entreprises, d'ASBL, d'écoles, etc.) via contrat commercial, l'autre partie étant assurée par des opérateurs privés. En 2014, le nombre de contrats de collecte professionnels conclus était de 17.345. Il est actuellement impossible de différencier les données de ces deux types de flux, cependant, il est estimé que ces contrats représentent environ 30% de la quantité totale de déchets traités par l'ABP (Jumeau, 2014).

Les deux organismes publics sont sous la tutelle de corps politiques différents : Bruxelles Environnement dépend de la ministre de l'environnement Céline Frémault, tandis que l'ABP dépend de la ministre de la propreté publique et de la collecte et du traitement des déchets Fadila Laanan (Hannequart & Schamp, 2010).

4.1.1 Organisation de la collecte

L'ABP collecte séparément les déchets municipaux via plusieurs canaux : la collecte porte-à-porte, les points de collecte (bulles) et les parcs à containers.

En ce qui concerne la **collecte porte-à-porte**, les déchets concernés sont les déchets résiduels, les emballages, bouteilles en plastique et cannettes dans un même sac (PMC), les papier-carton, les déchets verts et depuis très récemment, les déchets organiques. Une collecte annuelle pour les encombrants est également possible. L'ABP récolte les sacs en bord de trottoir devant les maisons et collecte les containers devant les buildings (European Commission 3, 2015).

La fréquence de collecte a récemment été révisée par Fadila Laanan en vue d'une simplification de l'organisation : alors que les PMC et les papier-carton étaient collectés en alternance un jour spécifique de la semaine (ce qui provoquait de nombreuses confusions de la part des citoyens), ils seront désormais ramassés hebdomadairement ensemble avec les déchets résiduels. L'autre aspect de la réforme consiste en la réduction de la fréquence de la collecte des déchets résiduels de deux à une fois par semaine, avec comme alternative aux craintes d'odeurs nauséabondes l'ajout d'un flux de déchets collectés séparément : les déchets organiques (Anonyme 3, 2015). Cependant, devant les vives contestations syndicales et citoyennes, la ministre a dû revenir sur sa proposition et maintenir la collecte bihebdomadaire des déchets résiduels (ajoutée à celle des déchets organiques). Ces changements seront mis en application cet automne 2016 (Leprince, 2014).

En ce qui concerne les 580 **points de collecte** (bulles), les déchets concernés sont le verre et les textiles.

Bruxelles est équipée de deux **parcs à containers** régionaux et cinq communaux (chaque citoyen a donc accès à trois parcs à containers). Ceux-ci accueillent l'entièreté des flux de déchets cités précédents ainsi que les déchets dangereux, les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), les encombrants, les pneus, les déchets inertes et le bois.

Finalement, il existe des collecteurs officiels qui récoltent gratuitement les batteries et piles, huiles et graisses et les DEEE (European Commission 3, 2015).

Le budget régional annuel attribué par l'état pour financer le service de collecte et de traitement des déchets s'élève à 147 millions d'euros. En ce qui concerne les ménages, ils devaient s'acquitter d'une taxe annuelle forfaitaire de 89€ par foyer qui incluait d'autres services (incendies, etc.). Cependant, la taxe régionale a été supprimée le 1^{er} janvier 2016 dans le cadre de la grande réforme fiscale actuelle (Anonyme 5, 2016).

4.1.2 Mesures engagées en fonction de la hiérarchie des déchets

4.1.2.1 Prévention

Bruxelles Environnement organise des actions de sensibilisation à différents niveaux (brochures, campagnes médiatiques, actions sur le terrain, participation à des événements, animations dans les écoles, relais locaux, etc.).

Bruxelles Environnement participe à la Semaine Européenne de Réduction des Déchets organisée par l'ADEME et le ministère du développement durable en France depuis 2006, afin de faire connaître au grand public les différentes actions de prévention engagées au niveau local. En termes d'éducation, Bruxelles Environnement met en place des animations dans les écoles pour sensibiliser au tri des déchets, au gaspillage alimentaire, aux économies d'eau et de papier, etc. Elle organise également des visites guidées de l'incinérateur, du centre de tri et des parcs à containers régionaux pour les groupes scolaires.

Concernant la réduction des déchets alimentaires, Bruxelles Environnement engage des campagnes contre le gaspillage alimentaire (avec un focus sur l'explication de la signification de la date de consommation), a créé un projet « doggy bag » pour emporter les restes de nourriture dans les restaurants et s'investit dans le développement de l'étiquetage énergétique des produits alimentaires.

Pour ce qui est de la réduction des déchets de papier, Bruxelles Environnement lutte contre la publicité gratuite dans les boîtes aux lettres avec la distribution d'autocollants « anti-pub » et promeut l'utilisation de supports électroniques dans une optique de dématérialisation.

Finalement, dans une optique de réduction des déchets de plastique, Bruxelles Environnement lutte contre la distribution de sacs de caisse jetables dans les petits commerces au profit de sacs réutilisables et a créé un service de location de gobelets réutilisables lors d'événements publics (Bruxelles Environnement 2, 2012).

4.1.2.2 Réutilisation

La Région a octroyé des subsides supplémentaires pour le secteur de l'économie sociale. Celle-ci collecte annuellement 5.000 tonnes de vieux vêtements, meubles, appareils ménagers, etc., dont 60% sont revendus sur le marché de la seconde main.

Bruxelles Environnement soutient le développement d'activités dans le secteur du réemploi et de la seconde main (donneries, ressourceries, repair cafés, etc.).

Finalement, Bruxelles Environnement, en collaboration avec l'ABP, a créé Ecopôle, centre de réparation, de récupération et de réutilisation (notamment pour les déchets encombrants, les DEEE, les matières textiles, etc.) qui intègre un magasin pour la vente des objets remis à neuf (Bruxelles Environnement 2, 2012).

4.1.2.3 Recyclage

L'ABP récolte annuellement plus de 115.000 tonnes de déchets recyclables. Elle n'est pas dépendante des autres régions pour le traitement de ces déchets : la capacité annuelle de ses centres de recyclage est de 120.000 tonnes de déchets. L'ABP s'engage également à mettre en place la valorisation de nouveaux flux (déchets organiques, encombrants, textiles, boues, etc.). En ce qui concerne la gestion des PMC et des papier-carton, la capacité annuelle des centres de tri locaux est de 20.000 tonnes d'emballages PMC et de 80.000 tonnes de papier-carton (en 2014, 12.000 tonnes de PMC et 41.000 tonnes de papier-carton ont été produits).

Pour la prise en charge des déchets verts, Bruxelles possède un centre régional de compostage à Forest (Jumeau, 2014).

A propos de la gestion des déchets organiques, la collecte séparée porte-à-porte, qui est actuellement en phase pilote dans 9 communes, sera généralisée à l'ensemble de la région cet automne 2016. Bruxelles Environnement organise des actions en faveur du compostage à domicile ou de quartier depuis 1999. En 2012, 17% des habitants bruxellois pratiquaient le compostage (ce qui correspond à environ 18.000 tonnes de déchets compostés annuellement). Actuellement, les déchets organiques collectés sont transportés par camions au centre de biométhanisation d'Ypres, en Flandre Occidentale (à une distance de 130 km), où ils sont transformés en biogaz. Seulement, lorsque la collecte sera généralisée, la capacité de l'installation sera dépassée. Le projet de construction d'une installation locale n'aboutit pas, car compte tenu de la densité de la population à Bruxelles, il est difficile de trouver un endroit assez éloigné pour que la population ne souffre pas des odeurs nauséabondes dégagées par les centres de biométhanisation.

Finalement, une des priorités de l'ABP est d'améliorer l'offre en matière de collecte sélective via les parcs à containers, qui sont en sous-effectif. Néanmoins, pour des raisons obscures, les tentatives d'implantation de deux nouveaux parcs à containers régionaux ont été vaines. Pour compenser, la région a lancé des dispositifs mobiles. L'ABP a élargi les flux acceptés (palettes, plaques de plâtre, verre plat, câbles, pots à fleurs, cageots à fruits, plastiques durs, frigolite) et a étalé les plages horaires de ses deux parcs à containers régionaux. En outre, la compétence de la gestion des parcs à containers communaux s'est régionalisée : l'ABP a désormais la charge de la totalité des parcs à containers (Bruxelles Environnement 2, 2012).

4.1.2.4 Incinération avec récupération d'énergie

Les déchets résiduels sont brûlés à l'incinérateur « Bruxelles Energie » situé à Neder-Over-Heembeek, qui convertit la vapeur dégagée par les fours en électricité pour alimenter le réseau géré par Electrabel. Il est classé R1, c'est-à-dire qu'il est considéré comme suffisamment valorisant, sur le plan énergétique, aux yeux de la Commission Européenne selon la directive 2008/98/CE. Les fumées des fours sont dépoussiérées et lavées tandis que les eaux usées sont purifiées. Les résidus de combustion sont valorisés de la manière suivante : les ferrailles sont récupérées dans le secteur de la sidérurgie, les mâchefers sont envoyés aux Pays-Bas pour remblayer les routes, les cendres volantes sont utilisées en Allemagne pour obstruer les cavités de mines de sel et le sel est recyclé en France pour produire de la soude. Au terme de l'opération, seul 0,13% de la quantité entrante de déchets n'est pas valorisée et sera mise en décharge (Jumeau, 2014). L'incinérateur a une capacité de combustion annuelle de 500.000 tonnes de déchets. En 2015, il a traité 474.000 tonnes de déchets (dont 71% de déchets ménagers).

Dans le but de limiter le recours à cette méthode et d'encourager la collecte sélective, un régime de taxation a été instauré depuis 2014. Celle-ci s'élève à 6 euros/tonne de déchets. De plus, une taxe supplémentaire de 29€/tonne est appliquée lorsque la quantité de déchets incinérés dépasse un seuil déterminé, qui diminue au fil des années. Les recettes de la taxe sont redistribuées à l'ABP pour améliorer les infrastructures de la collecte sélective et de recyclage et à Bruxelles Environnement pour les actions de prévention (De Beer, 2012).

4.1.2.5 Mise en décharge

Finalement, en dernier recours, les déchets ultimes (dont les rebus d'incinération) sont transférés vers les centres d'enfouissement techniques des autres régions.

4.2 Le cas de Ljubljana

La ville de Ljubljana est un véritable modèle en ce qui concerne l'implémentation à court terme d'un système de gestion performant des déchets municipaux. Elle a remporté le titre de « European green capital » en 2016. Selon une étude récente réalisée par la Commission Européenne, elle surpasse de loin les autres capitales européennes dans un classement construit sur base de 13 indicateurs en matière de réduction, de réutilisation et de recyclage des déchets municipaux (European Commission 2, 2015). Les résultats du classement sont présentés en annexe 4.

En seulement 10 ans, Ljubljana a réussi à augmenter son taux de recyclage de 806% (passant de 16 à 145 kg/habitant) pour atteindre la part des 61% sur la totalité des déchets municipaux. Compte tenu de cette nette progression, elle a pu restreindre la quantité de déchets mis en décharge de 59%. En outre, alors que sa production de déchets municipaux était déjà parmi les plus faibles d'Europe (voir graphique 19), elle est parvenue à la diminuer de 15% pour atteindre 283 kg/habitant (par rapport à une moyenne européenne de 475 kg/habitant).

Comment Ljubljana a-t-elle réussi à s'imposer en moins de 10 ans comme la ville la plus performante dans l'utilisation de ses ressources (autant d'un point de vue sobriété que de recyclage) ? Quels sont ses facteurs de succès ?

4.2.1 Organisation de la collecte

Comme pour le cas de Bruxelles, Ljubljana pratique la collecte séparée au moyen de trois méthodes : le porte-à-porte, les points de collecte et les parcs à containers.

Concernant la collecte porte-à-porte, les déchets récoltés séparément sont les emballages (plastique et métal), les papier-carton, les déchets organiques, les déchets résiduels et le verre. Il est également possible pour les citoyens de demander la collecte de déchets encombrants à leur porte une fois par an.

Les 2628 points de collecte peuvent accueillir les déchets papier-carton, le verre et les emballages. La ville a remplacé peu à peu les containers de 51 points de collecte dans le centre-ville par des containers souterrains. De plus, il existe des points de collecte mobiles qui récoltent les déchets dangereux, les DEEE et les huiles pour les amener aux parcs à containers. Ceux-ci sont au nombre de deux et accueillent l'ensemble des flux de déchets précédemment cités ainsi que les encombrants et les textiles (European Commission 4, 2015).

En ce qui concerne le traitement des déchets résiduels, un projet de construction d'un incinérateur avec récupération d'énergie était en cours mais il fut annulé devant l'opposition des citoyens. Il fallait tout de même trouver une solution alternative à la mise en décharge des déchets résiduels. En 2015, la ville investit dans un gigantesque projet : la remise à niveau du « Regional Centre for Waste Management Ljubljana » pour construire un centre de traitement mécano-biologique. Ainsi, les déchets organiques seront isolés du flux de déchets résiduels pour produire du compost et un traitement thermique sera appliqué au reste. Après l'opération, la proportion de déchets non-valorisables qui seront mis en décharge par rapport au volume entrant est estimée à 20% (Oblak, 2015).

En ce qui concerne les moyens de financement, le montant du budget annuel attribué par l'état n'est pas disponible. Pour les ménages, Ljubljana a mis en place un système de tarification incitative basé sur le principe « pay as you throw » (PAYT). Le montant de la facture mensuelle dépend du volume des contenants et de la fréquence de ramassage des déchets résiduels. Le coût a progressivement diminué et équivaut actuellement à une dépense annuelle de 94,8 € par ménage (European Commission 2, 2015).

4.2.2 Méthodologie

En 2002, l'organisation de la collecte séparée comprenait le ramassage des déchets de papier, carton, verre, emballages et déchets résiduels stockés dans des containers en bord de route. Snaga, l'entreprise publique en charge de la gestion des déchets, était à l'époque dans une situation financière délicate et décida d'optimiser le système de collecte afin de réduire son déficit (Oblak, 2015).

4.2.2.1 Implémentation de la collecte porte-à-porte

Après avoir installé la collecte porte-à-porte des déchets organiques en 2006 qui fit grimper en flèche le taux de recyclage, Snaga supprima le système des containers en bord de route en 2012 et compléta la collecte porte à porte avec les déchets de papier et les emballages afin d'améliorer les taux de collecte séparée. Le système fut extrêmement efficace : en quelques mois, le recyclage des emballages augmenta de plus du triple et les déchets résiduels diminuèrent de 29% (European Commission 2, 2015).

4.2.2.2 Optimisation de la collecte

Une fois la collecte séparée implantée correctement, Snaga réduisit la fréquence de collecte des ordures résiduelles et augmenta celle des déchets recyclables. Ainsi, si les habitants ne voulaient pas laisser trainer leurs sacs et les odeurs qui vont avec, ils avaient tout intérêt à trier à la source. Cette décision ne fit évidemment pas l'unanimité dans un premier temps. Devant les protestations des citoyens, Snaga fit une démonstration publique qui eut un impact considérable. Elle démontra concrètement devant les médias à quel point les containers de déchets résiduels étaient remplis de déchets recyclables. Convaincus, les journalistes épaulèrent Snaga dans sa demande aux citoyens de déployer leurs efforts pour trier davantage.

En conséquence, les quantités de déchets collectés séparément ont continué leur progression pour atteindre un taux de recyclage de 55% en 2013. En outre, la réduction de la fréquence de collecte des déchets résiduels permet de diminuer la taxe mensuelle payée par les ménages (Oblak, 2015).

4.2.2.3 Sensibilisation à la prévention et à la réutilisation

Une fois la collecte séparée optimisée, Snaga modifia sa stratégie de communication pour se focaliser sur la réduction de la quantité de déchets produits en promouvant la réutilisation et la consommation responsable.

Le premier centre de réutilisation composé d'un espace de réparation, d'apprentissage de stockage et d'un magasin de seconde main ouvrit ses portes en 2013. Il eut l'effet escompté car selon un sondage récent, 70% des citoyens slovènes s'assurent que leurs produits seront réutilisés lorsqu'ils n'en ont plus d'utilité. Des visites y sont organisées pour les groupes scolaires afin de sensibiliser les enfants et adolescents à la cause de la prévention et de la réutilisation des déchets.

Un des points cruciaux de la nouvelle stratégie de communication de Snaga était la dénonciation du gaspillage alimentaire. En suivant la même logique que pour dénoncer l'absence de tri, Snaga organisa des démonstrations dans les lieux publics de la quantité d'aliments gaspillés annuellement par habitant en prenant soin de convoquer les médias, ONG et entreprises alimentaires. La campagne, massivement relayée par les journaux, la télévision et la radio, eut une portée immense et fut même sélectionnée pour le prix de la meilleure action de la Semaine Européenne de la Réduction des Déchets (Oblak, 2015).

4.2.3 Facteurs de succès

Quels sont les éléments essentiels à retenir de cette « success story » ?

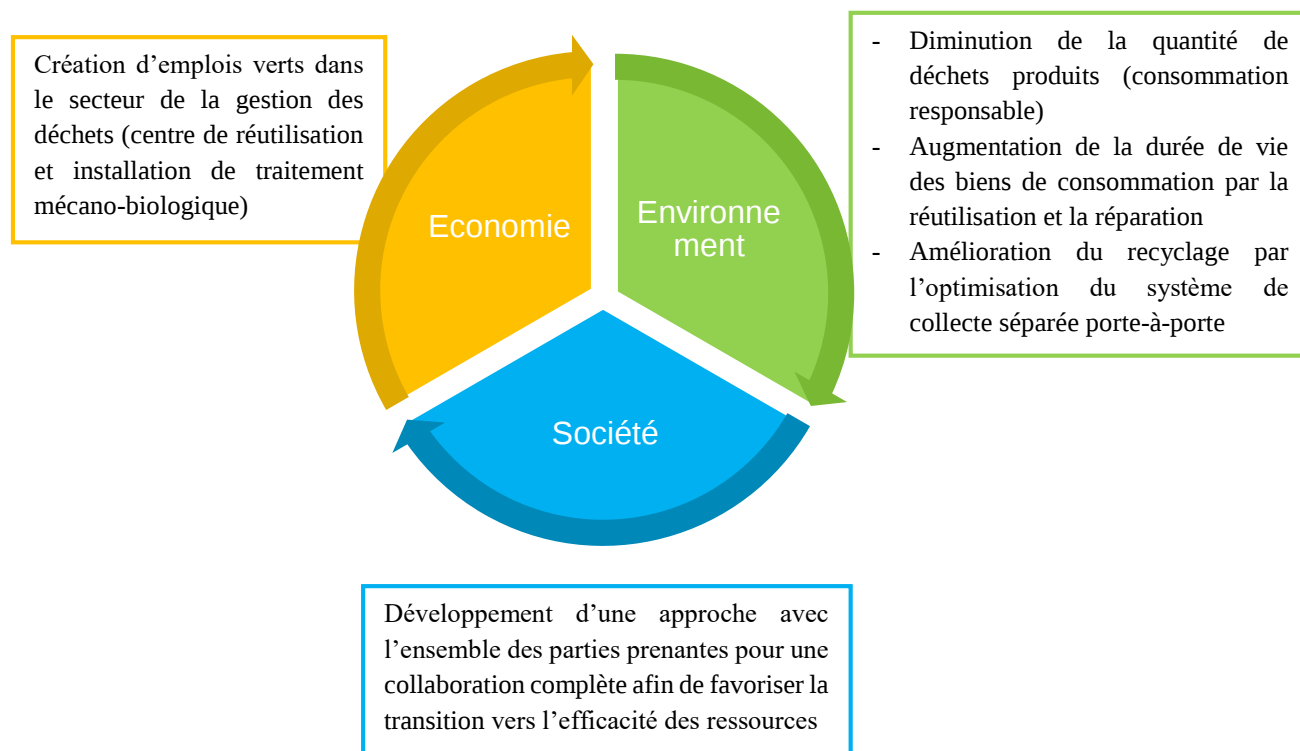
Premièrement, la mise en place d'une infrastructure de points de collecte de qualité (abondance et facilité d'accès pour les citoyens) et moderne (points de collecte souterrains et mobiles) a permis d'optimiser les taux de collecte sélective. Cependant, ce fut l'introduction de la collecte séparée porte-à-porte des déchets organiques qui fut la contribution majeure à l'augmentation des taux de recyclage.

Ensuite, la stratégie de communication très poussée de Snaga a permis d'accélérer la prise de conscience et les changements de comportement des citoyens. D'une part, elle a réussi à

atteindre la population à l'aide de campagnes de sensibilisation « frappantes », en utilisant des exemples concrets en coopération avec l'ensemble des parties prenantes (médias, ONG, etc.) dans le but d'étendre au maximum la portée du message. D'autre part, Snaga accompagne les citoyens en étant très active sur les réseaux sociaux. Elle gère également plusieurs sites visant à informer sur l'organisation de la collecte et les changements, la consommation responsable, la prévention et la réutilisation des déchets, etc. La qualité du service engendre la satisfaction des habitants et motive davantage leur implication dans la gestion durable des déchets.

Enfin, le choix du mode de financement pour les ménages fut pertinent car le système PAYT s'est révélé terriblement efficace. Avec les sources de revenu, la collecte du papier, des emballages et du verre est devenue gratuite. De cette manière, les ménages sont encouragés à maximiser les quantités de déchets qu'ils trient et une réduction de la fréquence de collecte des déchets résiduels est accueillie positivement (contrairement au cas de Bruxelles) car elle allège leur facture.

En conclusion, Ljubljana a réussi à entamer sa transition vers une société économe en ressources en accomplissant les piliers du développement durable de la manière suivante :



4.3 Comparaison

Le tableau 21 permet d’avoir un aperçu de la performance du système de collecte séparée mis en place dans les deux capitales. Nous pouvons noter que proportionnellement, Ljubljana est pourvue de 17 fois plus de points de collecte que Bruxelles. Le système est bien pensé, car en plus du verre, ceux-ci accueillent également les déchets de papier-carton et les emballages. Dès lors, si un citoyen n’a pas sorti ses poubelles à temps, il pourra toujours trouver un point de collecte à proximité de son domicile pour les déposer.

	Bruxelles	Ljubljana
Nombre d’habitants	1.194.338	309.261
Superficie (km ²)	161	275
Densité de la population (hab/km ²)	7418	1125
Production de déchets municipaux (kg/hab)	407	320
% de déchets résiduels sur la totalité des déchets municipaux	73%	39%
% de recyclage (ensemble des collectes séparées)	27%	61%
% de collecte séparée porte à porte	15,8%	47,2%
Nombre de points de collecte (par 100 000 habitants)	48,5	850
Nombre de parcs à containers (par 100 000 habitants)	0,75 ¹	0,65
% de capture du verre ²	83,7%	87,5%
% de capture du papier	86%	84,2%
% de capture du PMC	33,3%	51,7%
% de capture des déchets organiques	9,12% ³	72,5%
Coûts annuels (incluant la collecte et le traitement)	199,53 millions (169 €/hab)	9,89 millions (32 €/hab)
Coût annuel par ménage	0 (taxe fixe de 98 € supprimée depuis 2016)	94,8 €

Figure 21 : Tableau comparatif entre Bruxelles et Ljubljana (European Commission 3, 2015 ; European Commission 4, 2015)

Atteignant à peine les 27%, le taux de recyclage de Bruxelles est inférieur à la moitié de celui de Ljubljana. La capitale belge fait pâle figure par rapport à ses régions voisines, dont les taux dépassent les 70%, et est encore loin d’atteindre l’objectif européen de 50% de recyclage d’ici 2020 (comble pour la capitale de l’Union Européenne...).

¹ Si l’ensemble de la population peut utiliser les 7 parcs à containers communaux.

² Le taux de capture est le rapport entre la quantité de matières mise sur le marché et celle collectée séparément.

³ Le taux est très faible car la collecte des déchets organiques n’est pas encore généralisée à l’ensemble des communes.

En outre, les différences des coûts annuels de collecte et de traitement des déchets municipaux confirment l'argument de l'économie circulaire selon lequel une gestion orientée vers l'efficacité de l'utilisation des ressources amène à des économies. Snaga le savait pertinemment car son déficit a été le déclencheur du remaniement du système. Nous pouvons remarquer que Bruxelles dépense cinq fois plus (en termes de coût/habitant) pour obtenir un résultat deux fois moindre (taux de recyclage). Cependant, ce montant est à modérer avec l'effet local des prix : le coût de la vie à Bruxelles est nettement supérieur à celui de Ljubljana. Rappelons que la densité de la population devrait être un avantage et non un inconvénient pour la rentabilité du système de collecte, en termes d'économies d'échelle.

Les graphiques 22 et 23 illustrent l'évolution de la collecte séparée pour les deux villes. Le contraste de vitesse de développement est flagrant. Pourtant, en 2004, la situation bruxelloise était plus avancée que celle de Ljubljana, mais n'a guère progressé de manière significative sur les 10 années suivantes. Nous pouvons noter un léger pic du taux de recyclage en 2010, année de la promulgation du tri obligatoire, qui ne s'est malheureusement pas maintenu.

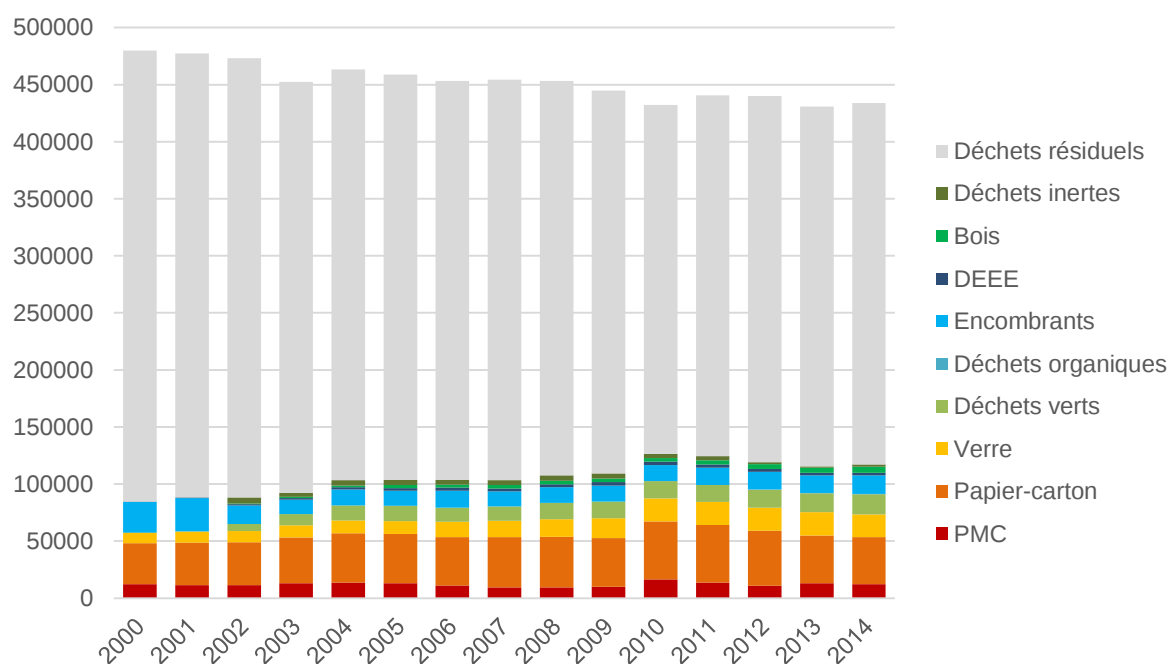


Figure 22 : Evolution annuelle de la composition de la collecte des déchets municipaux (en tonnes) à Bruxelles (Jumeau, 2014, p.15)

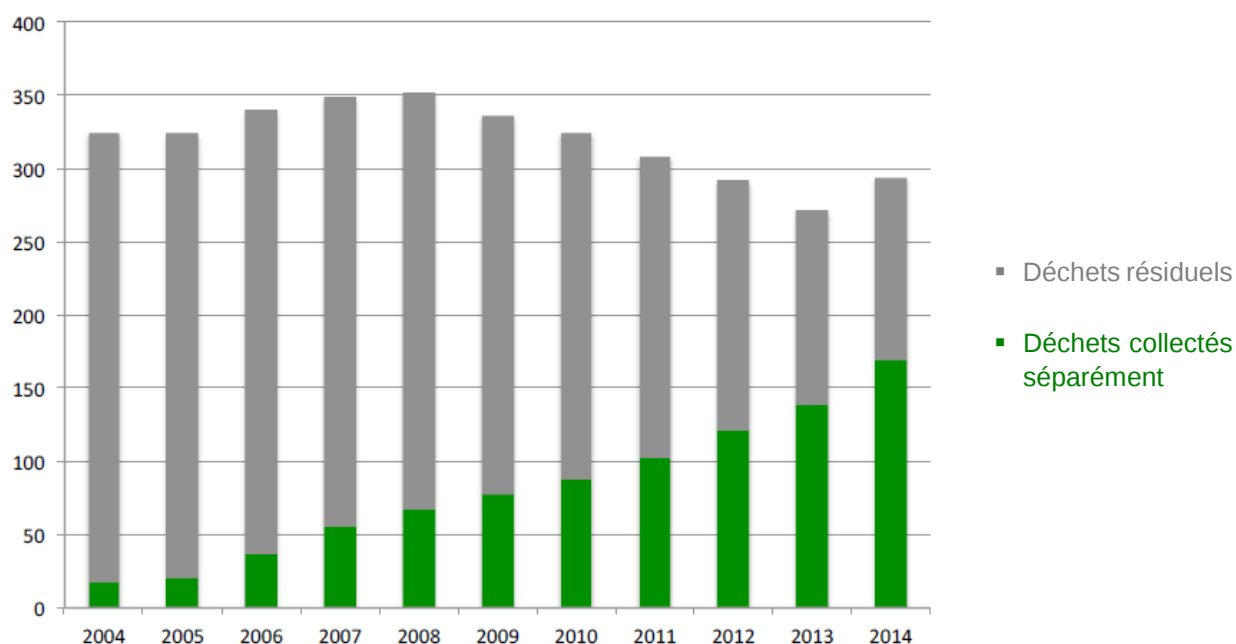


Figure 23 : Evolution annuelle de la collecte séparée et résiduelle (en kg/habitant) des déchets municipaux à Ljubljana (Oblak, 2015, p.5)

De 2004 à 2014, Ljubljana a augmenté son taux de recyclage de 806%, réduit la quantité de déchets résiduels de 59% et diminué la production de déchets municipaux de 15%. Bruxelles, quant à elle, a augmenté son taux de recyclage de 27%, réduit la quantité de déchets résiduels de 12% et diminué la production de déchets municipaux de seulement 6%. En outre, cette dernière évolution est à modérer. Étant donné que les déchets municipaux bruxellois englobent une partie des déchets assimilés, il n'est pas à exclure que la croissance du secteur de la gestion des déchets ait entraîné une plus forte concurrence et dès lors une diminution du nombre de contrats commerciaux de l'ABP.

4.4 Pistes de réflexion

Il va sans dire que Bruxelles a encore de vigoureux efforts à fournir dans sa politique de recyclage. Si elle n'engage pas des nouvelles mesures incitatives maintenant, elle ne réussira jamais faire décoller son taux et espérer atteindre les 50% en 2020 (défi qui semble inatteignable en 4 ans, le cas de Ljubljana nous prouve le contraire).

A sa décharge, Bruxelles possède certaines caractéristiques socio-économiques qui ne facilitent pas la mise en place d'un système de gestion des déchets efficace. Son territoire étant limité et largement urbanisé, la rareté des terrains disponibles rend ceux-ci extrêmement coûteux et restreint les possibilités d'installations telles que des infrastructures de traitement de déchets ou des parcs à containers. En conséquence, Bruxelles ne peut prétendre à l'autosuffisance et envoie

une partie de ses déchets valorisables vers les régions wallonne et flamande. Sa forte densité de la population (la majorité des ménages vit dans des appartements) exige l'aménagement d'espaces de stockage suffisamment grands et/ou des fréquences élevées de collecte, mais représente une opportunité pour la rentabilité du système s'il est intelligemment implémenté (Hannequart & Schamp, 2010). De plus, le taux d'accroissement de la population explose la moyenne belge (de 2008 à 2016, la population bruxelloise a progressé de 12,6% contre une moyenne nationale de 5,3%) et souligne l'importance de l'efficacité du système de collecte.

En conclusion, Bruxelles étant une économie largement importatrice de matières premières (par manque de ressources naturelles) et exportatrice de déchets (par manque d'infrastructures pour les traiter), il est particulièrement dans son intérêt de maintenir ses ressources en son sein et dès lors de se focaliser sur les premiers éléments de la hiérarchie des déchets : la prévention, le réemploi, la réutilisation et le recyclage.

4.4.1 Prévention

Bien que la production de déchets municipaux de Bruxelles soit 14% inférieure à la moyenne européenne (407 kg/habitant par rapport à 475), le fait qu'elle stagne depuis 2003 laisse entrevoir l'inefficacité des actions engagées en termes de prévention.

Comment solliciter l'intérêt des citoyens et les engager dans la consommation responsable ? L'exemple de Ljubljana suggère l'**organisation d'événements médiatisés** de grande envergure en prenant soin d'inclure l'ensemble des acteurs de la société. C'est en effet la meilleure manière de provoquer l'impact le plus considérable possible. Illustrer les aspects qui appellent à des changements de comportement à l'aide de preuves concrètes (par exemple, vider un sac de déchets résiduels pour prouver l'étendue de la présence de déchets valorisables) permet de « choquer » la population et d'accélérer le processus d'action.

Il est également opportun d'intégrer une **éducation environnementale** dans les programmes scolaires. Sensibiliser les nouvelles générations dès leur plus jeune âge permet à ce que les comportements écoresponsables deviennent un automatisme et non plus une pénitence. Par exemple, en France, il existe un programme d'éducation à l'environnement et au développement durable généralisé à l'ensemble de l'enseignement depuis 2007, de la maternelle au baccalauréat. Bruxelles devrait prendre exemple sur son voisin et aller plus loin dans sa politique éducationnelle que l'organisation de quelques animations dans les écoles.

En outre, comme l'ABP prend également en charge une partie des déchets assimilés, un défi important est de sensibiliser un secteur qui occupe une place prédominante dans le paysage

bruxellois : **les bureaux**. En effet, les activités administratives (telles que les administrations publiques, l'immobilier, les services aux entreprises, les activités financières, etc.) représentaient 54% des emplois à Bruxelles en 2010 (Hannequart & Schamp, 2010).

Comme l'illustre le graphique 24, la **diminution de la consommation de papier et de carton** est un aspect primordial à Bruxelles car ils représentent 35% des déchets collectés séparément. Et pour cause, chaque année, entre 25 et 40 kilos de publicité et de presse gratuite atterrissent dans une boîte aux lettres bruxelloise. Compte tenu des 545.000 ménages de la région, cela engendre entre 14.000 et 22.000 tonnes de déchets à traiter annuellement par l'ABP, et souvent inutilement vu que la plupart des prospectus ne sont pas lus. Une des mesures instaurées par Bruxelles Environnement a été la mise à disposition gratuite d'un autocollant « anti-pub » à coller sur la boîte aux lettres depuis 1999. Bien que cette action semble pertinente, l'usage de l'autocollant se répand très faiblement et atteint un taux de participation de seulement 22% en 2011. Or, on se doute que la part de la population qui se passerait de publicité gratuite est largement supérieure. Il faudrait trouver un canal d'information plus répandu afin d'informer un maximum de citoyens de l'usage de l'autocollant. Par exemple, pourquoi ne pas distribuer annuellement celui-ci dans les boîtes aux lettres avec un mot explicatif ? Une autre alternative, plus efficace, serait d'appliquer la logique inverse : la distribution de publicité et de presse gratuite serait autorisée seulement si un autocollant est affiché à cet effet.

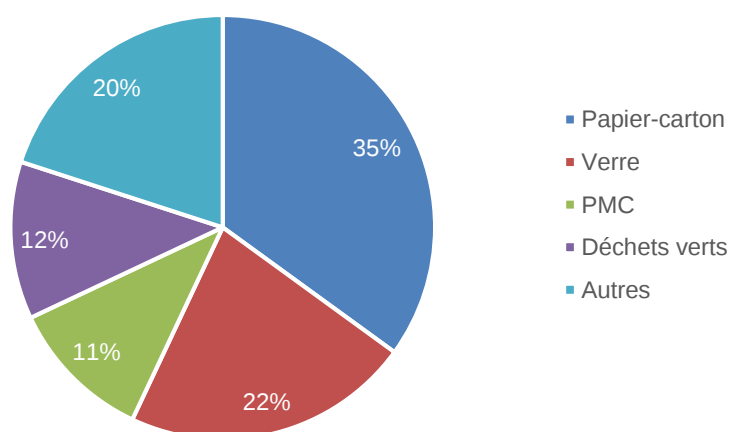


Figure 24 : Répartition de la composition de la collecte séparée à Bruxelles
(European Commission 3, 2015, p.1)

4.4.2 Réemploi et réparation

Afin de limiter les exportations de déchets et de maintenir les ressources dans le cycle économique bruxellois, il est essentiel de stimuler le secteur du réemploi. Celui-ci détient un potentiel de développement important (le taux de réemploi est actuellement assez faible à Bruxelles) et est d'ailleurs en pleine expansion.

Les subsides attribués au secteur de l'économie sociale devraient être majoritairement investis dans le marché de la seconde main avec la création de repair cafés, d'ateliers de récupération, de donneries, de ressourceries, etc., dans le but d'allonger la durée de vie des biens ou de leur trouver un autre usage.

En parallèle, il est nécessaire d'informer les citoyens de l'émergence de ce marché. A ce jour, il n'existe pas de **plateforme rassemblant l'ensemble des filières possibles** (collecte, réemploi, réparation, réutilisation) et leurs opérateurs (ABP, repair cafés, activités citoyennes, entreprises privées) pour valoriser les différents types de déchets ou de biens usagés. La création d'une page internet reprenant toutes ces informations améliorerait leur visibilité et permettrait d'optimiser le taux de réemploi bruxellois.

4.4.3 Recyclage et collecte sélective

Le système de collecte porte-à-porte bruxellois semble correctement mis en place. Avec l'introduction de la nouvelle réforme, il présente plusieurs améliorations : l'augmentation de la fréquence de ramassage des déchets recyclables et l'introduction de la collecte des déchets organiques. Le fonctionnement de la collecte alternée de l'ancien système, bien qu'il soit implémenté depuis de nombreuses années, était toujours source de méprises et bon nombre de sacs restaient à l'abandon sur le trottoir.

La séparation à la source et la collecte sélective sont des prérequis pour un recyclage de qualité. Parmi l'ensemble des systèmes de collectes séparées (parcs à containers, points de collecte et porte-à-porte), le fonctionnement porte-à-porte engendre les taux de recyclage les plus performants (avec une certaine logique, les gens sont plus enclins à trier quand ils ne doivent pas se déplacer). Bien que ce soit l'option la plus coûteuse, elle permet de minimiser les résidus de tri (et les coûts de transport et de traitement qui vont avec) et dès lors de générer les matières secondaires les plus pures. Ce dernier aspect est particulièrement important compte tenu de la tendance actuelle imposée par l'Europe pour le marché des matières premières secondaires, qui

exige une maximisation de la qualité afin de rendre le secteur compétitif face à celui des matières premières vierges.

Subdiviser la collecte mélangée des PMC en une collecte des déchets de plastique et une collecte de déchets métalliques serait donc une bonne initiative. La collecte strictement séparée permettrait d'améliorer le taux de capture des matières recyclables (comme le mentionne le tableau 21, le taux de capture des PMC était de seulement 33% en 2015 à Bruxelles), et dès lors d'optimiser la performance du recyclage. En effet, la collecte mélangée des PMC engendre des incertitudes sur les types de déchets acceptés et présente donc des pourcentages élevés de non-conformité (43,7% en 2012), qui causent des pertes de temps et d'argent. De plus, comment Bruxelles compte-t-elle satisfaire à l'objectif européen de recycler 75% des déchets d'emballage plastique d'ici 2030 si elle conserve une collecte mélangée ?

En outre, l'instauration de la **collecte des déchets organiques** est un aspect extrêmement positif. Premièrement, introduire la collecte séparée d'une nouvelle matière augmente le taux de capture des autres matières (car les gens sont davantage sensibilisés au tri). Ensuite, si on se réfère au cas de Ljubljana, les déchets organiques provoquent une progression plus importante du taux de recyclage que tout autre type de déchet. Enfin, le fait d'isoler les flux organiques de l'incinération limite la dégradation environnementale engendrée par celle-ci, par minimisation du rejet d'émissions de méthane. Cet aspect est d'autant plus important que les déchets organiques représentaient, en 2013, 53% des déchets résiduels envoyés à l'incinérateur à Bruxelles (European Commission 3, 2015).

Néanmoins, un problème de traitement se pose avec la généralisation de la collecte des déchets organiques, vu que la capacité du centre de biométhanisation d'Ypres sera largement dépassée. Ce problème se devait d'être résolu car transporter les déchets organiques par camions à une distance de 130 km n'est pas le choix le plus écologique en termes de minimisation des émissions de CO₂. De plus, Bruxelles perd l'occasion de disposer d'une production autonome d'énergie verte. Il est donc nécessaire de persister dans le projet de **construction d'une installation de biométhanisation locale**. Avec l'état actuel des technologies, n'est-t-il pas possible de filtrer les odeurs dégagées par la décomposition des matières organiques, afin de préserver le bien-être de la population environnante ?

En ce qui concerne le projet (échoué mais toujours en cours) d'installation de deux parcs à containers régionaux supplémentaires depuis des années, l'ABP pourrait replacer ses priorités. Il n'est pas nécessaire de construire davantage de parcs à containers, il suffit simplement de faire en sorte que tout le monde y ait accès. Comme l'ABP s'est récemment vue attribuer la

responsabilité des sept parcs à containers, pourquoi ne rend-elle pas l'accès public ? De cette manière, il y aurait 0,75 déchetteries pour 100.000 habitants, ce qui semble suffisant (en tout cas, supérieur à l'infrastructure de Ljubljana).

Si l'infrastructure et l'organisation de la collecte sélective bruxelloise est correctement mise en place, pourquoi les taux de recyclage sont aussi bas ? Une seule réponse possible : les gens ne trient pas. La **tarification incitative**, basée sur le principe « pay as you throw », c'est-à-dire faire payer les ménages en fonction de la quantité de déchets résiduels qu'ils génèrent, est une mesure extrêmement efficace pour remédier à ce problème. Le but est double : encourager la réduction des déchets et l'augmentation des déchets collectés séparément par le tri. Pour qu'il soit efficace, le système doit être simple, traçable et flexible. Sa mise en œuvre peut se faire de différentes façons : une tarification au volume, à la fréquence de collecte ou au poids (cette dernière étant la plus précise). On pourrait penser que la tarification incitative engendre une augmentation du nombre de dépôts sauvages ou un mauvais tri, or il n'en est rien. Sans vraiment d'explication, les villes en ayant fait l'expérience ne rapportent pas plus d'incivilités qu'ailleurs. Mieux encore, on constate une baisse de la production de déchets dans les villes voisines qui ne sont pourtant pas soumises au système, par effet de mimétisme (Jobert, 2016).

Pourquoi le gouvernement n'a-t-il pas encore implémenté cette mesure si elle est si efficace ? Le choix fait politiquement peur de par ses répercussions sociales et sa faisabilité technique. Pourtant, le système fonctionne très bien en région Wallonne, qui opte progressivement pour une tarification au poids à l'aide de poubelles à puces électroniques depuis 2011, en remplacement du sac payant (120 communes ont adopté le système). Lorsque le poids des conteneurs à déchets résiduels dépasse le montant forfaitaire (qui dépend de la composition du ménage), le tarif est de 0,18€/kg à payer à la fin de l'année (Van Peel, 2015). Les résultats sont flagrants : dans la province de Namur, les communes avec le régime du sac payant produisent annuellement 140 kg/habitant, tandis que les régimes à puce produisent 98 kg/habitant, soit 30% de moins en quelques années (Anonyme 2, 2016). Bien que ces solutions technologiques présentent un investissement initial important, l'amortissement sur le long terme s'avère rentable car elles augmentent considérablement le volume du recyclage et diminuent les frais d'incinération, qui deviennent de plus en plus importants avec les taxes.

En conclusion, il faut faire en sorte que les ménages se sentent impliqués dans leur gestion des déchets, et une manière de le faire est de leur permettre de contrôler le montant de leur facture. Un service de collecte des déchets gratuit, une taxation forfaitaire ou le fait que la facture

concerne d'autres services (pompiers, eau, électricité, etc.) n'encouragent nullement le public à s'engager dans le tri à la source. La gestion des déchets n'est pas un service public comme les autres, c'est une activité (qui est d'ailleurs considérée comme un devoir depuis 2010) dans laquelle les citoyens doivent être impliqués.

Recourir à l'**intervention du privé** dans la gestion des déchets peut être tentant afin d'alléger les coûts et la charge managériale. Cependant, il y a généralement un manque de transparence et de visibilité de l'information. Or, ces aspects sont essentiels pour la récolte des données des flux de déchets, le contrôle de leur évolution et dès lors de déterminer si les mesures engagées ont l'effet escompté. De plus, avec le secteur privé, les bénéfices de l'activités ne seront pas réinsérés à bon escient dans le système pour le bien de la collectivité mais préservés au sein de l'entreprise dans un souci de rentabilité. Par exemple, avec le cas de Ljubljana, une réduction de la fréquence de la collecte des déchets résiduels n'aurait pas engendré une réduction de la charge mensuelle pour les ménages. De plus, le fait que le service de collecte des déchets reste entre les mains d'un seul organisme facilite le développement d'une stratégie de communication uniformisée et cohérente.

4.4.4 Incinération

Bien que l'incinération soit une pratique déconseillée, il faut bien trouver une manière de traiter les déchets résiduels, et en extraire de l'énergie est déjà préférable à l'enfouissement. L'objectif ici est donc de minimiser un maximum le volume entrant à l'incinérateur. Bruxelles Energie semble performant (il est réputé meilleur de Belgique), mais, comme souligné dans la section 3.3.3.2.1, la génération d'électricité engendre d'importantes déperditions énergétiques (entre 60 et 70%), l'alimentation d'un réseau de chaleur serait donc préférable dans une optique de rendement énergétique. De plus, on remarque une fois de plus que le territoire bruxellois ne profite pas de la valorisation de ses propres résidus d'incinération qui sont envoyés aux quatre coins de l'Europe (sauf pour les ferrailles). Sans compter les quantités d'émissions de CO₂ émises par le transport de ceux-ci.

En outre, la forme du contrat de gestion entre l'ABP et l'incinérateur mérite réflexion. L'ABP a négocié un partenariat public-privé avec Bruxelles Energie jusqu'en 2019 dans lequel elle paie un coût fixe pour incinérer jusqu'à 500.000 tonnes de déchets annuellement, ce qui correspond en fait à la capacité de l'incinérateur (De Beer, 2012). Quelle que soit la quantité incinérée, l'ABP paiera toujours le même prix. Il est illogique que l'organisme en charge de la

collecte sélective des déchets n'aie aucune incitation à réduire la quantité de déchets résiduels destinés à l'incinération. Lorsqu'il arrivera à terme, la relation contractuelle devrait être revue pour être établie au moins sur une base proportionnelle.

Afin de limiter un maximum la quantité de déchets résiduels, la solution idéale serait, comme Ljubljana, de construire un **centre de tri mécano-biologique** pour isoler la part restante des matières recyclables (et surtout les matières organiques). Cependant, compte tenu de la lutte actuelle pour la construction de nouveaux projets (parcs à containers, centre de biométhanisation) et la rareté des terrains disponibles, l'initiative risque de croiser de nombreuses embuches.

La taxe à l'incinération instituée depuis 2014 est évidemment une excellente initiative. On remarque que Bruxelles a développé des instruments économiques relativement tard (obligation de tri en 2010, taxe à l'incinération en 2014) par rapport à ses congénères européens. Or, comme mentionné précédemment, il est prouvé que les pays européens qui utilisent une **large gamme de mesures et d'instruments économiques** (comme l'Allemagne par exemple) atteignent des taux de recyclage importants (Gentil, 2013). Bruxelles devrait donc continuer dans ce sens.

4.5 Limites de l'étude et perspectives

L'analyse et la comparaison de la gestion des déchets municipaux entre pays membres est affaiblie par la non-homogénéité de leur définition. Les états membres n'incorporent pas les mêmes flux de données dans leurs statistiques : certains y incluent les déchets encombrants et les déchets verts, d'autres les déchets assimilés, etc. Il y a également des différences d'encodage sur l'allocation des outputs d'opérations de prétraitement comme le tri ou le traitement mécano-biologique, sur les imports et les exports, etc. Il est difficile de déterminer dans quelle mesure ces divergences font varier les facteurs étudiés (European Commission 2, 2015). Dans le cas de ce travail, je rappelle que les données de Bruxelles intègrent une partie des déchets assimilés (à hauteur de 30% environ), tandis que Ljubljana impute seulement les données des déchets des ménages. Cependant, cette différence impacte seulement la quantité de déchets municipaux dans la comparaison.

Si l'Europe établissait une définition officielle des déchets municipaux (en y joignant une liste exhaustive des flux et types de déchets qui en font partie par exemple), il serait possible d'exercer une telle analyse sur une vraie base comparative, notamment en termes de calcul des taux de recyclage. Cela permettrait également à l'Europe de contrôler plus facilement si les objectifs sont respectés.

Concernant Bruxelles, la création d'un *Observatoire des ressources et déchets* est en cours afin d'améliorer l'obtention des données des déchets par filières et par flux. Une étude ultérieure basée sur cette source de données serait extrêmement prometteuse pour analyser et optimiser la gestion générale des déchets (municipaux et industriels) à Bruxelles.

CONCLUSION

Les bénéfices de l'économie circulaire ne sont plus à démontrer : création d'emploi, diminution de la dépendance aux ressources rares, sécurité d'approvisionnement, efficacité énergétique, gain de coût considérable, prospérité économique, réduction de la pollution, préservation des écosystèmes, etc. L'économie européenne, qui, par sa forte dépendance aux importations, est une des premières victimes des dérives du système linéaire, a tout intérêt à concentrer ses moyens pour entamer la marche vers la transition circulaire.

Il existe des tendances actuelles indéniables qui encouragent cette transition. L'urbanisation favorise les opportunités d'utilisation efficace des ressources, la technologie se développe à un rythme toujours plus soutenu et certaines entreprises se sont déjà lancées dans l'aventure en adaptant leur « core business » aux diverses applications de l'économie circulaire.

Cependant, beaucoup d'embûches se dressent encore sur le passage. Les effets pervers engendrés par les dysfonctionnements du système européen actuel représentent une part non-négligeable. La transition circulaire ne se produira pas efficacement sans l'appui des pouvoirs publics, une réforme du système financier et fiscal, une adaptation de la mesure de la performance économique et une régulation intelligente des marchés. Les gouvernements des pays européens doivent concentrer leurs efforts sur l'implémentation d'une politique environnementale cohérente, stable et durable. Ils doivent orienter les investissements en recherche et développement vers la création de solutions technologiques en faveur de l'utilisation efficace des ressources et prendre en charge une partie du risque associé avec le développement de business models innovants.

Les mesures engagées par la Commission Européenne dans le nouveau « paquet économie circulaire » sont encourageantes car elles couvrent l'ensemble du cycle de vie, depuis la conception jusqu'à la gestion des déchets et la création d'un marché de matières premières secondaires fonctionnel. Ces mesures doivent être renforcées, afin que l'ensemble des acteurs de la société soient conscients de la nécessité d'abandon du modèle linéaire. L'économie circulaire n'est pas une simple évolution du système industriel, c'est une remise en question profonde qui touche l'ensemble de l'économie et du fonctionnement de notre société. Producteurs, consommateurs, gestionnaires, politiques et toutes les parties prenantes ont un rôle à jouer à leur niveau, par la création de nouvelles chaînes de valeurs, de nouveaux modèles d'entreprises, de nouveaux styles de vie, de nouveaux modes de consommation, de réformes institutionnelles, etc.

Les autorités locales et régionales sont des acteurs clé dans l'adoption de l'économie circulaire. Elles doivent agir comme relais du cadre installé par l'Europe et implémenter un éventail d'instruments légaux et économiques qui encouragent l'usage efficace des ressources tout en préservant le bien-être de ses citoyens.

En ce qui concerne la gestion des déchets, vecteur d'expansion de l'économie circulaire, l'Europe a fait des progrès considérables pour s'approcher d'une société autonome en ressources et bas carbone. Les taux de recyclage ont augmenté, la quantité de déchets mis en décharge a diminué et les procédés d'incinération évoluent vers une optimisation du rendement énergétique tout en diminuant les dégâts environnementaux par tonne de déchets traités. La production de substances dangereuses, notamment les déchets électriques et électroniques, s'est restreinte. Un nombre croissant de sites d'enfouissements et d'incinération ferment ou sont remis à niveau afin de satisfaire aux conditions européennes, diminuant l'impact néfaste sur le bien-être des communautés environnantes.

Néanmoins, ce n'est que le début du changement. La quantité totale de déchets augmente toujours, bien qu'à un niveau moindre que la croissance économique. Il existe encore une capacité d'exploitation importante des matières contenues dans les déchets. L'Europe doit renforcer progressivement les mesures contraignantes et imposer des objectifs clairs pour chaque niveau de la hiérarchie. En effet, la prévention, niveau prioritaire, n'a pas été adressée avec un objectif mesurable de réduction des déchets. Elle devrait également fixer des taux de recyclage spécifiques pour les différents flux de déchets, en plus du plastique (papier, métal, matières organiques, etc.). De cette manière, cela forcera les villes qui ne l'ont pas encore fait à installer une infrastructure de collecte sélective. A ce propos, les déchets organiques nécessitent une attention particulière. En effet, ils offrent un potentiel considérable comme source d'énergie renouvelable ou comme fertilisant naturel pour les sols. En outre, il est essentiel d'interdire au plus vite la mise en décharge de ces déchets, car comme souligné dans la section 3.4, ils sont responsables de 30% des émissions européennes totales de méthane (en 2010, 40% des déchets organiques étaient mis en décharge en Europe).

Il y a également un besoin de standardisation des méthodes et des définitions des déchets en Europe. Les pays européens ont actuellement à disposition quatre méthodes différentes pour calculer leurs taux de recyclage. La proposition de la part de la Commission Européenne dans le nouveau « paquet économie circulaire » d'harmoniser et de n'en sélectionner qu'une est donc

une bonne initiative. La même logique devrait être appliquée pour la définition des déchets municipaux.

Finalement, l'Europe devrait continuer de se focaliser sur l'amélioration des processus de recyclage et de la qualité des matières secondaires, car il est particulièrement dans son intérêt qu'elle soit capable de répondre elle-même à ses besoins en approvisionnement.

En ce qui concerne la situation de la gestion des déchets à Bruxelles, on constate plusieurs obstacles pour la mise en place des principes de l'économie circulaire. En effet, contrairement à Ljubljana, Bruxelles est défavorisée par un manque d'espace manifeste et un coût foncier important. Elle a donc plus de difficultés à instaurer une infrastructure de gestion des déchets autonome, à l'exception de la majorité des déchets municipaux.

Par rapport à Ljubljana, Bruxelles obtient des maigres résultats, non seulement dans la réduction des déchets municipaux, mais également dans le tri et le taux de recyclage. Pour diminuer la quantité de déchets et encourager au tri, elle devrait organiser des événements médiatiques de grande envergure ainsi que des programmes scolaires d'éducation environnementale pour responsabiliser et éduquer la population.

Pour augmenter son taux de recyclage, Bruxelles devrait optimiser son infrastructure de collecte séparée (en subdivisant notamment la collecte des PMC) et installer un système de tarification incitative afin d'inciter les citoyens à trier davantage. Ce système de tarification devrait d'ailleurs être impérativement appliqué aux institutions en charge de la gestion des déchets, au contraire du contrat actuel entre l'ABP et l'incinérateur.

Enfin, il est urgent que Bruxelles investisse dans un centre de biométhanisation local pour traiter ses déchets organiques et pouvoir jouir de la production autonome d'énergie verte.

Pour terminer, nous pouvons constater que l'économie circulaire a dépassé le stade du concept. Les mesures déjà engagées doivent être étendues dans ce sens pour la développer à grande échelle. L'Europe doit impérativement instaurer un cadre favorable à la transition circulaire pour atteindre une économie efficace en ressources, respectueuse de l'environnement et du bien-être de ses citoyens. Pour cela, une planification d'objectifs à court, moyen et long terme pour chaque secteur d'activités est indispensable.

Affaire à suivre !

BIBLIOGRAPHIE

- Accenture. (2014). *Circular advantage: innovative business models and technologies to create value in a world without limits to grow*. En ligne https://www.accenture.com/t20150523T053139_w_be-en_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_6/Accenture-Circular-Advantage-Innovative-Business-Models-Technologies-Value-Growth.pdf#zoom=50, consulté le 23 mai 2016
- Andrieu, M, Ghewy, X., Mathery, C., & Nicklaus, D. (2012). Lexique à l'usage des acteurs de la gestion des déchets. *Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement*. En ligne http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref_dechets.pdf, consulté le 17 juin 2016
- Anonyme 1. (2016). Les indicateurs clés du changement climatique ont atteint des niveaux record en 2015. *Le Monde*. En ligne http://www.lemonde.fr/climat/article/2016/08/02/les-indicateurs-cles-du-changement-climatique-ont-atteint-des-niveaux-record-en-2015_4977603_1652612.html, consulté le 3 août 2016
- Anonyme 2. (2016). Des poubelles à puces pour tous les wallons. *La Libre*. En ligne <http://www.lalibre.be/actu/belgique/des-poubelles-a-puces-pour-tous-les-wallons-56eebbdb35702a22d5903dab>, consulté le 26 juillet 2016
- Anonyme 3. (2015). Un nouveau sac organe pour les déchets organiques à Bruxelles. *RTBF*. En ligne https://www.rtbf.be/info/regions/detail_un-nouveau-sac-orange-pour-les-dechets-organiques-a-bruxelles?id=8923241, consulté le 22 juillet 2016
- Anonyme 4. (2016). Economie circulaire : mythe ou réalité ? *Euronews*. En ligne <http://fr.euronews.com/2016/01/25/economie-circulaire-mythe-ou-realite>, consulté le 4 août 2016
- Anonyme 5. (2016). Suppression de taxes, titres-services : ce qui change à Bruxelles ce 1er janvier. *Le Soir*. En ligne <http://www.lesoir.be/1079433/article/actualite/regions/bruxelles/2015-12-28/suppression-taxes-titres-services-ce-qui-change-bruxelles-ce-1er-janvier>, consulté le 6 août 2016
- Augris, M., Vinit, J., & Wiitkar, F. (2002). *Gestion des déchets : guide pour les établissements publics d'enseignement supérieur ou de recherche*. En ligne <http://www.dgdr.cnrs.fr/SST/CNPS/guides/doc/dechets/guidedechets.pdf>, consulté le 1 juillet 2016

- Beaulieu, L., Van Durme, G., Arpin, M., Revéret, J., Margni, M., & Fallaha, S. (2015). Circular Economy: a critical literature review of concepts. *International Reference Centre for the Life Cycle Products, Processes and Services*. En ligne http://www.ciraig.org/pdf/CIRAIG_Circular_Economy_Literature_Review_Oct2015.pdf, consulté le 15 mai 2016
- Bertholon, J. (2002). *Les déchets solides : de l'incinération des ordures ménagères* (Mémoire de fin de cycle). Université de Cergy-Pontoise, Cergy-Pontoise. En ligne <http://paysdefayence.free.fr/incinerateur-Fos/memoire-incineration.pdf>, consulté le 7 juillet 2016
- Bourgeais, V. (2016). Chaque habitant de l'Union Européenne a produit 475 kg de déchets municipaux en 2014. Eurostat. En ligne <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7214330/8-22032016-AP-FR.pdf/8c532b96-60ff-4970-a15d-491af6360b33>, consulté le 16 juin 2016
- Bourguignon, D. (2015). *Valorisation énergétique des déchets : opportunités et défis*. Service de recherche du Parlement européen. En ligne [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/554208/EPRS_BRI\(2015\)554208_FR.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/554208/EPRS_BRI(2015)554208_FR.pdf), consulté le 23 juin 2016
- British Petroleum. (2016). *BP Statistical Review of World Energy*. <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>, consulté le 2 août 2016
- Bruxelles Environnement 1. (2016). *Programme Régional en Economie Circulaire 2016 – 2020 : Mobiliser les ressources et minimiser les richesses perdues : pour une économie régionale innovante*. En ligne http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PROG_160308_PREC_DEF_FR, consulté le 12 juillet 2016
- Bruxelles Environnement 2. (2012). *Evaluation intermédiaire du 4^e plan déchets*. http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PlanDechets_Evaluation_Int_FR_Final.PDF, consulté le 19 juillet 2016
- Collins, M. (2015). The pros and cons of globalization. *Forbes*. En ligne <http://www.forbes.com/sites/mikecollins/2015/05/06/the-pros-and-cons-of-globalization/#6ae72ef32170>, consulté le 31 juillet 2016
- Commission Européenne 1. (2006). *Incineration des déchets - document de référence sur les meilleures techniques disponibles*. En ligne http://ied.ineris.fr/sites/default/files/files/wi_bref_0806_VF_1.pdf, consulté le 22 juin 2016

- Commission Européenne 2. (2014). *Vers une économie circulaire : programme « zéro déchet » pour l'Europe*. En ligne [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398R\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398R(01)&from=EN), consulté le 17 mai 2016
- Commission Européenne 3. (2015). *Boucler la boucle : la Commission adopte un nouveau train de mesures ambitieux sur l'économie circulaire en vue de renforcer la compétitivité, de créer des emplois et de générer une croissance durable*. En ligne http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6203_fr.htm, consulté le 17 mai 2016
- Commission Européenne 4. (2015). *Paquet « économie circulaire » : questions et réponses*. En ligne http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_fr.htm, consulté le 18 mai 2016
- Commission Européenne 5. (2011). *Une Europe efficace dans l'utilisation des ressources – initiative phare relevant de la stratégie Europe 2020*. En ligne http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/pdf/resource_efficient_europe_fr.pdf, consulté le 10 juin 2016
- Conseil national de l'industrie. (2015). *Pyrolyse et gazéification, une filière complémentaire pour la transition énergétique*. En ligne http://green-news-techno.net/fichiers/201602021004_GNT_588.pdf, consulté le 7 juillet 2016
- Damien, A. (2013). *Guide du traitement des déchets – réglementation et choix des procédés* (6^e éd.). Paris : Dunod. En ligne <http://www.unitheque.com/Upload/File/DocumentPDF/G/U/KUDD-9782100585328.pdf>, consulté le 1 juillet 2016.
- De Beer, H. (2012). *Gestion des déchets ménagers à Bruxelles et en Wallonie : état des lieux et enjeux*. Centre d'Animation et de Recherche en Ecologie Politique. En ligne http://www.etopia.be/IMG/pdf/121213_HdB_Etopia_dechets_menagers.pdf, consulté le 20 juillet 2016
- Department of Environment and Conservation. (2005). *Benefits of recycling*. Sustainability Programs Division. En ligne http://f.nanafiles.co.il/Upload3/12007/forummessageattachments/forummessagefile_1413231.pdf, consulté le 15 juin 2016.
- Diemer, A., & Labrune, S. (2007). *L'écologie industrielle : quand l'écosystème industriel devient un vecteur du développement durable*. Développement durable et territoires. En ligne <http://developpementdurable.revues.org/4121>, consulté le 8 juillet 2016
- Directive 2008/98/CE du parlement européen et du conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives. *Journal officiel de l'Union*

Européenne. En ligne <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&qid=1462976188930&from=FR>, consulté le 13 juin 2016

- Ellen MacArthur Foundation 1. (2015). *Towards a Circular Economy: business rationale for an accelerated transition*. En ligne https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf, consulté le 18 mai 2016
- Ellen MacArthur Foundation 2. (2015). *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*. En ligne https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf, consulté le 20 mai 2016
- European Commission 1. (s.d.). *Circular Economy - closing the loop - an ambitious EU circular economy package*. En ligne https://ec.europa.eu/priorities/sites/beta-political/files/circular-economy-factsheet-general_en.pdf, consulté le 18 mai 2016
- European Commission 2. (2015). *Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU: final report*. En ligne http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/Separate%20collection_Final%20Report.pdf, consulté le 15 juillet 2016
- European Commission 3. (2015). *Capital factsheet on separate collection : Brussels*. En ligne <http://www.municipalwasteeurope.eu/sites/default/files/BE%20Brussels%20Capital%20factsheet.pdf>, consulté le 17 juillet 2016
- European Commission 4. (2015). *Capital factsheet on separate collection : Ljubljana*. En ligne <http://www.municipalwasteeurope.eu/sites/default/files/SI%20Ljubljana%20Capital%20factsheet.pdf>, consulté le 17 juillet 2016
- European Commission 5. (2010). *Being wise with waste: the EU's approach to waste management*. En ligne <http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/WASTE%20BROCHURE.pdf>, consulté le 5 août 2016
- Eurostat 1. (2016). *Waste statistics*. En ligne http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Waste_statistics, consulté le 16 juin 2016
- Eurostat 2. (2016). *Municipal waste statistics*. En ligne http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics, consulté le 16 juin 2016
- Faujas, A. (2009). Les ordures, source de pollution et de matière secondaire. *Le Monde*. En ligne http://www.lemonde.fr/planete/article/2009/06/13/les-ordures-source-de-pollution-et-de-matiere-secondaire_1206458_3244.html#ens_id=1206551, consulté le 16 juin 2016

- Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., Von Weizacker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romero Lankao, P., & Siriban Manalang, A. (2011). Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. *United Nations Environment Programme*. En ligne http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Report_English.pdf, consulté le 25 mai 2016
- Franchini, M., Rial, M., Buiatti, E., & Bianchi, F. (2003). Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Annali dell'Istituto superiore di sanità*, 40(1), 101-115. En ligne <http://www.iss.it/publ/anna/2004/1/401101.pdf>, consulté le 9 juillet 2016
- Geldron, A. (2014). Economie circulaire : notions. *Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie*. En ligne <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique-economie-circulaire-oct-2014.pdf>, consulté le 22 mai 2016
- Gentil, E. (2013). Managing municipal solid waste – a review of achievements in 32 European countries. *European Environment Agency*, 2/2013. Lien indisponible, consulté le 20 juillet 2016
- Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat. (2014). *Changements climatiques 2014 : rapport de synthèse*. En ligne http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM_fr.pdf, consulté le 25 mai 2016
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2012). Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde : ampleur, causes et prévention. *Organisation des Nations Unies et pour l'Alimentation et l'Agriculture*. En ligne <http://www.fao.org/docrep/016/i2697f/i2697f.pdf>, consulté le 2 juin 2016
- Hannequart, J., & Schamp, E. (2010). Plan déchets : plan de prévention et de gestion des déchets. *Bruxelles Environnement*. En ligne http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/PlandechetsFR_2.PDF, consulté le 29 juin 2016
- Hogg, D., & Ballinger, A. (2015). La contribution potentielle de la gestion des déchets à une économie bas carbone. *Eunomia*. Lien indisponible, consulté le 5 août 2016
- Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable. (2007). *L'industrie de la gestion des déchets : la situation environnementale des industries*. En ligne <http://environnement.wallonie.be/enviroentreprises/input/acrobat/Rapport%20Dechets%202007.pdf>, consulté le 22 juin 2016

- Inter-Environnement Wallonie. (2007). *La co-incinération des déchets en cimenteries : analyse critique d'Inter Environnement Wallonie*. En ligne http://www.iewonline.be/IMG/pdf/CCE_VP_0710_position_coincineration.pdf, consulté le 7 juillet 2016
- Jobert, M. (2016). Tarification incitative : trier plus et jeter moins. *Journal de l'environnement*. En ligne <http://www.journaldelenvironnement.net/article/tarification-incitative-trier-plus-et-jeter-moins,67965>, consulté le 26 juillet 2016
- Jumeau, J. (2014). Rapport annuel. *Bruxelles-Propreté*. En ligne <https://www.arp-gan.be/images/upload/files/Rapport-Annuel-2014-FR-WEB.pdf>, consulté le 19 juillet 2016
- Kharas, O. (2010). The emerging middle class in developing countries. *OECD Development Centre*. En ligne <http://www.oecd.org/social/poverty/44457738.pdf>, consulté le 30 mai 2016
- Knox, E. (2005). Childhood cancers and atmospheric carcinogens. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 59(2), 101-105. En ligne <http://jech.bmj.com/content/59/2/101.full.pdf>, consulté le 8 juillet 2016
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K., Haberl, H., Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics*. En ligne http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic661271.files/EE-Krausmann_etal_MatsGDP_Pop_20thC-2009.pdf, consulté le 25 mai 2016
- Le Moigne, R. (2014). Economie circulaire : 240 milliards de dollars d'économie pour les entreprises européennes. *Les Echos*. En ligne <http://business.lesechos.fr/directions-generales/strategie/management-de-projet/economie-circulaire-240-milliards-de-dollars-d-economie-pour-les-entreprises-europeennes-61066.php#>, consulté le 16 mai 2016
- Leprince, P. (2014). Pour qu'enfin le tri cartonne. *Le Soir*. En ligne <http://www.lesoir.be/716060/article/actualite/regions/bruxelles/2014-11-25/pour-qu-enfin-tri-cartonne>, consulté le 25 juillet 2016
- McDonough, W., & Braungart, M. (2011). *Cradle to cradle – créer et recycler à l'infini*. Paris : Gallimard.
- Oblak, E. (2015). Case study – the story of Ljubljana. *Zero Waste Europe*. Lien indisponible, consulté le 17 juillet 2016

- Organisation de Coopération et de Développement Economiques. (1996). *Responsabilité élargie des producteurs dans les pays de l'OCDE phase 1 : stratégies juridiques et administratives dans les pays membres et options politiques dans le cadre des programmes REP*. En ligne [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD\(96\)48&docLanguage=Fr](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD(96)48&docLanguage=Fr), consulté le 3 juin 2016
- Organisation de Coopération et de Développement Economiques. (2012). *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : Les conséquences de l'inaction*. En ligne <https://www.oecd.org/fr/env/indicateurs-modelisation-perspectives/49884240.pdf>, consulté le 26 mai 2016
- Platt, B., Ciplet, D., Bailey, K., & Lombardi, E. (2008). Stop trashing the climate. *Institute for Local Self-Reliance*. En ligne <http://www.no-burn.org/downloads/Stop%20Trashing%20the%20Climate%20Report%20Executive%20Summary%20-%20low%20res.pdf>, consulté le 13 juillet 2016
- Porter, M., & Kramer, M. (2011). Creating shared value. *Harvard Business Review*. En ligne https://www.hks.harvard.edu/m-rcbg/fellows/N_Lovegrove_Study_Group/Session_1/Michael_Porter_Creating_Shared_Value.pdf, consulté le 3 juin 2016
- Schwarcz, A. (2011). *Municipal waste treatment methods – Environmental, human health and nuisance effects*. Library of the European Parliament. En ligne [http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2011/110171/LDM_BR I\(2011\)110171_REV1_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2011/110171/LDM_BR I(2011)110171_REV1_EN.pdf), consulté le 27 juin 2016
- Senet, S. (2015). Paquet Economie Circulaire : les explications ambiguës de Bruxelles. *Journal de l'Environnement*. En ligne <http://www.journaldelenvironnement.net/article/paquet-economie-circulaire-les-explications-ambigues-de-bruxelles,54718>, consulté le 2 juin 2016
- Stahel, W. (1997). The functional economy: Cultural and organizational change. In *The Industrial Green Game* (pp. 91-100). Washington: National Academy Press. En ligne <http://www.nap.edu/read/4982/chapter/7>, consulté le 3 juin 2006
- Stamatova, S., & Steurer, A. (2015). *Archive: Environmental taxes – detailed analysis*. En ligne http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Environmental_taxes_-_detailed_analysis, consulté le 7 juin 2016

- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98. En ligne <http://anr.sagepub.com/content/2/1/81.full.pdf> , consulté le 21 mai 2016
- Thauvin, P. (2014). Traitement mécano-biologique. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*. En ligne http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/expertise_dechets_fiche_technique_tmb.pdf, consulté le 7 juillet 2016
- The Carbon Trust. (2011). *Raising the bar – building sustainable business value through environmental targets*. En ligne <https://www.carbontrust.com/media/172728/cta003-raising-the-bar-sustainable-business-value.pdf>, consulté le 31 mai 2016
- Thompson, J., & Anthony, H. (2005). The health effects of waste incinerators. *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*, 15(2-3), 115-156. En ligne <http://www.durhamenvironmentwatch.org/Incinerator%20Files/HealthEffectsOfWasteIncinerators.pdf>, consulté le 8 juillet 2016
- United Nations. (2014). *World Urbanization Prospects: the 2014 revision*. Department of Economics and Social Affairs. En ligne <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>, consulté le 30 mai 2016
- Van Peel, H. (2015). Chastre : des poubelles à puce remplaceront les sacs blancs en janvier. *RTBF*. En ligne https://www.rtbf.be/info/regions/brabantwallon/detail_chastre-des-poubelles-a-puce-remplaceront-les-sacs-blancs-en-janvier?id=9118057, consulté le 29 juillet 2016
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1995). Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. *New Society Publishers*. En ligne http://w.tboake.com/2013/EF_Reading_Assignment_1of2.pdf, consulté le 11 juillet 2016
- Wijkman, A., & Skånberg, K. (2015). L'économie circulaire et ses bénéfices sociétaux : des avancées réelles pour l'emploi et le climat dans une économie basée sur les énergies renouvelables et l'efficacité des ressources. *The Club of Rome*. En ligne <http://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society-FR.pdf>, consulté le 24 mai 2016
- World Economic Forum. (2012). *More with less: scaling sustainable consumption and resource efficiency*. Lien indisponible, consulté le 30 mai 2016.

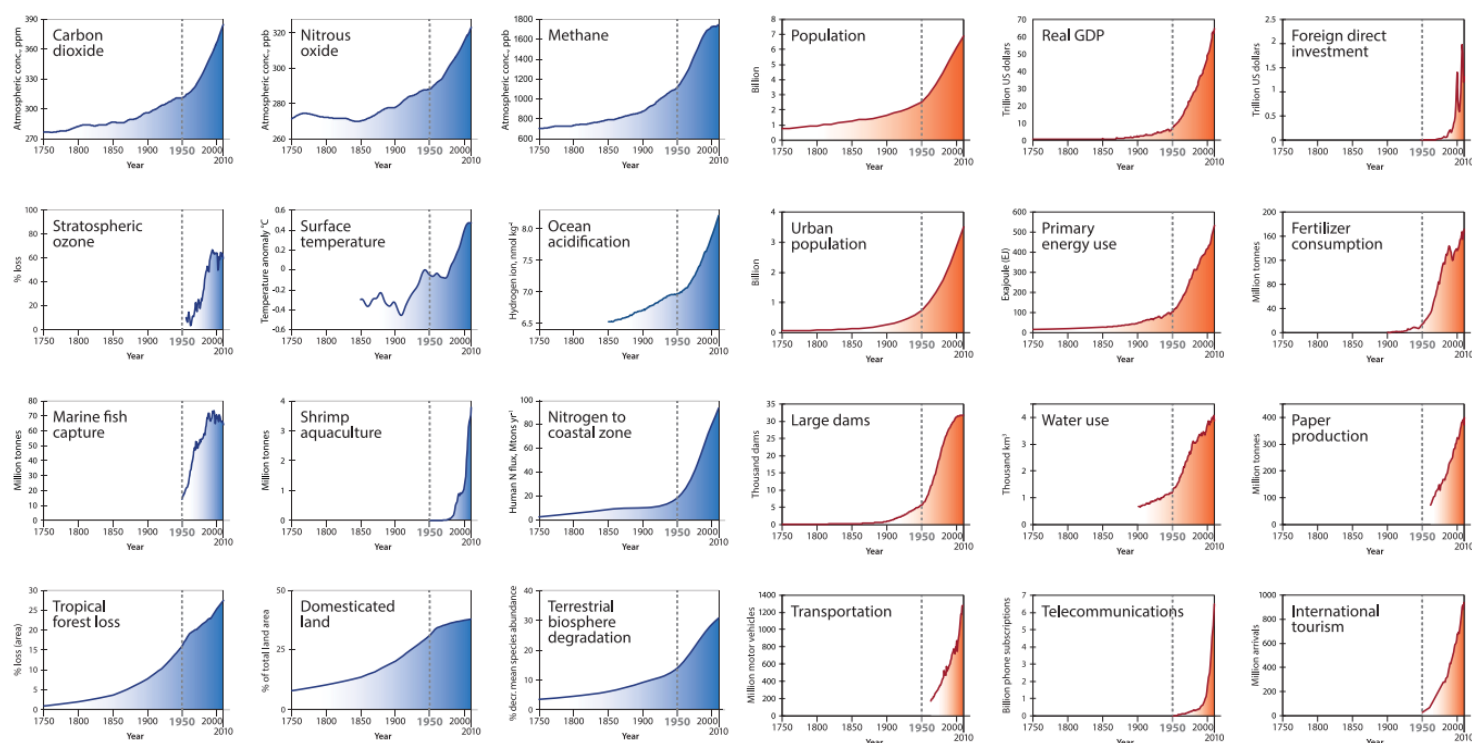
- World Health Organization. (2007). *Population health and waste management: scientific data and policy options*. En ligne http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0012/91101/E91021.pdf, consulté le 28 juin 2016

ANNEXES

- Annexe 1 : Evolution mondiale des tendances socioéconomiques et environnementales**

Earth system trends

Socio-economic trends



(Steffen et al., 2015, pp. 84-87)

- Annexe 2 : Résultats de l'étude de cas du Club de Rome**

Scénario 1 – Energies renouvelables :

		France	Suède	Finlande	Pays-Bas	Espagne
Réduction des émissions de carbone		50%	50%	50%	50%	50%
Création d'emploi	Bioénergie	100.000	15.000	15.000	50.000	100.000
	Autre	/	/	/	10.000	/
Excédent de la balance commerciale		0,4% du PIB	0,4% du PIB	0,5% du PIB	0,3% du PIB	0,7% du PIB

(Wijkman & Skånberg, 2015, pp.38-39)

Scénario 2 – Efficacité énergétique :

	France	Suède	Finlande	Pays-Bas	Espagne
Réduction des émissions de carbone	28%	28%	32%	31%	31%
Création d'emploi	200.000	20.000	15.000	100.000	200.000
Excédent de la balance commerciale	0,4% du PIB	/	/	0,2% du PIB	0,4% du PIB

(Wijkman & Skånberg, 2015, pp.38-39)

Scénario 3 – Efficacité matière :

	France	Suède	Finlande	Pays-Bas	Espagne
Réduction des émissions de carbone	5%	5%	4%	3%	10%
Création d'emploi	300.000	50.000	50.000	100.000	200.000
Excédent de la balance commerciale	2% du PIB	1% du PIB	1% du PIB	2% du PIB	1% du PIB

(Wijkman & Skånberg, 2015, pp.38-39)

Cumul des scénarios :

	France	Suède	Finlande	Pays-Bas	Espagne
Réduction des émissions de carbone	66%	66%	68%	67%	69%
Création d'emploi	500.000	100.000	75.000	200.000	400.000
Excédent de la balance commerciale	2,5% du PIB	1,5% du PIB	1,5% du PIB	2,5% du PIB	2% du PIB

(Wijkman & Skånberg, 2015, pp.38-39)

- **Annexe 3 :** Formule du rendement énergétique de l'incinération avec récupération d'énergie selon la Commission Européenne

$$\frac{E_p - E_f + E_i}{0,97 \times (E_w + E_f)} \geq 0,65$$

Où :

- *E_p* représente la production annuelle d'énergie sous forme de chaleur ou d'électricité en GJ/an. Elle est calculée en multipliant par 2,6 l'énergie produite sous forme d'électricité et par 1,1 l'énergie produite sous forme de chaleur ;
- *E_f* représente l'apport énergétique annuel du système en combustibles servant à la production de vapeur en GJ/an ;

- *E_w représente la quantité annuelle d'énergie contenue dans les déchets traités en GJ/an, calculée sur la base du pouvoir calorifique inférieur des déchets ;*
- *E_i représente la quantité annuelle d'énergie importée en GJ/an, hors E_w et E_f ;*
- *0,97 est un coefficient prenant en compte les déperditions d'énergie dues aux mâchefers d'incinération et au rayonnement (Directive 2008/98/CE, 2008, p.22).*

• **Annexe 4 : Classement des performances des capitales européennes en matière de réduction, de réutilisation et de recyclage des déchets municipaux**

3 Best performers			Indicators																
	MSW generation kg/cap.	% of residual waste on total MSW	% of separate collection (all systems)	% of separate collection (only d2d)	Glass capture rate**	Paper capture rate**	Plastic capture rate**	Metal capture rate**	Plastic, metal and aggregated comingled capture rate**	Co-mingled collection y/n (fractions)	Bio-waste capture rate**	No. of glass bring points per 100 000 inhabitants	add. Fract.	Bio-waste collection kg/cap	Paper collection kg/cap	PAYT system established (y/n)	NATIONAL MSW reuse and recycling rate in % (EUROSTAT)		
City (Country)																			
Amsterdam	405,7	86,0%	12,4%	0,2%	58,4%	34,5%	2,5%	1,4%	2,2%	all fractions separately collected	4,0%	375	*	4,7	24,7	n	49,55		
Athens**	467,5	83,9%	16,1%	14,4%	39,4%	57,6%	15,8%	12,1%	14,9%	Plastic, Metal, Glass, Paper	0,2%	102	*	0,3	53,8	n	17,1		
Berlin	394,7	64,6%	27,4%	23,9%	53,9%	65,6%	20,0%	16,9%	19,1%	Plastic, Metal, Composite material	15,7%	177		21,7	50,3	y	64,5		
Bratislava	338,3	78,7%	14,2%	0,0%	58,0%	42,8%	43,4%	4,3%	31,4%	Plastic, Glass, Paper	3,4%	265	*	4,3	18,5	n	12,96		
Bucharest**	391,3	97,0%	2,9%	0,0%	10,7%	11,3%	12,4%	5,3%	11,0%	not available	0,0%	41	*	0,0	4,4	n	2,58		
Budapest **	424,2	93,7%	7,6%	5,9%	74,6%	13,3%	0,0%	0,0%	5,3%	Plastic, Metal	10,7%	24	*	12,4	11,2	y	25,37		
Brussels	406,7	74,9%	20,9%	15,8%	84,1%	34,5%	0,0%	0,0%	26,7%	Plastic, Metal, Composite material	8,4%	49		13,4	36,6	n	57,2		
Copenhagen**	398,0	67,4%	23,7%	11,4%	107,2%	35,7%	10,3%	18,0%	15,2%	all fractions separately collected	23,3%	405		37,2	32,1	y	45,21		
Dublin	270,8	59,0%	36,6%	29,1%	78,8%	60,8%	25,5%	23,2%	25,0%	Plastic, Metal, Paper (glass to limited extent)	47,1%	17	*	29,0	41,2	y	36,63		
Helsinki **	285,0	54,7%	38,6%	34,0%	25,7%	73,2%	0,0%	70,2%	10,8%	all fractions separately collected	42,7%	12	*	42,6	60,5	y	33,4		
Lisbon**	570,1	78,2%	11,5%	5,8%	59,8%	38,0%			25,9%	all fractions separately collected	0,2%	231	*	0,5	29,1	n	26,05		
Ljubljana	318,2	40,0%	55,4%	47,2%	87,5%	84,2%			66,7%	Plastic, Metal	72,5%	850	*	76,5	41,0	y	39,5		
London**	435,7	69,2%	25,4%	22,5%	57,1%	44,5%	15,9%	28,4%	19,7%	Plastic, Metal, Glass, Paper	27,3%	20	*	38,0	44,0	n	45,55		
Luxembourg**	666,0	56,4%	28,4%	11,1%	81,2%	60,9%			31,5%	Plastic, Metal, Composite material	21,6%	57	*	51,6	74,7	n	46,83		
Madrid**	328,8	87,9%	11,6%	5,2%	39,0%	12,8%			62,0%	not available	0,0%	163	*	0,0	10,0		27,21		
Nicosia**	656,2	93,9%	6,1%	4,9%	19,9%	11,3%			31,9%	Plastic, Metal, Composite material	0,0%	209		0,0	19,4	n	21,12		
Paris	489,4	80,6%	11,6%	10,3%	58,8%	17,7%	2,1%	2,5%	2,2%	Plastic, Metal, Composite material, Paper	2,3%	42	*	1,6	24,0	n	38,76		
Prague**	322,5	71,3%	14,3%	0,0%	36,1%	43,2%	24,2%	54,5%	25,1%	all fractions separately collected	12,9%	265	*	3,6	19,1	n	23,05		
Riga**	485,5	82,0%	18,3%	18,3%	10,6%	66,5%			47,0%	all fractions separately collected	0,0%	53	*	0,0	51,7	n	15,61		
Rome	612,9	70,9%	16,3%	6,5%	10,1%	14,0%			22,5%	Plastic/ metal ("light multi-material" fraction), plastic/metal/glass ("heavy multi-material" fraction)	32,0%	583	*	49,0	24,0	n	38,19		
Sofia**	348,3	93,8%	4,0%	0,0%	4,7%	4,1%	2,2%	0,0%	2,1%	Plastic, Metal, Glass	8,8%	13	*	10,5	1,5	n	25,22		
Stockholm**	504,4	70,7%	21,5%	3,1%	130,8%	22,8%	11,7%	36,6%	21,7%	all fractions separately collected	17,5%	29	*	28,5	34,9	y	47,62		
Tallinn	481,2	46,6%	47,2%	12,8%	85,3%	74,2%			37,9%	all fractions separately collected	33,8%	65	*	35,8	103,6	y	31,79		
Valetta **	591,3	84,0%	7,9%	5,0%	18,5%	3,6%			16,6%	Plastic, Metal, Paper	0,8%	201	*	2,5	3,9	n	12,22		
Vienna	556,7	64,8%	29,2%	0,0%	51,6%	58,9%	16,6%	41,0%	24,8%	all fractions separately collected	34,1%	165	*	60,6	73,0	y	59,2		
Vilnius	539,4	89,0%	5,5%	0,3%	10,9%	6,8%	4,1%	1,6%	3,8%	all fractions separately collected	8,7%	194	*	15,5	6,4	n	19,83		
Warsaw	370,3	80,1%	4,5%	4,5%	14,3%	3,6%	1,4%	1,1%	1,4%	Plastic, Metal, Paper	7,5%	0		8,9	1,7	y	19,43		
Zagreb	449,1	90,3%	1,0%	0,0%	6,3%	1,6%	0,2%	11,0%	0,6%	Plastic, Metal	0,2%	180	*	0,3	2,2	n	14,58		
Average	446,7	75%	19%	10%	49%	36%	11%	17%	22%		15,6%	184		19,6	32,1		32,01		
**Only national waste composition data available to calculate capture rates																			

**only national waste composition data available to calculate capture rates

(European Commission 2, 2015, p.107)