

# Présent et Avenir de l'Économie Circulaire en Europe

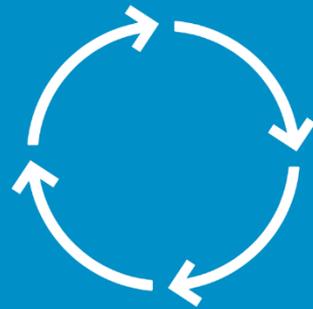
**Linear  
Economy**



**Recycling  
Economy**



**Circular  
Economy**



## **Présent et Avenir de l'Économie Circulaire en Europe**

*Livre blanc E4S*

Edoardo Chiarotti<sup>1</sup>, Thomas Hohne-Sparborth<sup>2</sup>, Felix Philipp<sup>2</sup>, Shuyue Qiao<sup>3</sup>, Boris Thurm<sup>3</sup>

Février 2024

Entreprise for Society Center (E4S), 2024

Entreprise for Society (E4S) est une entreprise commune de l'Université de Lausanne par le biais de sa Faculté des hautes études commerciales (UNIL-HEC), de l'Institute for Management Development (IMD) et de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), sous l'égide de son Collège de Management de la Technologie, avec pour mission de mener la transition vers une économie plus résiliente, plus durable et plus inclusive. E4S s'engage à former la prochaine génération de leaders, à inspirer la transformation économique et sociale, et à promouvoir le changement en renforçant les start-ups et en stimulant l'innovation.

*Remerciements.* Nous remercions Dunia Brunner et Nils Moussu qui ont rédigé les encadrés 1 et 2 sur l'état de l'économie circulaire en Suisse. Nous remercions également Martyn Wakeman (EPFL), Gino Baudry (EPFL), Paola Paruta (EPFL), Jean-Pierre Danthine (E4S, EPFL), et Jean-Philippe Bonardi (E4S, UNIL) pour leurs précieux commentaires et suggestions. Finalement, un grand merci à Julia Bory, Yann Costa, Quentin Gallea, Florence Hugar, et Jordane Widmer pour leur aide pour traduire ce livre blanc en français.

---

<sup>1</sup> E4S, Université de Lausanne (HEC)

<sup>2</sup> Lombard Odier Asset Management (Suisse) SA.

<sup>3</sup> E4S, EPFL

Les opinions exprimées dans ce document sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de E4S et de Lombard Odier Asset Management (Suisse) SA.

## TABLE DES MATIERES

---

Résumé.....	3
Principaux enseignements .....	4
1. Pourquoi l'économie circulaire est-elle nécessaire ? .....	5
2. Principes de l'économie circulaire.....	8
3. État de l'économie circulaire en Europe : réglementations, tendances et modèles d'entreprise 10	
3.1. Politiques d'économie circulaire en Europe.....	10
3.2. Dans quelle mesure l'économie de l'UE est-elle circulaire ?.....	14
3.3. Modèles d'entreprises Circulaires.....	17
4. L'avenir de l'économie circulaire en Europe .....	20
4.1 La stratégie à long terme de l'UE pour 2050 .....	20
4.2 Stratégies circulaires pour atteindre net-zéro .....	23
4.3 Consommation de matériaux et trajectoires net-zéro.....	26
4.4 Limitations et travaux futurs .....	29
5. Conclusions.....	31
Bibliographie.....	34
Annexe.....	41
A1 Effets des stratégies circulaires sur les GES .....	41
A2 Stratégies et catalyseurs de l'économie circulaire .....	42
A3 Législation européenne sur l'économie circulaire .....	45
A4 Données supplémentaires sur l'état de l'économie circulaire en Europe .....	49
A5 Résultats détaillés des simulations .....	51

## RÉSUMÉ

---

**Malgré les efforts déployés pour accroître la circularité, l'économie européenne reste à ce jour principalement linéaire.** Pour maintenir nos modes de vie, nous avons besoin de 18 tonnes de matériaux par personne et par an, dont 1,5 tonne est mise en décharge. La consommation de matières premières ne cesse d'augmenter, la production de déchets reste élevée et le niveau de récupération des matériaux est faible : environ 12 % seulement des matériaux sont recyclés.

**Cette économie extractive est l'un des principaux moteurs de la pollution de l'environnement et contribue au franchissement de 6 des 9 limites planétaires** [1], [2], [3]. L'extraction et l'utilisation des ressources sont responsables d'environ la moitié des émissions mondiales de gaz à effet de serre et de 90 % de la perte de biodiversité et du stress hydrique. Ces problèmes sont aggravés par la pollution plastique.

**La surexploitation des ressources naturelles devrait s'aggraver : il est prévu que la demande de matériaux double d'ici à 2050** [4]. Par exemple, la demande de lithium va croître en raison de l'électrification de l'économie car ce métal est utilisé dans les batteries. La pollution qui découle de l'extraction des minerais a des répercussions importantes sur la santé et entraîne des pertes économiques, ce qui appelle des changements sociétaux urgents.

**L'économie circulaire est essentielle pour réduire la consommation de ressources et atteindre notre objectif de zéro émission nette de gaz à effet de serre d'ici 2050.** L'économie circulaire est un modèle régénératif qui réduit l'utilisation des matériaux, prolonge la durée de vie des produits, réutilise et recycle les ressources au lieu de les jeter comme des déchets, et régénère les systèmes naturels. Les stratégies circulaires visent à réduire (utiliser moins), à ralentir (utiliser plus longtemps), à fermer (utiliser à nouveau) et à régénérer (rendre propre) les flux de matières.

**Ce livre blanc explore le présent et l'avenir de l'économie circulaire en Europe.** Notre but est de mieux comprendre la contribution des stratégies circulaires pour atteindre l'objectif de zéro émission nette de l'Union Européenne. Pour ce faire, nous utilisons le modèle [EUCalc](#) pour simuler les changements comportementaux et technologiques qui se produiront dans l'Union Européenne d'ici à 2050 et leurs impacts sur les émissions de gaz à effet de serre et la demande de matériaux.

**À ce jour, les politiques de l'Union Européenne ne prévoient que de légères améliorations en matière de circularité pour les années à venir et n'atteignent pas l'objectif de zéro émission nette pour 2050.** Dans le scénario de référence, qui s'appuie sur les politiques existantes, les taux de recyclage et l'efficacité énergétique progressent. Toutefois, peu de mesures sont prises concernant les autres principes de l'économie circulaire, tels que le rétrécissement, le ralentissement et la régénération des flux de matières. En conséquence, les émissions de gaz à effet de serre ne sont réduites que d'environ 60 % par rapport au niveau de 1990.

**Un changement systémique des modes de production et de consommation vers une économie plus circulaire nous permettrait à la fois d'atteindre zéro émission nette et de réduire la demande de matériaux de moitié.** Dans le cadre du [pacte vert pour l'Europe](#), la Commission européenne est en train de renforcer ses politiques environnementales, par exemple en mettant en œuvre des mesures pour accélérer le déploiement des actions d'économie circulaire. Cette accélération est nécessaire pour atteindre l'objectif de zéro émission nette en réduisant le nombre de voyages et d'appareils ménagers, en améliorant l'efficacité des matériaux et la part des matériaux recyclés, et en adoptant des matériaux de construction régénératifs (tels que le bois et les fibres naturelles).

**Cependant, nous devons garder à l'esprit qu'il ne s'agit pas d'une solution miracle, car même si ces changements radicaux sont mis en œuvre, la demande de certains matériaux continuera d'augmenter.** Il existe des compromis entre la décarbonisation et l'utilisation des matériaux, notamment concernant le lithium et le graphite : les changements technologiques nécessiteront de grandes quantités de ces deux matériaux, ce qui soulève des questions sur les impacts environnementaux et humains de leur extraction. En outre, le changement climatique est seulement l'une

des limites planétaires à prendre en compte, ce qui nécessitera des efforts réglementaires plus importants.

Si ces changements radicaux peuvent sembler irréalistes aujourd'hui, nous devons réaliser que, jusqu'à la fin du XIXe siècle, notre économie était déjà en grande partie circulaire. Nous devons maintenant retrouver l'équilibre entre la gestion des ressources et le progrès, opérer une "transition" vers une économie plus circulaire, et boucler la boucle.

## PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

- 1. La transition vers une économie circulaire est essentielle pour réduire la pollution** et ses conséquences négatives sur la biodiversité, la santé humaine, et l'économie.
- Même si des efforts législatifs sont mis en œuvre pour accroître la circularité, **l'économie européenne est encore principalement linéaire.**
- Les stratégies et politiques actuelles ne sont pas suffisantes** pour que l'Union Européenne atteigne son objectif de **zéro émission nette d'ici 2050.**
- Un changement systémique des modes de production et de consommation** vers une économie plus circulaire nous permettrait à la fois d'**atteindre le zéro émission nette** et de **réduire de moitié la demande de matériaux.**
- La **demande de certaines matières premières critiques** telles que le lithium et le graphite **continuera d'augmenter** pendant la transition vers la neutralité carbone.

# 1. POURQUOI L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE EST-ELLE NÉCESSAIRE ?

---

Notre économie linéaire actuelle, qui consiste à "extraire-fabriquer-jeter", est à l'origine du **dépassement des limites planétaires**, telles que le changement climatique, la pénurie d'eau et la perte de biodiversité [1], [2] avec pour corollaire l'érosion de nos fondements sociaux. Nous avons actuellement dépassé les limites de durabilité dans 6 des 9 limites planétaires [3], notamment en raison de l'extraction et de l'utilisation des ressources naturelles :

- **L'utilisation des matériaux dans les produits est responsable d'environ la moitié des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES)** [5], [6]. Ces émissions proviennent (i) de l'énergie utilisée pour alimenter les machines d'extraction et de traitement ainsi que le transport des minéraux et des combustibles fossiles, et (ii) des réactions chimiques utilisées dans la production des matériaux.<sup>4</sup> Les émissions de GES liées aux matériaux comprennent également la gestion des déchets, qui a contribué à environ 5% des émissions totales de GES en 2016, en raison du méthane libéré dans les décharges et de l'incinération des déchets [8].
- **L'extraction et l'utilisation des ressources naturelles sont à l'origine de plus de 90% de la perte de biodiversité et des pénuries d'eau dans le monde** [6]. La conversion permanente des forêts en zones agricoles, exploitation minière et infrastructures énergétiques est responsable de 27% de la perte de forêts au niveau mondial [9].<sup>5</sup> Outre la déforestation, les activités minières peuvent entraîner une pollution

de l'eau et de l'air, menaçant les écosystèmes et la santé humaine – voir par exemple, [11], [12], [13], [14].

- **La pollution chimique ("nouvelles entités"), telle que les plastiques, menace l'intégrité des processus du système terrestre** [15]. Les nouvelles entités sont définies comme de nouvelles substances susceptibles d'avoir des effets géophysiques et/ou biologiques indésirables [16]. Elles comprennent, par exemple, les plastiques et les produits chimiques synthétiques. La pollution par les plastiques, en particulier dans l'environnement marin, constitue désormais une menace à l'échelle planétaire : la pollution est omniprésente, difficilement réversible et a de graves incidences négatives sur les écosystèmes [17], [18]. En menaçant l'intégrité de la biosphère et en suscitant des inquiétudes quant aux problèmes de santé humaine, les nouvelles entités augmentent également les risques sur les autres limites planétaires [15].

**Nous sommes actuellement en passe d'augmenter, plutôt que de diminuer, l'utilisation de matériaux et la production de déchets.** L'utilisation de matériaux devrait doubler d'ici 2050 [4]. Par exemple, certains scénarios prévoient une hausse de la demande mondiale de lithium par un facteur 18 en 2030 et 90 en 2050, notamment en raison de l'électrification de l'économie [19].<sup>6</sup> Par ailleurs, la Banque mondiale estime que la production mondiale de déchets passera de 2,01 milliards de tonnes en 2016 à 3,40 milliards de tonnes en 2050 [8].

---

<sup>4</sup> Les matériaux les plus émetteurs sont les métaux, les produits chimiques et le ciment, représentant respectivement 7,8%, 6,3% et 2,6 % des émissions mondiales, sans compter l'utilisation des produits qui en résultent (émissions scope 3). [7].

<sup>5</sup> Pour approfondir cette question, consultez le livre blanc d'E4S "[Pricing and Restoring Natural Capital: a case study on mining and vegetation](#)" [10] dans lequel un mécanisme est proposé pour financer et restaurer la perte de végétation.

<sup>6</sup> Cette augmentation des besoins en matériaux suscite des inquiétudes quant à une éventuelle rupture d'approvisionnement dans l'Union européenne (UE), qui dépend largement de l'importation de nombreuses matières premières. Plusieurs matériaux critiques, tels que le cobalt, le graphite et le lithium, sont confrontés à un risque élevé de rupture d'approvisionnement [20].

La pollution qui en découle appelle des changements sociétaux urgents : le monde pourrait perdre environ 10% de sa valeur économique totale d'ici le milieu du siècle si le changement climatique reste sur la trajectoire actuellement prévue [21] et le coût de l'atténuation du changement climatique augmente avec chaque année d'inaction [22].

**L'économie circulaire (EC) est un cadre de solutions qui peut nous permettre de limiter et de commencer à inverser notre impact sur les limites planétaires** [23]. L'EC peut être définie comme un modèle régénérateur qui réduit l'utilisation des matériaux, prolonge la durée de vie des produits, réutilise et recycle les ressources au lieu de les jeter comme des déchets, minimise la pollution et régénère les systèmes naturels. Les stratégies d'EC ont le potentiel d'inverser le dépassement actuel de plusieurs limites planétaires, telles que le changement climatique, l'utilisation des sols, les cycles de l'azote et du phosphore, et l'acidification des océans [24]. En réduisant l'utilisation des matériaux, l'écoconception diminue directement les émissions de gaz à effet de serre provenant de l'extraction des minéraux, de la production des matériaux et de la gestion des déchets, tandis que les matériaux recyclés sont moins intensifs en carbone que les matériaux vierges [25].<sup>7</sup> Les plus grandes réductions potentielles de GES grâce à la circularité concernent les matériaux (plastiques, métaux, ciment), l'alimentation (par la réduction des déchets, l'amélioration de l'emballage, le recyclage des nutriments), la construction (par la substitution de matériaux, la conception efficace, le partage de l'espace, la réutilisation et le recyclage des composants), la mobilité (covoiturage, prolongation de la durée de vie et amélioration de la fin de vie des véhicules), et la gestion des déchets [26]. Dans l'Union Européenne (UE), les stratégies circulaires concernant l'acier, les

plastiques, l'aluminium et le ciment pourraient réduire les émissions industrielles de 56% d'ici à 2050 [27].<sup>8</sup>

**L'économie circulaire présente également de nombreux avantages socio-économiques.** La circularité des matériaux peut accélérer la décarbonisation et en réduire les coûts, en particulier dans des secteurs difficiles à décarboner tels que le secteur des produits chimiques [7], [25], [28]. En outre, l'EC peut réduire la dépendance de l'Europe à l'égard des matériaux importés et accroître la résilience des chaînes d'approvisionnement, garantissant ainsi une transition techniquement et politiquement réalisable. Enfin, les politiques d'EC pourraient conduire à un gain net de PIB et à la création d'emplois en s'appuyant sur des activités à forte intensité de main-d'œuvre.<sup>9</sup> Dans l'UE, l'adoption de l'EC pourrait augmenter le PIB de près de 0,5% d'ici 2030 tout en créant près de 700 000 emplois [30]. Cette transition pourrait bénéficier tout particulièrement aux groupes vulnérables en leur offrant de nouvelles possibilités d'emploi qui ne nécessitent pas d'études supérieures [31].

**Cependant, le chemin vers l'EC dans l'UE est semé d'embûches.** Les choix de société passés créent un effet de verrouillage dans l'économie linéaire : les préférences institutionnelles, les infrastructures existantes, les habitudes de consommation et la culture d'entreprise sont autant de facteurs qui ralentissent l'adoption des actions d'EC [2]. Alors que les chaînes d'approvisionnement en EC qui réussissent tendent à être locales, l'efficacité économique par le biais d'*économies d'échelle* favorise les grandes usines qui desservent une vaste zone. Par conséquent, les systèmes de collecte pour la réutilisation et le recyclage des produits devraient couvrir de vastes distances, ce qui rendrait cer-

---

<sup>7</sup> Par exemple, l'intensité carbone des matériaux recyclés par rapport aux matériaux vierges est la suivante : 0,4 contre 2,3 tCO<sub>2</sub>/t pour l'acier, 0,3 contre 13,5 tCO<sub>2</sub>/t pour l'aluminium, et 0,4 contre 2,4 tCO<sub>2</sub>/t pour les plastiques.

<sup>8</sup> D'autres études évaluant l'impact des actions circulaires sur les émissions de GES sont présentées dans le tableau A1 de la Section A1 de l'Annexe.

<sup>9</sup> Voir Laubinger et al. (2020) pour un examen des conséquences sur le marché du travail d'une transition vers une CE [29].

tains modèles d'entreprises circulaires excessivement coûteux [32]. La présence limitée de modèles d'entreprises circulaires est exacerbée par des politiques parfois contradictoires et des prix qui ne reflètent pas le coût réel de l'extraction des ressources et de la pollution [2], [33], [34]. Le manque de sensibilisation des consommateurs et la faible coopération tout au long de la chaîne d'approvisionnement constituent d'autres facteurs de blocage [33]. Enfin, la transition vers l'EC entraînera des changements structurels sur le marché du travail : les secteurs de la gestion des déchets, des services, de la réparation et de l'installation gagneront des emplois, tandis que les secteurs de l'extraction minière, de la construction et de l'électronique en perdront probablement. Cette évolution souligne la nécessité de mettre en place des politiques d'éducation et de formation professionnelle pour soutenir la transition [30].

**Ce document explore le présent et l'avenir de l'économie circulaire en Europe, à travers le prisme de l'objectif "net zéro" de l'UE.** Compte tenu de l'importance des émissions de gaz à effet de serre liées à l'utilisation des matériaux,

la Commission européenne a placé l'économie circulaire au cœur de la stratégie de l'UE pour atteindre zéro émission de GES en 2050 [35], [36]. Notre objectif est de comprendre la contribution relative des stratégies d'EC aux objectifs de l'UE en matière d'émissions. Étant donné que la décarbonisation nécessitera des matières premières essentielles, telles que le lithium, nous étudierons comment les stratégies circulaires peuvent nous aider à trouver l'équilibre entre une décarbonisation plus rapide et une réduction simultanée de la demande de matériaux.

Le reste du présent document est organisé comme suit. Nous présentons tout d'abord les principes et les stratégies de l'EC dans la Section 2. Nous examinons ensuite l'état actuel de l'EC dans l'UE en nous penchant sur les réglementations existantes, les tendances historiques et les modèles commerciaux émergents (Section 3). Enfin, dans la Section 4, nous évaluons le rôle joué par les stratégies de circularité dans les trajectoires officielles de décarbonisation de l'UE, ainsi que leurs impacts sur les émissions de GES et l'utilisation des matériaux.

## 2. PRINCIPES DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

---

**L'économie circulaire (EC) est un modèle régénérateur qui réduit l'utilisation des matériaux, prolonge la durée de vie des produits, réutilise et recycle les ressources au lieu de les jeter, minimise la pollution et régénère les systèmes naturels.** Malgré sa popularité croissante, le concept n'est pas nouveau. Avant l'apparition des bouteilles en plastique à usage unique dans les années 1970, les bouteilles en verre consignées étaient une pratique courante.<sup>10</sup> Avant l'invention des engrais synthétiques au début du 20<sup>ème</sup> siècle, l'agriculture reposait sur des stratégies circulaires telles que le recyclage du fumier animal, la rotation des cultures pour restaurer la fertilité des sols et la fixation de l'azote par les légumineuses. Aujourd'hui encore, les communautés indigènes continuent de réutiliser les produits et d'utiliser les déchets comme des ressources, par exemple en utilisant des déchets naturels pour leurs vêtements et des matières naturelles déchues pour la teinture [38]. Certaines de ces pratiques regagnent en popularité : plusieurs pays, comme la France, ont prévu de réintroduire un système de consigne ; les stratégies d'agriculture circulaire sont soutenues par le plan d'action de l'UE sur l'agriculture biologique [39] et plusieurs entreprises proposent des vêtements fabriqués à partir de plastiques recyclés et de coton récupéré [40].

**Les stratégies d'économie circulaire sont des stratégies qui réduisent, ralentissent, ferment et régénèrent les flux économiques.** La littérature académique s'appuie sur deux cadres principaux pour conceptualiser l'économie circulaire : le cadre des flux de matières [41] et la stratégie des « 10 R » [42]. Dans le présent

document, nous nous concentrons sur l'approche des flux de matière, qui propose quatre stratégies pour mieux gérer les ressources :

1. **Réduire les flux (utiliser moins)** : utiliser moins de ressources pour atteindre le même objectif, c'est-à-dire l'efficacité des ressources. [41].
2. **Ralentir les flux (utiliser plus longtemps)** : concevoir des biens à longue durée de vie afin de prolonger leur utilisation et de ralentir le flux des ressources. [41].
3. **Fermer les flux (réutiliser)** : gérer les déchets comme une ressource afin de fermer la boucle entre la post-utilisation et la production, ce qui entraîne un flux circulaire de ressources. [41]. L'utilisation des déchets en tant que ressource est la dernière option si la réduction ou le ralentissement des flux n'est pas possible.
4. **Régénérer les flux (rendre propre)** : donner la priorité aux ressources régénératives pour produire des biens et des services grâce à une gestion durable des matériaux et de l'énergie, à l'élimination des déchets et à l'exclusion des produits chimiques toxiques des processus de production [43].<sup>11</sup>

La Tableau 1 résume les liens entre le cadre des flux de matière et le principe des « 10 R », qui proposent des stratégies pour une économie zéro déchet et donnent la priorité à la réduction avant la réutilisation puis le recyclage. Le recyclage seul est la finalité d'une économie linéaire. Pour plus d'informations, voir la Section A2 de l'Annexe.

---

<sup>10</sup> Voir "[The History of Plastic Bottles](#)" [37].

<sup>11</sup> Comme cet aspect n'est pas strictement lié aux stratégies fondamentales de recyclage des ressources, il n'est pas inclus dans le principe des « 10 R ». Toutefois, une économie circulaire ne serait pas durable sans la régénération des flux, qui comprend la gestion régénérative de l'eau, des matériaux, et de l'énergie, l'élimination des déchets et l'exclusion des produits chimiques toxiques des processus de production.

<b>Tableau 1 - Cadres et stratégies de l'économie circulaire</b>		
<b>Cadre des flux de matière</b>	<b>Principe des 10 R</b>	<b>Stratégies illustratives</b>
<b>Réduire</b>	<b>Refuser</b>	Refuser de produire des déchets et d'utiliser des matériaux vierges et dangereux dans le processus de conception [44], acheter et consommer moins, refuser les déchets d'emballage et les sacs de courses [45], [46]
	<b>Repenser</b>	Augmenter le taux d'utilisation des produits, par exemple en participant à l'économie de partage [47]
	<b>Réduire</b>	Utiliser moins de matériaux par unité de production, "dématérialiser" la conception des produits (par ex, [42], [48], [49]), utiliser moins fréquemment des produits achetés [42]
<b>Ralentir</b>	<b>Réutiliser</b>	Réutiliser un produit mis au rebut dans le même but par un autre consommateur [47]
	<b>Réparer</b>	Réparer et entretenir un produit défectueux pour le réutiliser dans le même but [47]
	<b>Rénover</b>	Restaurer et moderniser un ancien produit pour le mettre à jour [47]
	<b>Refabriquer</b>	Utiliser les pièces d'un produit mis au rebut dans un nouveau produit ayant la même fonction. [47]
<b>Fermer</b>	<b>Remanier</b>	Utiliser un produit mis au rebut ou ses pièces dans un nouveau produit ayant une fonction différente. [47]
	<b>Recycler</b>	Traiter les déchets pour les transformer en matériaux réutilisables
	<b>Récupérer</b>	Incinérer les déchets avec récupération d'énergie [47]
<b>Régénérer</b>		Passer à des ressources renouvelables et biologiques, remplacer l'eau douce par de l'eau de pluie et des eaux usées [43]

*Notes.* Ce tableau résume les liens entre le cadre des flux de matière (Bocken et al.,2016) [41] et le principe des « 10 R » (Reike et al., 2018) [42]. Il est adapté de Brown et al. (2021) [43] et Kirchherr et al. (2017) [47].

### 3. ÉTAT DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE EN EUROPE : RÉGLEMENTATIONS, TENDANCES ET MODÈLES D'ENTREPRISE

#### 3.1. POLITIQUES D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE EN EUROPE

Compte tenu du potentiel des stratégies d'EC pour réduire les émissions de GES et les externalités négatives, la Commission européenne a promu ces dernières années le concept d'une économie européenne circulaire. Dans cette section, nous décrivons les cadres réglementaires actuels visant à faire progresser l'économie circulaire, afin de poser le contexte nécessaire à l'exploration ultérieure du rôle de l'EC dans une transition vers l'objectif de zéro émission nette de GES.

**Les législateurs de l'UE ont élaboré des règlements et des directives sur les thèmes de l'EC depuis 1994.**<sup>12</sup> La figure 1 présente la chronologie de l'entrée en vigueur des législations actuelles sur les thèmes de l'EC dans l'UE, avec une référence aux quatre principes de l'EC, à savoir réduire, ralentir, fermer et régénérer. Chaque règlement et directive est référencé par une couleur avec un flux de ressources spécifique si son texte inclut des aspects de ce flux de ressources.

**Une nouvelle législation sur l'économie circulaire dans l'UE sera mise en œuvre dans un avenir proche.** Depuis 2019, la Commission européenne a placé l'économie circulaire au centre de sa stratégie législative, en proposant de nouveaux règlements et directives qui sont actuellement examinés par le Parlement et le Conseil. Ces nouvelles propositions s'inscrivent dans le [pacte vert pour l'Europe](#) (le « Green Deal »), un cadre politique publié en 2019 pour atteindre la neutralité climatique d'ici 2050. Le pacte vert pour l'Europe, ainsi que le [Plan d'ac-](#)

[tion pour l'économie circulaire \(2020\)](#), prévoient d'aborder les questions relatives aux matières premières critiques, aux plastiques biosourcés, biodégradables et compostables, aux microplastiques, à la réparation des biens, aux produits textiles et à l'éco-conception pour des produits durables. La Commission européenne dispose également d'un ensemble d'outils et d'instruments qui facilitent l'application de ces paquets législatifs, tels que le [label écologique](#), la [plateforme des acteurs européens de l'économie circulaire](#) et le [cadre pour les bâtiments durables](#).<sup>13</sup> Toutes les directives et tous les règlements sont décrits dans la Section A3 de l'Annexe, ainsi que d'autres législations liées à l'économie circulaire que nous n'avons pas prises en compte ici.

**Si la plupart des législations en vigueur dans l'UE mettent l'accent sur la fermeture et la régénération des flux, elles encouragent également la réduction et le ralentissement :**

1. Réduire les flux : Seules 4 des 13 législations considérées mentionnent des stratégies visant à la réduction des flux, en introduisant des exigences visant à utiliser moins de matériaux et à produire moins de déchets.
2. Ralentir les flux : Les stratégies de ralentissement des flux sont mentionnées dans 8 des 13 textes législatifs considérés, tels que la directive sur l'écoconception et la directive sur les véhicules hors d'usage, qui prévoient la réutilisation des produits.<sup>14</sup>
3. Fermeture des flux : Lorsqu'elles ont légiféré sur l'EC, les autorités de l'UE se sont concentrées sur la gestion et le recyclage des déchets (11 des 13 textes législatifs examinés). La directive-

<sup>12</sup> Un règlement est un acte législatif contraignant qui doit être appliqué dans son intégralité dans l'UE. Une directive est un acte législatif qui fixe un objectif que les pays de l'UE doivent atteindre, bien qu'il appartienne à chaque pays d'adopter ses propres lois sur la manière d'atteindre cet objectif. Pour plus d'informations, consultez les [types de législation de l'UE](#).

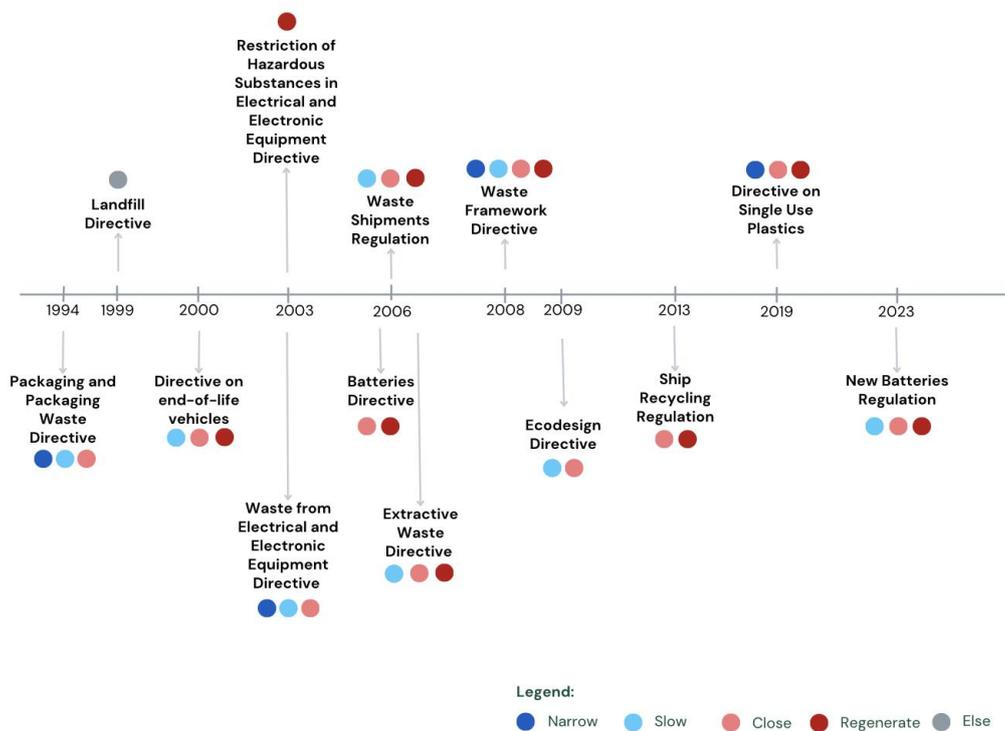
<sup>13</sup> Pour plus d'informations, consultez l'[aperçu de la politique de l'économie circulaire de la Commission européenne](#).

<sup>14</sup> En 2023, la Commission européenne a soumis une nouvelle proposition visant à mettre à jour la directive sur les véhicules hors d'usage. L'initiative propose de renforcer la circularité dans la conception et la production des véhicules, en exigeant des constructeurs automobiles qu'ils fournissent des instructions détaillées aux démonteurs sur la manière de remplacer et d'enlever les pièces, facilitant ainsi la réutilisation des composants.

cadre sur les déchets de 2008 (modifiée en 2023) a marqué un tournant. Elle fixe des normes sur le moment où les déchets peuvent cesser d'être des "déchets" et être considérés comme des produits secondaires, promeut des normes de qualité pour le recyclage et exige des systèmes de collecte séparée pour le papier, le métal, le plastique et le verre.

- Régénérer les flux : 9 des 13 législations considérées introduisent des éléments permettant de régénérer les flux, car elles limitent l'utilisation de certains matériaux toxiques et réglementent le traitement des déchets dangereux<sup>15</sup> - comme le règlement sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et les restrictions des substances chimiques (REACH), entré en vigueur en 2007 et révisé depuis pour réglementer les nanomatériaux.

Figure 1 - Chronologie des principales législations européennes



Notes. Cette figure présente le calendrier des directives et règlements de l'UE relatifs à l'économie circulaire. Chaque paquet législatif a un code couleur qui fait référence à un ou plusieurs des quatre flux de l'économie circulaire, à savoir réduire (« Narrow »), ralentir (« Slow »), fermer (« Close »), et régénérer (« Regenerate »).

**La législation européenne fixe des objectifs futurs en matière de ralentissement, de fermeture et de régénération des flux pour les États membres de l'UE, mais pas de réduction.** Les différents paquets législatifs - principalement des directives - fixent des objectifs en matière

d'EC pour les années passées et jusqu'en 2035. Parmi ces objectifs figurent la part minimale de déchets, y compris le papier, le métal, le plastique et le verre, qui doit être préparée en vue de la réutilisation et du recyclage (en poids). Celle-ci doit passer de 55 % en 2025 à 65 % en 2035 selon la directive-cadre sur les déchets.

15 Les déchets dangereux sont des déchets présentant une ou plusieurs propriétés dangereuses telles que l'explosivité, l'éco-toxicité et la cancérogénicité. Voir la directive-cadre sur les déchets pour une liste détaillée.

Parmi d'autres paquets législatifs fixant des objectifs en matière de collecte, de réutilisation et de recyclage figurent la directive sur les emballages et les déchets d'emballages (part des emballages qui doivent être recyclés), la directive sur la mise en décharge (part des déchets qui peuvent être mis en décharge), la directive sur les déchets d'équipements électriques et

électroniques (part des équipements électriques qui doivent être recyclés), le règlement sur les nouvelles piles (part des piles usagées qui doivent être recyclées) et la directive sur les plastiques à usage unique (part des bouteilles en plastique qui doivent être recyclées). Le tableau A2 de l'annexe présente les principaux objectifs de chaque législation.

#### ENCADRÉ 1 : POLITIQUES D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE EN SUISSE.

**La Suisse a historiquement pris du retard dans l'intégration de l'économie circulaire dans son programme politique.** Au niveau fédéral, cette question - même si le concept d'"économie circulaire" n'est pas utilisé - a fait son entrée dans l'agenda politique en 2012 grâce à l'initiative populaire "Pour une économie durable et fondée sur une gestion efficiente des ressources (économie verte)". Cette initiative demandait l'ajout dans la Constitution suisse d'un article stipulant l'engagement des autorités suisses (Confédération, cantons et communes) à développer une économie durable basée sur une gestion efficace des ressources, notamment en encourageant la fermeture des cycles de vie des matériaux et en veillant à ce que l'activité économique n'épuise pas les ressources naturelles et ne porte pas atteinte à l'environnement. En outre, l'initiative demandait que l'"empreinte écologique" de la Suisse soit réduite d'ici 2050 de telle sorte que, extrapolée à la population mondiale, elle ne dépasse pas l'équivalent d'une planète Terre. Qualifiée de trop ambitieuse par le gouvernement, qui souhaitait éviter des changements excessifs et rapides dans les modes de production et de consommation, l'initiative a finalement été rejetée en 2016.

**Néanmoins, une initiative parlementaire est actuellement en cours en vue de promouvoir ces principes.** Entre-temps, le sujet a continué à gagner du terrain dans les pays voisins européens, et de nombreuses interventions parlementaires sur divers aspects de l'économie circulaire ont été proposées en Suisse. Par exemple : en 2017, un postulat intitulé " Etudier les incitations fiscales et autres mesures susceptibles de stimuler l'économie circulaire afin de saisir ses opportunités "(postulat [VonLanthen 17.3505](#)) et en 2018, un postulat intitulé " Pour une levée des obstacles à l'utilisation efficace des ressources et à la mise en place d'une économie circulaire " (postulat [Noser 18.3509](#)). Depuis 2019, une multitude d'interventions parlementaires ont convergé pour créer une initiative parlementaire interpartis visant à réviser la [loi sur la protection de l'environnement](#) (LPE ; RS 814.01) - l'initiative "Développer l'économie circulaire en Suisse". Son principal objectif est que la Confédération et les cantons préservent les ressources naturelles et s'engagent à réduire l'impact environnemental sur l'ensemble du cycle de vie des produits. À l'heure où nous écrivons ces lignes (février 2024), le projet a été adopté à la fois par le Conseil national et le Conseil des États, avec seulement de légères divergences. Il s'agit d'un premier pas important vers l'adoption de l'économie circulaire en Suisse. Cependant, la mise en œuvre de ces nouvelles dispositions légales reste à faire - et le potentiel de ces nouvelles dispositions à conduire à un changement réel sur le terrain devra être soigneusement évalué.

**Simultanément, plusieurs initiatives visant à promouvoir l'économie circulaire sont lancées au niveau cantonal et dans les villes.** Par exemple, en septembre 2022, le canton de Zurich est devenu le premier canton suisse à ancrer explicitement l'économie circulaire dans sa constitution (article 106a), tandis que Genève a fait œuvre de pionnier en s'engageant à respecter les principes de l'écologie industrielle et de la réduction des déchets à la source dans sa constitution en 2012 (voir l'article 161). D'autres cantons adoptent également des feuilles de route (par exemple, Fribourg).

**La législation suisse comprend actuellement certains aspects de la fermeture des flux, bien que la réduction et le ralentissement reçoivent moins d'attention.** Les principes de gestion des déchets déjà inscrits dans la LPE (depuis 1983) sont compatibles avec ceux de l'économie circulaire : éviter la création de déchets, valoriser et ne mettre en décharge qu'en dernier lieu (voir art. 30 LPE). Cependant, lorsqu'il s'agit de concrétiser ces principes, jusqu'à présent, le cadre réglementaire suisse et son application ont eu tendance à se concentrer principalement sur la fermeture des flux de matières, notamment en améliorant le recyclage, et moins sur le rétrécissement ou le ralentissement de ces flux. Une véritable politique d'économie circulaire implique de donner la priorité à la réduction et au ralentissement des flux de matières. En outre, les politiques publiques en faveur de l'économie circulaire doivent s'affranchir de leur cloisonnement au sein des politiques publiques environnementales pour adopter une vision plus systémique de la transformation des modes de production et de consommation, par exemple en adaptant certains aspects de la législation sur les produits, de la politique fiscale, des questions de garantie et de réparation, etc. Sur ce point, par rapport à l'Union européenne, la Suisse a été plus modeste dans l'adoption de l'économie circulaire comme cadre central pour guider le développement du cadre réglementaire du pays.

Pour une discussion complète sur l'état de l'économie circulaire en Suisse, voir Brunner, D. & Moussu, N. (2023) L'économie circulaire - Agir pour une Suisse durable. Lausanne, Savoir Suisse, Presses polytechniques et universitaires romandes. [50].

### 3.2. DANS QUELLE MESURE L'ÉCONOMIE DE L'UE EST-ELLE CIRCULAIRE ?

Les législations européennes ont-elles effectivement conduit à une économie européenne plus circulaire ? Dans cette section, nous présentons l'état et les principales tendances de l'EC pour les 27 États membres de l'Union européenne (UE27), selon les quatre flux d'EC mentionnés ci-dessus, à savoir réduire, ralentir, fermer, et régénérer.

**La figure 2 montre comment l'économie de l'UE extrait, utilise et recycle les matières** (chiffres de 2022). Chaque année, des matières vierges (dans la figure 2, "Direct material inputs") sont soit extraites de l'environnement naturel de l'UE ("Natural resources extracted"), soit importées ("Imports"). Ces matières vierges, ainsi que les matières recyclées au sein de l'économie, sont utilisées comme intrants dans les activités de production et de consommation ("Processed materials"). Plus précisément, ces matières sont soit exportées, soit perdues dans l'environnement ("Dissipative flows"), soit brûlées pour répondre à nos besoins énergétiques, par exemple les combustibles fossiles - qui produisent des émissions ("Emissions to air") -, soit utilisées pour fabriquer des biens ("Material use"). Les bâtiments, les infrastructures et les biens durables en général, tels que les voitures, les machines industrielles ou les appareils ménagers, sont des exemples de ces biens. Chaque année, de nouveaux biens sont ajoutés au stock de matières de l'économie ("Material accumulation"), et les anciennes matières sont retirées du stock lorsque les bâtiments sont démolis et que les biens durables sont éliminés en tant que déchets ("Waste treatment"). Une fois que les matériaux sont devenus des déchets, ils peuvent être soit incinérés, soit mis en décharge, soit récupérés. Les opérations de valorisation peuvent être différenciées entre la récupération

d'énergie (non signalée ici), le remblayage<sup>16</sup> et le recyclage<sup>17</sup>.

**Malgré ses ambitions, l'économie de l'UE n'a pas été en mesure de réduire ses flux de ressources**, car l'utilisation de matières vierges et la production de déchets restent élevées. La figure 2 montre qu'en 2022, l'UE a extrait environ 5,5 milliards de tonnes de matériaux (soit 12,4 tonnes par habitant) et transformé environ 8 milliards de tonnes (soit 18,26 tonnes par habitant). Ce chiffre n'a cessé d'augmenter au cours des dernières années, comme le montre la figure A1 de l'annexe. Environ la moitié de la consommation est constituée de minéraux non métalliques, qui comprennent le sable, le gravier, le calcaire et les engrais minéraux (8,97 tonnes par habitant en 2022), tandis que les minerais métalliques, tels que le fer, le nickel et le cuivre, représentent une part moindre (1,76 tonne par habitant en 2022).

**La quantité de matériaux que nous éliminons sous forme de déchets reste élevée**, avec 1,8 milliard de tonnes en 2022 (3,94 tonnes par habitant), et a augmenté ces dernières années, sauf pendant la pandémie de COVID-19 où elle a fortement diminué - voir la figure A1 en Annexe. La plupart des déchets produits proviennent de l'industrie, l'exploitation minière et la construction produisant respectivement 1,67 et 2,25 tonnes de déchets par habitant en 2018. Les déchets des ménages sont restés constants au fil des ans, à environ 0,52 tonne par habitant (même pendant la pandémie de COVID-19).

**Si l'UE a réalisé certains progrès en matière de réutilisation des produits, il est difficile d'évaluer les progrès concernant le ralentissement des flux de matières en raison du manque de données.** La préparation des déchets en vue de

---

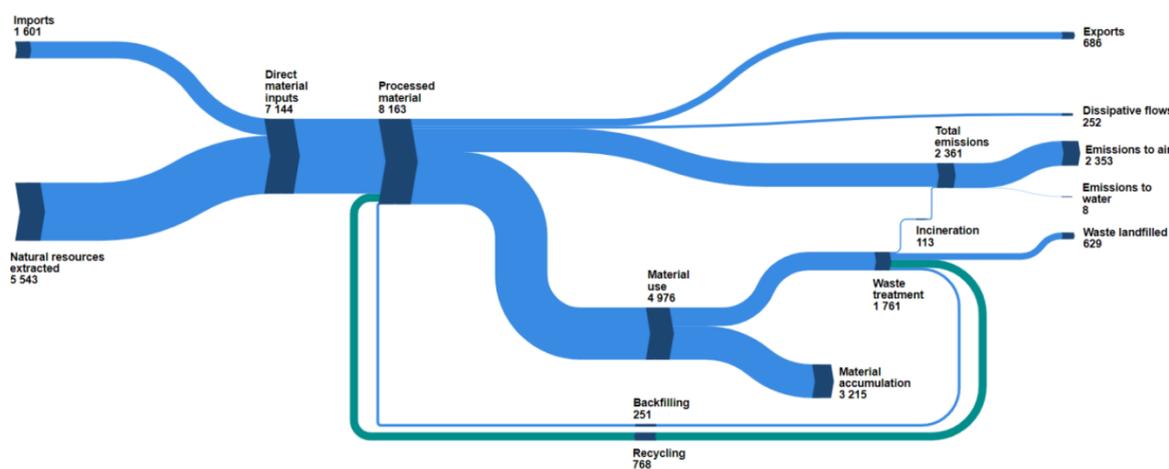
16 Le remblayage est une opération de récupération qui consiste à réutiliser les déchets de terre enlevés lors de l'excavation des fondations, des dalles porteuses ou d'autres travaux de terrassement, pour soutenir et renforcer la structure des dalles, des chaussées, des trottoirs et d'autres éléments de terrassement (Eurostat).

17 Dans la directive-cadre sur les déchets, la définition du recyclage est plus large que dans le cadre des 10 R : le recyclage est toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en produits, matériaux ou substances, que ce soit à l'origine ou à d'autres fins (Eurostat).

leur réutilisation consiste à contrôler, nettoyer et réparer les produits qui sont devenus des déchets afin qu'ils puissent être réutilisés sans autre traitement préalable.<sup>18</sup> Par exemple, la réutilisation des déchets comprend les ordinateurs et les smartphones qui sont devenus des déchets et qui ont ensuite été contrôlés, nettoyés, réparés et revendus. La quantité de produits préparés pour la réutilisation a augmenté

ces dernières années, en particulier pour les appareils électriques et électroniques, suivis par les grands équipements - voir la figure A2 en Annexe. Toutefois, les données relatives aux différentes catégories de produits réutilisés et au marché de l'occasion font actuellement défaut, ce qui rend difficile l'évaluation de l'efficacité du ralentissement des flux de matières en Europe.

**Figure 2 - Flux de matières pour l'UE en 2022**



Notes. Cette figure est un diagramme de Sankey présentant les flux de matières pour l'UE27 en 2022. La largeur des flux reflète le volume des matières, qui est exprimé en millions de tonnes. Les définitions des nœuds (en bleu foncé) se trouvent dans le texte et les métadonnées du [compte des flux de matières](#) d'Eurostat. Source : Eurostat, diagramme des flux de matières : [Eurostat, diagramme des flux de matières](#).

**Bien que l'UE ait amélioré la fermeture des flux grâce à la récupération et au recyclage, elle met encore en décharge environ 40 % de ses déchets et seulement 12 % des matériaux sont réutilisés.** En 2022, sur 1,8 milliard de tonnes de matières devenues des déchets, 36 % ont été mises en décharge (figure 2). Sur les déchets restants, environ 58 % ont été valorisés, soit par remblayage (14 %), soit par recyclage (44 %). Le niveau de récupération des matériaux est faible si l'on considère que les matériaux recyclés et remblayés ne représentent qu'environ 12 % des matériaux traités. Ce taux d'utilisation de matériaux circulaires n'a que légèrement augmenté au cours des dernières années, comme le montre le panneau (b) de la figure A3 de l'Annexe. Si l'on examine

les secteurs les plus émetteurs de GES, le niveau de recyclage est encourageant - 69 % pour l'aluminium, 61 % pour le cuivre et 75 % pour le fer -, mais la boucle est loin d'être bouclée en raison des pertes de matériaux dans les produits en fin de vie et des exportations de matériaux secondaires [51].

**Même si l'UE produit davantage d'énergies renouvelables, son approvisionnement énergétique repose encore largement sur les combustibles fossiles et elle continue de produire des déchets chimiques dangereux.** Les flux régénérés exigent de donner la priorité aux ressources régénératives pour produire des biens et des services grâce à une gestion durable des matériaux et de l'énergie, à l'élimination des déchets et à l'exclusion des produits

18 Cette catégorie ne comprend pas la réutilisation, la réparation et le nettoyage d'articles qui ne sont jamais devenus des déchets (comme les marchés d'occasion ou les services de réparation de téléphones pour les particuliers).

chimiques toxiques des processus de production. L'UE utilise de plus en plus de sources renouvelables pour produire de l'énergie, par exemple géothermique, hydraulique, marémotrice, éolienne, solaire et de chaleur ambiante, puisque la part de l'approvisionnement énergétique produite à partir de sources renouvelables est passée de 11,35 % en 2010 à 17,96 % en 2021 (voir la figure A4 en annexe). Toutefois, cette part reste faible par rapport à la part de l'énergie produite à partir du pétrole et des produits pétroliers (31,35 %) et du gaz naturel

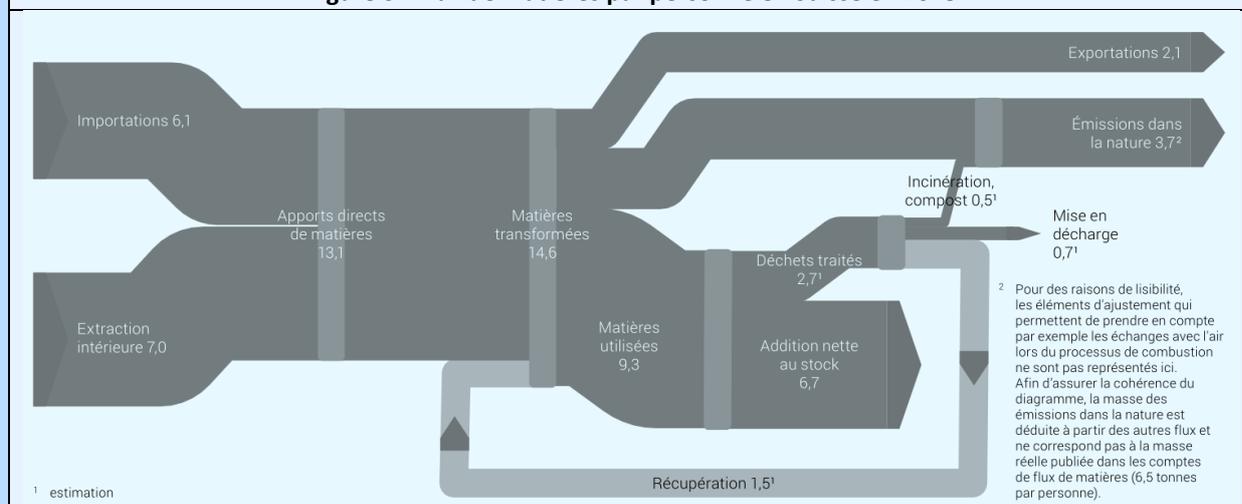
(24,28 %). En outre, les industries de l'UE devraient progresser dans l'exclusion et la réduction de l'utilisation des produits chimiques toxiques. La production de déchets chimiques dangereux, qui comprennent les catalyseurs chimiques usés, les déchets de préparation chimique et d'autres déchets chimiques, est un problème majeur [52], est restée à peu près constante au fil des ans, à environ 35 kilogrammes par habitant - figure A4 en Annexe. Ces déchets doivent être réduits pour améliorer la santé humaine et celle des écosystèmes.

## ENCADRÉ 2 : FLUX DE MATIÈRES EN SUISSE

En ce qui concerne les flux de matières, la situation en Suisse est assez comparable à celle de l'UE. Le taux de circularité est faible et le taux de déchets est élevé, voire plus élevé qu'en UE. Le schéma ci-dessous illustre les principaux flux de matières qui traversent l'économie et la société suisses, ainsi que les échanges avec le reste du monde et l'environnement. La plupart de ces flux contribuent à l'augmentation du stock physique de la société (infrastructures et biens durables), tandis que le reste est soit rejeté dans l'environnement, soit exporté, soit récupéré par le biais d'activités de valorisation des matériaux. Cette proportion de matériaux récupérés est considérée comme le "taux de circularité des matériaux" de la Suisse, représentant le flux de matériaux issus de la récupération des déchets et réutilisés dans l'économie en pourcentage de la consommation intérieure totale de matériaux. Le taux de circularité s'élevait à environ 14 % en 2021 ([Office fédéral de la statistique - Taux de circularité matérielle](#)), bien que d'autres estimations basées sur des méthodologies différentes le situent à un niveau beaucoup plus bas (moins de 7 % pour Circle Economy [53]).

Quelle que soit l'estimation choisie, il est essentiel de noter que ce taux ne tient compte que du recyclage et de la valorisation des matériaux issus des déchets et ne reflète pas toutes les stratégies d'économie circulaire liées à l'ensemble du cycle de vie des objets (telles que la réutilisation ou la réparation). Cependant, il permet d'attirer l'attention sur la problématique des déchets en Suisse. En effet, plus de 80 à 90 millions de tonnes de déchets sont produits annuellement dans le pays (chiffres pour 2020), une quantité qui n'a cessé de croître depuis les années 1980.

Figure 3 - Flux de matières par personne en Suisse en 2018



Notes. Cette figure est un diagramme de Sankey représentant les flux de matières pour la Suisse en 2018, par personne. La largeur des flux reflète le volume des matières, qui sont exprimées en tonnes. Source : [OFS – Comptabilité environnementale – Comptes des flux de matières](#) [54]

### 3.3. MODÈLES D'ENTREPRISES CIRCULAIRES

Alors qu'à ce jour notre économie reste largement linéaire, nous assistons à l'émergence d'un écosystème de plus en plus dynamique de modèles d'entreprise circulaires qui favorisent la transition. Cette section présente les différents types de modèles d'entreprise, ainsi que les facteurs et les limites permettant d'accroître l'adoption de ces modèles.

**La transition vers des modèles d'entreprise circulaires est motivée par une série de facteurs**, notamment :

1. **Pressions réglementaires** : Comme discuté précédemment, les gouvernements et les organismes de réglementation mettent en œuvre des réglementations et des politiques plus strictes pour encourager les pratiques durables, y compris des objectifs de réduction des déchets, des lois sur la responsabilité élargie des producteurs et des incitations à adopter les principes de l'économie circulaire.
2. **Raréfaction des ressources** : Les modèles commerciaux linéaires traditionnels reposant sur l'extraction de ressources limitées et la production de déchets, les entreprises se rendent compte que la disponibilité et le coût des ressources peuvent devenir un risque important. L'adoption de modèles circulaires permet aux entreprises de réduire leur dépendance à l'égard des ressources vierges en recyclant et en réutilisant les matériaux, ce qui atténue l'impact de la raréfaction des ressources [55].
3. **L'évolution des préférences des consommateurs** : Les consommateurs accordent de plus en plus d'importance aux produits et services durables. Ils sont plus conscients de l'impact environnemental de leurs achats et préfèrent les entreprises qui font preuve

d'un engagement en faveur du développement durable [56]. L'adoption d'un modèle d'entreprise circulaire permet aux entreprises de répondre à l'évolution des exigences des consommateurs et d'acquiescer un avantage concurrentiel.

4. **Réduction des coûts et efficacité** : Les modèles d'entreprise circulaires peuvent améliorer l'efficacité des ressources et réduire les coûts de gestion des déchets [57]. En adoptant des pratiques telles que le recyclage, la réparation, et le reconditionnement, les entreprises peuvent optimiser l'utilisation des ressources, prolonger la durée de vie des produits et réduire la nécessité d'extraire des matières premières.
5. **Réputation et valeur de la marque** : L'adoption de pratiques circulaires peut améliorer la réputation et la valeur de la marque d'une entreprise. En démontrant leur engagement en faveur de la durabilité et de la gestion responsable des ressources, les entreprises peuvent attirer des consommateurs, des investisseurs et des employés soucieux de l'environnement, ce qui peut avoir un impact positif sur leur position sur le marché et leur succès à long terme [56], [58].

Les modèles circulaires peuvent renforcer la résilience d'une entreprise en diversifiant les chaînes d'approvisionnement, en réduisant les coûts et la dépendance à l'égard des prix volatils des matières premières, et en établissant des relations plus solides avec les clients grâce à l'innovation en matière de produits et à la gestion des produits. En outre, la transition vers une économie circulaire nécessite souvent des solutions innovantes et une collaboration entre les secteurs, ce qui favorise les opportunités de croissance et les nouveaux modèles d'entreprise. Toutefois, ces facteurs varient en

fonction de la situation géographique, du secteur et de la chaîne de valeur, ainsi que des circonstances propres à chaque entreprise.

**L'émergence et l'expansion des modèles d'entreprise circulaires se heurtent également à divers obstacles et défis, notamment :**

1. **Investissements initiaux et contraintes financières :** Le passage à des modèles d'entreprise circulaires nécessite souvent des investissements initiaux importants en termes de technologie, d'infrastructure et de réévaluation des processus [32], [59]. Les petites entreprises ou celles dont les ressources financières sont limitées peuvent avoir du mal à supporter ces coûts, en particulier si leurs marges bénéficiaires sont déjà faibles.
2. **Chaînes d'approvisionnement complexes :** La transition vers des modèles circulaires nécessite souvent des changements dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Les entreprises peuvent être amenées à établir de nouveaux partenariats, à s'assurer des sources fiables de matériaux recyclés ou réutilisés et à développer des systèmes de logistique inverse. La gestion de ces chaînes d'approvisionnement complexes peut s'avérer difficile, en particulier pour les grandes organisations dont les activités sont diversifiées et mondiales [32].
3. **Obstacles réglementaires et politiques :** Si certaines réglementations et politiques favorisent les principes de l'économie circulaire, d'autres peuvent involontairement entraver la transition. Un manque d'harmonisation ou des politiques contradictoires peuvent créer des obstacles ou des incertitudes pour les entreprises qui cherchent à adopter des modèles d'entreprise circulaires [60]. Des cadres réglementaires clairs et favorables sont essentiels pour faciliter la transition.
4. **La demande du marché et une sensibilité des clients limitées :** La demande

de produits et de services circulaires est encore limitée sur certains marchés. Les clients peuvent ne pas connaître le concept ou ne pas être disposés à payer une "prime verte" pour des produits circulaires. Générer une demande suffisante sur le marché et sensibiliser les clients aux avantages de la circularité peut être un défi pour les entreprises [60], [61].

5. **Résistance culturelle et organisationnelle :** La résistance au changement au sein des organisations peut constituer un obstacle important. La définition d'une stratégie d'EC claire, l'allocation des ressources nécessaires, la définition des rôles et des objectifs, ainsi que l'éducation des employés sont essentielles pour favoriser une culture et des pratiques organisationnelles qui soutiennent une transition vers des modèles d'entreprise circulaires [62].
6. **Limites techniques et technologiques :** La disponibilité et la maturité des technologies nécessaires à la circularité peuvent constituer une limite. Pour certaines industries ou certains produits, par exemple le recyclage de textile et de l'électronique, il se peut que les technologies appropriées n'existent pas encore ou qu'elles soient d'un coût prohibitif.

**Pour surmonter ces obstacles et ces limites, il faut une combinaison de politiques de soutien, d'incitations financières, de collaboration intersectorielle et d'efforts de sensibilisation.** Les gouvernements, les associations industrielles et les organisations à but non lucratif jouent un rôle crucial en fournissant des orientations, en facilitant le partage des connaissances et en créant un environnement propice à la transition vers des modèles d'entreprise circulaires [55].

Malgré ces obstacles et ces limites, nous assistons à l'émergence d'un écosystème de plus en plus dynamique de modèles d'entreprise d'EC. Le Tableau 2 en donne quelques exemples.

<b>Tableau 2 - Illustration des modèles d'entreprise circulaires</b>	
<b>Refuser</b>	Lush Cosmetics propose des produits sans emballage, encourageant les clients à éviter les emballages inutiles et à réduire les déchets. Lush Cosmetics propose une gamme de produits cosmétiques, de soins de la peau et de produits d'hygiène personnelle avec un minimum d'emballage, voire sans emballage, afin de promouvoir une approche plus durable de la consommation.
<b>Repenser</b>	Philips Lighting (aujourd'hui Signify) a revu la conception de ses produits d'éclairage pour se concentrer sur les solutions d'éclairage LED à haut rendement énergétique. Ces produits sont conçus pour durer longtemps, être recyclables et ne pas contenir de substances dangereuses.
<b>Réduire</b>	Miles est une plateforme numérique de covoiturage qui permet aux utilisateurs d'accéder à des véhicules à la demande, réduisant ainsi la nécessité de posséder une voiture privée. En encourageant la mobilité partagée, Miles optimise l'utilisation des véhicules, ce qui permet d'économiser les ressources.
<b>Réutiliser</b>	Loop est une initiative développée par TerraCycle qui permet aux consommateurs d'acheter des produits dans des emballages réutilisables. Après utilisation, l'emballage est collecté, nettoyé et rechargé, réduisant ainsi les déchets à usage unique.
<b>Réparer</b>	Fairphone est un fabricant de smartphones qui met l'accent sur l'approvisionnement éthique et la réparabilité. Ses téléphones sont conçus avec des composants modulaires, ce qui permet aux utilisateurs de réparer et de remplacer plus facilement des pièces spécifiques plutôt que de remplacer l'appareil entier.
<b>Rénover</b>	Backmarket est un marché en ligne qui contribue à l'économie circulaire en remettant à neuf et en revendant des appareils électroniques. En prolongeant la durée de vie des appareils électroniques, il réduit les déchets électroniques et promeut une approche plus durable de la consommation.
<b>Refabriquer</b>	Le programme Green World Alliance de Xerox réutilise les cartouches de toner et autres fournitures d'impression. Il collecte les cartouches usagées, les remet à neuf et les réintroduit sur le marché, réduisant ainsi les déchets et préservant les ressources.
<b>Recycler</b>	TOMRA Systems est une entreprise qui développe des systèmes de recyclage avancés, notamment des distributeurs automatiques inversés qui collectent et recyclent les emballages de boissons usagés. Ces systèmes permettent d'automatiser et d'optimiser le processus de recyclage.
<b>Récupérer</b>	Anaergia est une entreprise spécialisée dans la récupération d'énergie à partir de déchets organiques par digestion anaérobie. Elle convertit les déchets organiques, tels que les déchets alimentaires et les résidus agricoles, en biogaz pour la production d'énergie.
<b>Régénérer</b>	Patagonia a mis au point la certification Regenerative Organic, qui met l'accent sur les pratiques agricoles régénératrices qui améliorent la santé des sols, la biodiversité et la résilience des écosystèmes.

## 4. L'AVENIR DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE EN EUROPE

Compte tenu de la forte empreinte des matériaux sur les émissions, la Commission européenne a placé l'EC au cœur de la stratégie de l'UE pour atteindre zéro émission nette de GES en 2050 [36], [63]. Cependant, bien que l'EC ait le potentiel de créer des avantages économiques et environnementaux substantiels, la mise en œuvre et les impacts réels des actions de circularité dans l'UE restent incertains. Dans cette section, nous examinons si nos efforts actuels sont suffisants pour atteindre les objectifs de neutralité carbone, le rôle de l'EC dans la réalisation de ces objectifs, et les mesures qui pourraient être entreprises pour rectifier le tir.

**De nombreuses publications ont étudié l'impact des stratégies d'EC sur les émissions de GES et l'utilisation des matériaux.** Par exemple, Material Economics (2018) estime que les stratégies d'EC concernant l'acier, les plastiques, l'aluminium et le ciment pourraient réduire les émissions industrielles de 56 % d'ici 2050 [27].<sup>19</sup> Plus proche de notre travail, Ciacci et al. (2020) se concentrent sur l'évolution de la demande en cuivre - qui devrait augmenter dans les véhicules électriques et les infrastructures de recharge, compte tenu de l'objectif de l'UE de réduire les émissions de GES de 50 % dans ce secteur d'ici à 2050 [64]. Ils constatent que, dans trois scénarios sur quatre, la production secondaire de cuivre serait insuffisante pour atteindre l'objectif en matière d'émissions, même si elle est associée à un recyclage intensif, à une décarbonisation modérée de

l'électricité et à des améliorations de l'efficacité énergétique. Toutefois, ces études - et la plupart des publications - analysent les secteurs un par un, indépendamment de ce qui se passe dans le reste de l'économie.

**Dans ce qui suit, nous évaluons les stratégies d'EC dans le contexte des trajectoires de décarbonisation de l'UE, à l'aide d'un modèle systémique dynamique appelé EUCalc.** EUCalc permet de simuler les impacts de changements technologiques et de modes de vie dans l'ensemble de l'économie.<sup>20</sup> Cette approche nous permet de mieux comprendre les synergies et les compromis potentiels lorsque des stratégies de circularité sont mises en œuvre simultanément dans la société.

### 4.1 LA STRATÉGIE À LONG TERME DE L'UE POUR 2050

**Reconnaissant que la transition vers la neutralité climatique est un défi urgent, l'UE a exploré plusieurs trajectoires pour parvenir à des émissions nettes de GES nulles en 2050** [65], [66]. Le scénario de référence *LTS Baseline* (« Long Term Strategy »), reflète les politiques et les objectifs pour 2030 convenus dans l'UE en novembre 2018.<sup>21,22</sup> Ces mesures ne devraient permettre de réduire les émissions que d'environ 60 % par rapport à 1990, ce qui ne permet pas à l'UE de respecter son engagement en faveur de la neutralité climatique (voir figure 4). La Commission européenne a donc étudié plusieurs trajectoires alternatives et

<sup>19</sup> D'autres études similaires sont résumées dans le tableau A1 de l'Annexe.

<sup>20</sup> Veuillez consulter le site web du projet [European Calculator](#) pour une description du modèle EUCalc et une documentation détaillée. Le modèle comprend également une [interface en ligne](#) permettant d'explorer les trajectoires de décarbonisation et de visualiser les impacts environnementaux et socio-économiques associés.

<sup>21</sup> Les mesures comprennent la réforme du système d'échange de quotas d'émission, la réglementation sur la répartition de l'effort, les objectifs 2030 pour l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, ainsi que des législations sur l'efficacité carbone des véhicules et sur l'utilisation des terres et les forêts. À la suite du [pacte vert pour l'Europe](#), certaines législations ont été révisées pour répondre à l'ambition climatique plus élevée. Par exemple, la part minimale d'énergies renouvelables dans le mix énergétique de 2030 a été portée de 32 % à 42,5 % dans la révision de 2023 de la [directive sur les énergies renouvelables](#).

<sup>22</sup> Il va sans dire que les objectifs d'émission peuvent ne pas être atteints. Par exemple, Kalmykova et al. (2015) constatent que les politiques mises en œuvre n'ont pas réussi à réduire de manière significative la consommation de ressources en Suède, tandis que la production de déchets a largement dépassé les améliorations en matière de recyclage [67]. En outre, Tol (2021) souligne que les politiques climatiques de l'UE peuvent être plus coûteuses qu'initialement prévu, et donc plus difficiles à mettre en œuvre [68].

plus ambitieuses pour atteindre la neutralité climatique nette [65], [66]. Dans le présent document, nous examinons trois scénarios basés sur ces trajectoires :

- **Le scénario *Life* dépeint une Europe avec des changements de comportement ambitieux**, par exemple des régimes alimentaires plus sains et flexibles, la diminution du nombre d'appareils électroménagers et des voitures possédés grâce au développement de l'économie de partage, la réduction des températures de chauffage dans les bâtiments, et l'augmentation de la durée de vie des produits. Ce scénario est basé sur la trajectoire EU 1.5LIFE [66].<sup>23</sup>
- **Le scénario "*Tech*" dépeint une Europe caractérisée par des changements technologiques ambitieux**, tels que des systèmes énergétiques plus efficaces, des bâtiments mieux isolés, un parc automobile électrifié, une plus grande efficacité des matériaux dans l'industrie et le déploiement de technologies de captage du carbone. Ce scénario est basé sur la trajectoire EU 1.5TECH [66].
- **Le scénario *Tango* suppose une évolution des modes de production et de consommation vers une économie circulaire** et combine les changements comportementaux et technologiques les plus ambitieux des scénarios *Life* et *Tech*.

Nous avons simulé les scénarios *LTS Baseline*, *Life*, *Tech* et *Tango* à l'aide du [modèle EU Calc](#). Les hypothèses détaillées sont décrites dans Costa et al. (2019) [69] et les résultats peuvent être reproduits à l'aide de l'[interface web d'EU- Calc](#). La figure 4 présente l'évolution des émissions de GES en Europe pour chaque scénario, et les émissions de GES détaillées par secteur sont indiquées dans le tableau A3 de l'Annexe.

**Nos résultats montrent que l'Europe devra adopter des changements technologiques et comportementaux drastiques pour atteindre l'objectif de zéro émission nette de GES d'ici 2050 :**

- Le scénario de référence *LTS Baseline* montre qu'avec les politiques actuelles, l'UE est loin d'atteindre la neutralité climatique (dans la figure, la ligne rouge ne croise pas la ligne du zéro). Sous l'impulsion de la [directive sur les énergies renouvelables](#) et de la [directive sur l'efficacité énergétique](#), les émissions de GES diminuent fortement dans les bâtiments (-76 % en 2050 par rapport à 2015) et dans l'approvisionnement en énergie (-73 %). Toutefois, les émissions du secteur manufacturier restent élevées (-22,5 %), notamment en raison des industries difficiles à décarboner telles que l'acier, le ciment et les produits chimiques.
- Le scénario *Life* montre que, même avec des changements de comportement radical, l'UE ne sera pas en mesure d'atteindre la neutralité climatique en 2050 (ligne rose). Néanmoins, la réduction des distances parcourues, l'augmentation de la part des transports publics et l'adoption du covoiturage réduisent les émissions dans les transports de 73 % en 2050 par rapport à 2015. En outre, les émissions dans l'agriculture diminuent de 61 % grâce à l'adoption de régimes alimentaires plus sains et à la réduction des déchets alimentaires.
- Dans le scénario *Tech*, l'Europe atteint la neutralité climatique vers 2050, avec des changements technologiques ambitieux et des réductions significatives des GES dans les bâtiments (-90%), les transports (-88%) et l'industrie manufacturière (-65%) en 2050 par rapport à

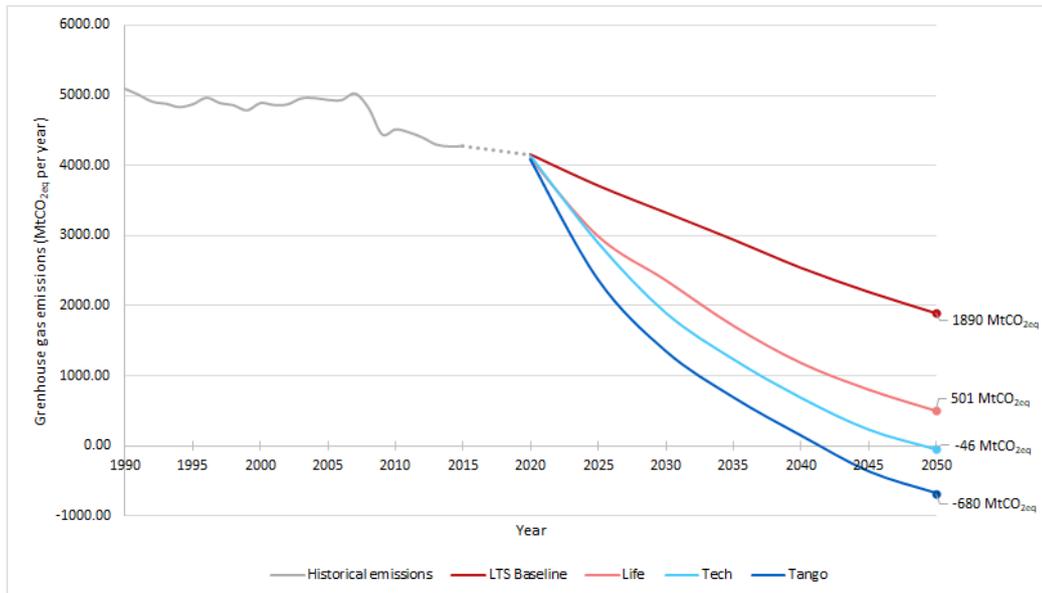
---

<sup>23</sup> Le scénario EU 1.5LIFE envisage des changements technologiques plus importants que le scénario *Life* et est donc plus ambitieux. Dans le scénario *Life*, les changements technologiques suivent ceux du scénario de référence *LTS*, ce qui nous permet de mettre en évidence les effets des changements de comportement.

2015, grâce à une efficacité accrue des matériaux et à un passage à des matériaux à moindre intensité carbone. Toutefois, la neutralité climatique ne sera atteinte que grâce au déploiement massif des technologies de capture et de stockage du carbone, qui permettront d'éliminer 520 MtCO<sub>2eq</sub> par an en 2050.<sup>24</sup>

- Dans le scénario *Tango*, la combinaison de changements comportementaux et technologiques radicaux permet à l'UE d'atteindre la neutralité climatique dès 2040. Les changements de mode de vie accélèrent et facilitent la transition, contribuant à plus de 20 % de la réduction des émissions de GES nécessaires [69].

**Figure 4 - Évolution des émissions de GES en Europe**



Notes. Ce graphique présente l'évolution des GES territoriaux en Europe (UE27, Royaume-Uni, Suisse) pour 4 scénarios. Le scénario de référence *LTS Baseline* reflète les politiques et objectifs actuels convenus dans l'UE [65], [66]. Le scénario *Life* dépeint une Europe où les changements de mode de vie sont ambitieux. Le scénario *Tech* dépeint une Europe avec des changements technologiques ambitieux. Le scénario *Tango* combine à la fois les changements de mode de vie et les changements technologiques. L'année de référence est 2015 : les émissions historiques sont calibrées jusqu'en 2015 et simulées entre 2020 et 2050. Source : Les résultats ont été simulés à l'aide du [modèle EUCalc](#) et peuvent être reproduits en utilisant l'[interface web d'EUCalc](#).

<sup>24</sup> Le déploiement des technologies de capture et de stockage du carbone reste incertain. Pour approfondir cette question, voir le livre blanc d'E4S "Carbon removal, net zero, and implications for Switzerland" (élimination du carbone, net zéro, et implications pour la Suisse) [70].

## 4.2 STRATÉGIES CIRCULAIRES POUR AT-TEINDRE NET-ZÉRO

Les scénarios de décarbonisation reposent sur des hypothèses concernant notamment l'évolution des stratégies d'EC dans les années à venir. Dans ce qui suit, nous discutons de ces hypothèses pour tracer le déploiement des stratégies d'EC dans l'UE.

**Dans le scénario de référence *LTS Baseline*, le recyclage et l'efficacité énergétique s'améliorent considérablement.** L'UE a jeté les bases d'une transition vers les énergies propres, comme l'illustrent les directives sur l'[efficacité énergétique](#) et les [énergies renouvelables](#), qui visent à améliorer l'efficacité énergétique et à atteindre 42,5 % d'énergies renouvelables d'ici à 2030. Ces efforts devraient se poursuivre jusqu'en 2050. Par exemple, le label écologique pourrait contribuer à accroître l'efficacité des appareils électroménagers de 65 % d'ici à 2050, soit un peu moins que dans le scénario *Tango* (89 %). La [directive relative aux déchets](#) contribue à une amélioration significative des taux de recyclage : 58 % pour l'acier secondaire, 72 % pour l'aluminium secondaire et 80 % pour le papier secondaire d'ici à 2050.

**Cependant, le scénario de référence *LTS Baseline* manque encore d'engagements concernant d'autres aspects de l'EC, à savoir la réduction, le ralentissement et la régénération des flux.** Par exemple, la distance moyenne parcourue continue d'augmenter (+18 % d'ici 2050 par rapport à 2015), le nombre d'appareils possédés par les ménages augmente (par exemple, 2,3 ordinateurs en 2050 contre 1,7 en 2015) alors que la durée de vie des appareils reste au niveau de 2015, et les ressources non régénératives telles que l'acier et le ciment restent prédominantes dans la construction des bâtiments.

**Dans le scénario *Tango*, l'adoption généralisée de stratégies d'EC dans tous les secteurs permet de libérer tout le potentiel de réduction des GES nécessaire pour atteindre la neutralité climatique.** Certaines de ces stratégies

sont décrites ci-dessous et détaillées dans le Tableau 3 :

1. **Réduire les flux** : Dans le secteur des transports, le télétravail et l'augmentation des loisirs et services de proximité devraient réduire la distance moyenne parcourue d'environ 8 % d'ici 2050 par rapport au niveau de 2015, et le développement des plateformes et services de covoiturage fait passer le taux d'occupation moyen des voitures de 1,6 en 2015 à 2,75 en 2050. Dans les bâtiments, les stratégies de partage et de location réduisent le nombre d'appareils électroménagers possédés par les ménages. La conception de produits plus efficaces qui augmentent la durabilité tout en facilitant la réparation et le démontage réduit la fréquence d'achat des équipements électroniques de 30 %. Dans l'industrie manufacturière, une conception plus intelligente des produits et la réduction des surspécifications et des déchets de production augmentent l'efficacité matérielle de l'acier de 33 %, du ciment de 20 % et de l'aluminium de 14 %. Enfin, l'utilisation d'emballages en plastique et les déchets alimentaires des consommateurs diminuent également de manière significative, de 40 % et 75 %.
2. **Ralentir les flux** : Grâce aux stratégies de partage et de réparation, les appareils sont remplacés moins souvent. Par exemple, la durée de vie des machines à laver et des ordinateurs augmente respectivement de 10 % et de 30 % [71].
3. **Fermeture des flux** : La recirculation des matériaux stimule les taux de recyclage, augmentant la part de l'acier secondaire de 39 % en 2015 à 70 % d'ici 2050, celle de l'aluminium de 57 % à 79 % et celle du papier de 54 % à 90 %.

4. **Des flux régénérateurs** : Les ressources régénératives comme le bois remplacent 20 % de l'acier et 60 % du béton dans la construction, tandis que les fibres naturelles supplantent 20 % des produits chimiques dans les surfaces renouvelées. De plus, le secteur industriel augmente la production de ciment à

base de géopolymères de 11 à 20 %. Dans le même temps, la part de la production d'énergie renouvelable passe de 64 % à 75 %. Enfin, le déploiement des pratiques de l'agriculture biologique permet de remplacer les engrais de synthèse par des engrais organiques.<sup>25</sup>

---

25 Le livre blanc d'E4S intitulé "Threats to Nitrogen Fertilizer, Opportunities to Cultivate Sustainable Practices" (Menaces pour les engrais azotés, opportunités pour cultiver des pratiques durables) explore les moyens d'évoluer vers des pratiques agricoles plus durables tout en maintenant un niveau viable d'approvisionnement alimentaire. [72].

Stratégie	Secteur	Action	2015	Scénario 2050	
				<i>Baseline</i>	<i>Tango</i>
<b>Réduire</b>	Transport	Distance moyenne parcourue (pkm/an)	12'466	15'120	11'521
		Occupation moyenne des voitures (personne/véhicule)	1.6	1.6	2.75
	Bâtiment	Nombre d'appareils par ménage : • Machines à laver • Ordinateurs	0.9 1.7	0.95 2.3	0.8 1.3
		Efficacité des appareils électroménagers	-	+65%	+89%
	Industrie	Efficacité matérielle <sup>26</sup> : • Acier • Ciment • Aluminium		+19% +12% +8%	+33% +20% +14%
		Utilisation d'emballages plastiques (kg/cap/an)	30	34	18
Alimentation	Déchets alimentaires (kcal/cap/jour)	515	390	130	
<b>Ralentir</b>	Bâtiment	Prolongation de la durée de vie des appareils (par rapport à 2015) : • Machines à laver • Ordinateurs		0% 0%	+10% +30%
<b>Fermer</b>	Industrie	Part de matériaux recyclés (%) : • Acier secondaire <sup>27</sup> • Aluminium • Papier	39% 57% 54%	58% 72% 80%	70% 79% 90%
<b>Régénérer</b>	Bâtiment	Substitution de matériaux : • Acier par du bois dans les bâtiments • Béton par du bois dans les bâtiments • Produits chimiques par des fibres naturelles pour la rénovation		3.5% 10% 3.5%	20% 60% 20%
	Industrie	Ciment à base de géopolymères (%)	0%	11%	20%
	Énergie	Part de la production d'électricité renouvelable	28%	64%	75%
	Agriculture	Utilisation d'engrais synthétiques (kg/ha)	150	200	0

Notes. Le tableau présente quelques indicateurs de circularité en Europe (UE27, Royaume-Uni, Suisse) pour deux trajectoires futures. Le scénario de référence *LTS Baseline* reflète les politiques et les objectifs actuels de l'UE ([Commission européenne, 2018a](#) ; [Commission européenne, 2018b](#)) [65], [66]. Le scénario *Tango* dépeint une Europe dont le mode de vie et les changements technologiques sont ambitieux. Notez que les valeurs présentent la moyenne en Europe, mais qu'il existe une hétérogénéité importante au niveau des pays. Source : Les résultats ont été extraits du [modèle EUCalc](#) et sont accessibles via l'[interface web d'EUCalc](#). De plus amples détails sont disponibles dans les documentations spécifiques des modules EUCalc : Lifestyle ([Costa et al., 2020](#)) [73], Buildings ([Kockat & Wallerand, 2020](#)) [74], Transport ([Taylor et al., 2020](#)) [75], Manufacturing ([Warmuth et al., 2020](#)) [76], Energy ([Gyalai-Korpos et al., 2019](#)) [77], et Agriculture ([Baudry et al., 2019](#)) [78].

<sup>26</sup> L'efficacité matérielle est le rapport entre la matière utilisée dans les produits et la matière reçue comme intrant pour la fabrication des produits

<sup>27</sup> En Europe, l'acier est produit selon deux procédés principaux : le procédé Linz-Donawitz (LD) et le four à arc électrique (EAF). Le procédé LD est une méthode de fabrication de l'acier primaire qui transforme de la fonte brute en acier (de la ferraille est ajoutée pour contrôler la température du processus). Le four à arc électrique est une méthode de fabrication de l'acier secondaire qui transforme la ferraille en acier.

## 4.3 CONSOMMATION DE MATÉRIAUX ET

### TRAJECTOIRES NET-ZÉRO

L'impact des changements technologiques et comportementaux va bien au-delà de la réduction des émissions. Dans cette section, nous examinons les effets de ces changements sur la consommation de matériaux et soulignons les compromis qui pourraient survenir.

**Aujourd'hui, les matériaux les plus utilisés dans les secteurs stratégiques pour l'UE sont l'aluminium, le cuivre, le nickel, le silicium métall et le manganèse.** La Commission européenne s'est penchée sur la question de l'approvisionnement en matières premières dans son économie [19]. Elle a identifié 51 matières premières critiques, qui sont des matières d'une grande importance économique et exposées à un risque d'approvisionnement élevé. Parmi ces matières premières critiques, la Commission a identifié 26 matières premières stratégiques qui sont largement utilisées dans 15 technologies stratégiques pour l'UE.<sup>28</sup> Plus précisément, le lithium, le graphite, le cobalt, le nickel et le manganèse sont largement utilisés dans les batteries lithium-ion. Les terres rares, comme le dysprosium, le néodyme, le praséodyme et le terbium, sont utilisées dans les aimants des moteurs de traction, des turbines éoliennes et des technologies de l'information et de la communication (TIC). Le platine est utilisé dans les piles à combustible, les électrolyseurs et les TIC. Les matières premières stratégiques utilisés dans la plupart des technologies actuelles sont l'aluminium et le minerai de fer (utilisés dans les 15 technologies considérées), le cuivre, le nickel, le silicium métall (14 technologies) et le manganèse (13 technologies).

**Les matériaux dont la demande augmentera le plus dans les années à venir sont le lithium, le graphite, le cobalt, le nickel et les terres rares comme le néodyme et le dysprosium.** Carrara et al. (2023) ont estimé l'augmentation de la demande de matériaux stratégiques d'ici à 2050 en raison de la transition vers la neutralité climatique [19]. En Europe, les demandes de graphite et de lithium en 2050 seront, respectivement, 22 et 18 fois supérieure à celles d'aujourd'hui.<sup>29</sup> De la même façon, mais à un degré moindre, les demandes de nickel et de cobalt augmenteront également - respectivement 14 et 4 fois plus qu'aujourd'hui. Parmi les terres rares, le néodyme et le dysprosium seront les éléments les plus demandés en 2050, soit 4 fois plus qu'aujourd'hui. Enfin, le cuivre et l'aluminium continueront d'être largement utilisés, et leur demande sera respectivement multipliée par 8 et 5 par rapport à aujourd'hui.

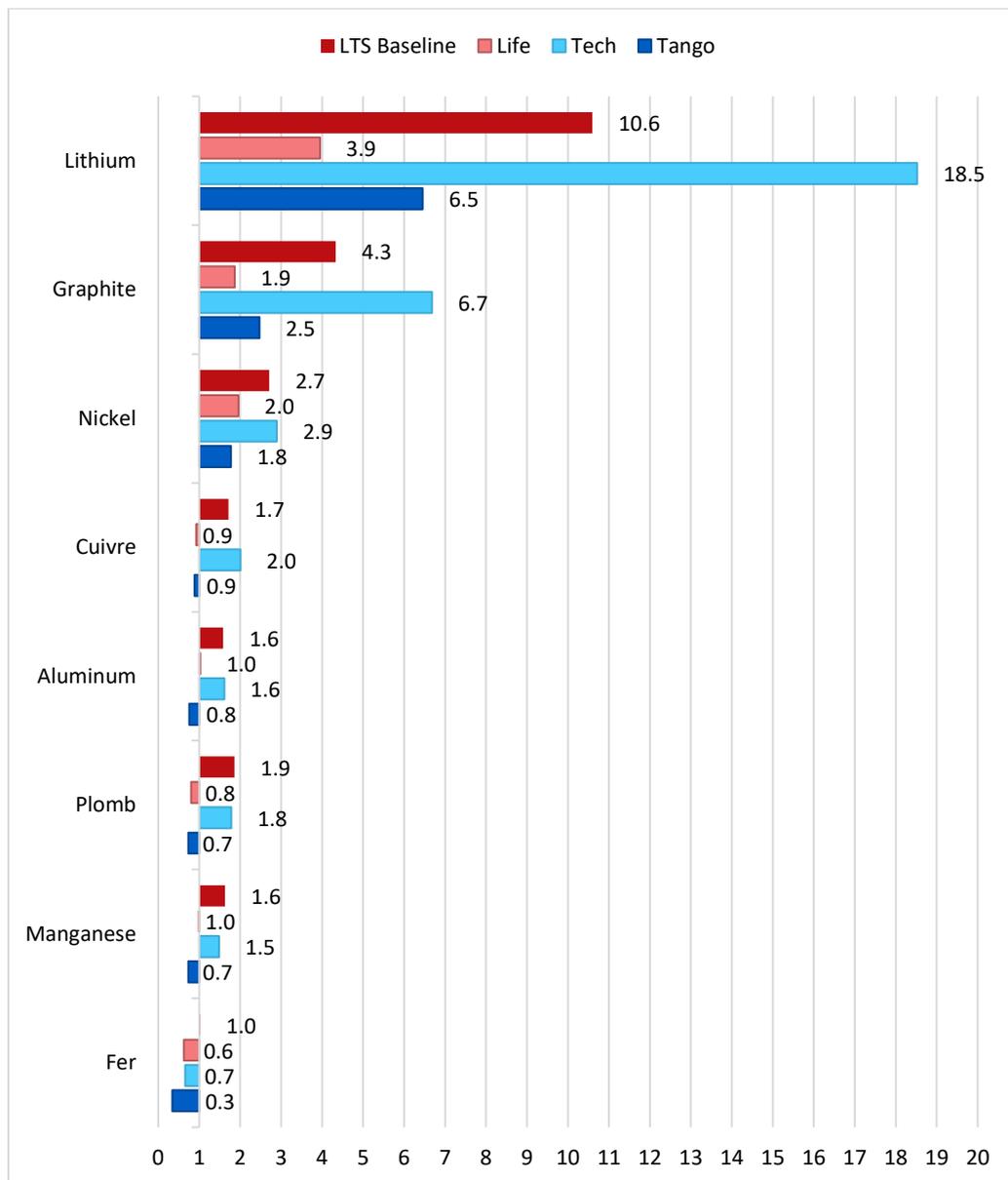
**Dans nos simulations, les changements technologiques augmentent fortement la demande de matériaux tels que le lithium et le graphite.** La Figure 5 présente la demande de minéraux en Europe en 2050 pour les scénarios *LTS Baseline*, *Life*, *Tech* et *Tango*, par rapport au niveau de 2015. La demande détaillée pour chaque secteur est présentée dans le Tableau A4 de l'Annexe. La demande de minéraux en 2050 dans le scénario *Tech* augmente d'un facteur 19 pour le lithium, 7 pour le graphite, 2 pour le cuivre et 3 pour le nickel.<sup>30</sup> En effet, les technologies à faible émission de carbone telles que les véhicules électriques, les énergies renouvelables et les batteries nécessitent plus de minéraux que leurs alternatives.

<sup>28</sup> Les technologies stratégiques sont : batteries li-ion, piles à combustible, électrolyseurs, éoliennes, moteurs de traction, panneaux photovoltaïques, pompes à chaleur, h2-dri, réseaux de transmission de données, stockage de données et serveurs, smartphones, tablettes et ordinateurs portables, fabrication d'additifs, robotique, drones, lanceurs spatiaux et satellites.

<sup>29</sup> Ces chiffres sont des moyennes pour les deux scénarios présentés dans le rapport, à savoir un scénario de demande élevée et un scénario de demande faible.

<sup>30</sup> La différence entre nos résultats et ceux de Carrara et al. (2023) [19] peut s'expliquer par la différence de portée des études. Par exemple, Carrara et al. (2023) incluent les serveurs de données, la robotique et les drones dans leur analyse, alors que ces technologies ne sont pas représentées dans EUCalc. D'autre part, le modèle EUCalc inclut la construction de bâtiments et plusieurs appareils tels que les machines à laver, les réfrigérateurs et les téléviseurs, qui ne sont pas incluses dans l'étude de Carrara et al. (2023). Voir le tableau 10 de Raffray (2020) pour la liste des technologies incluses dans EUCalc. [79].

**Figure 5 - Demande de minéraux en Europe en 2050 par rapport au niveau de 2015**



Notes. Ce graphique montre la demande en minéraux en 2050 pour quatre scénarios de transition par rapport au niveau de 2015. Une valeur de 1 signifie que la demande en 2050 est la même qu'en 2015. Le scénario de référence *LTS Baseline* reflète les politiques et les objectifs actuels convenus dans l'UE l'UE ([Commission européenne, 2018a](#) ; [Commission européenne, 2018b](#)) [65], [66]. Le scénario *Life* dépeint une Europe où les changements de mode de vie sont ambitieux. Le scénario *Tech* dépeint une Europe avec des changements technologiques ambitieux. Le scénario *Tango* combine à la fois les changements de mode de vie et les changements technologiques. Le champ d'application comprend les besoins en minéraux pour le transport de passagers et de marchandises (voitures, camions, bus, trains, avions, navires), les appareils (ordinateurs, téléviseurs, réfrigérateurs, lave-vaisselle), les technologies d'approvisionnement en énergie (photovoltaïques, éoliennes, centrales hydroélectriques, centrales nucléaires, au charbon et au gaz, batteries). Pour plus d'informations, veuillez-vous référer à [Raffray \(2020\)](#) [79]. Source : Les résultats ont été simulés à l'aide du [modèle EUCalc](#) et peuvent être reproduits à l'aide de l'[interface web d'EUCalc](#).

**Toutefois, les changements de mode de vie pourraient considérablement atténuer la pression exercée sur les matériaux.** La diminution des distances parcourues et le développement du covoiturage sont essentiels pour compenser partiellement l'augmentation de la demande en minéraux due à l'électrification du parc automobile. Ainsi, dans le scénario *Life*, la demande de lithium augmente "seulement" d'un facteur 4 en 2050 par rapport au niveau de 2015, tandis que la demande de graphite et de nickel double. Pour d'autres matériaux tels que le cuivre, la demande reste proche des valeurs de 2015.

**La combinaison des changements de mode de vie et technologiques fait baisser la demande globale de matériaux, en particulier dans les secteurs difficiles à décarboner.** Dans le scénario *Tango*, grâce à l'amélioration de l'efficacité des matériaux et au passage à des ressources régénératives, la production d'acier diminue de 46 % en 2050 par rapport à 2015, et l'augmentation des taux de recyclage réduit encore la demande de fer (-65 %).<sup>31</sup> Les stratégies circulaires entraînent également une réduction de la demande d'aluminium (-24 %), de plomb (-27 %) et de cuivre (-11 %). Ces réductions font plus que compenser l'augmentation de la demande de lithium, de graphite et de nickel : la demande totale de matériaux diminue de 56 % en 2050 par rapport à 2015.

**Ces prévisions sur la demande de matériaux mettent en évidence les compromis qui existent pour atteindre la neutralité climatique.** Le scénario *Tango* conduit aux émissions de GES et aux demandes les plus faibles pour l'aluminium, le cuivre, le fer, le nickel, le manganèse et le plomb. En revanche, c'est dans le scénario *Life* que la demande de lithium et de graphite est la plus faible. En outre, le scénario *Life* prélève moins d'eau dans l'environnement.<sup>32</sup> Il n'existe donc pas de solution parfaite : la mise en œuvre de stratégies de décarbonation dépend des choix sociétaux, idéalement étayés par une analyse multicritère, et des facteurs qui influencent l'approvisionnement et le

commerce des ressources, tels que la situation géopolitique.

**Seule une perspective systémique nous permet d'évaluer correctement les impacts de la décarbonation et des actions circulaires.** Les effets des actions de décarbonation ne sont pas linéaires, comme l'illustre la Figure 5. Par exemple, alors que la demande d'aluminium augmente dans le scénario *Tech* (+61%) et reste constante dans le scénario *Life*, la combinaison des changements de mode de vie et technologiques dans le scénario *Tango* conduit à la demande d'aluminium la plus faible (-24%). Dans le scénario *Tech*, les gains d'efficacité matérielle et une conception plus efficace des bâtiments réduisent les besoins en aluminium pour les appareils électroménagers et la construction de bâtiments, mais ne compensent pas l'augmentation de la demande pour les véhicules électriques. En revanche, dans le scénario *Tango*, la réduction du nombre et de l'utilisation des produits et des véhicules libère tout le potentiel des économies d'aluminium. Cela a des implications importantes :

1. **Les décideurs politiques doivent soigneusement planifier la transition afin de maximiser les synergies entre les mesures politiques.** La réflexion systémique doit être encouragée pour éviter des situations contre-productives. Par exemple, la directive européenne sur la mise en décharge des déchets conduit à l'incinération des déchets plastiques pour éviter leur mise en décharge. En conséquence, les émissions associées à l'incinération des plastiques évoluent dans la direction opposée aux objectifs de l'UE [80]. La proposition de réglementation sur la conception des véhicules et la gestion véhicules hors d'usage est un pas dans la bonne direction pour gérer les plastiques plus efficacement : elle demande aux constructeurs automobiles de fournir des instructions détaillées sur la manière de démonter les véhi-

<sup>31</sup> L'acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone.

<sup>32</sup> Vous pouvez explorer ces compromis en utilisant l'[interface web d'EUCalc](#).

cules et vise à atteindre 25 % de plastiques recyclés dans les nouveaux véhicules.<sup>33</sup>

2. **Pour les entreprises, les modèles d'entreprise ne peuvent être durables qu'à la lumière du contexte global.** Par exemple, les constructeurs automobiles qui transforment leur flotte de véhicules en passant des carburants fossiles aux véhicules électriques sans envisager une diminution de leurs ventes risquent d'aggraver la criticité matérielle, alors que la diminution réelle des émissions de GES dépend de l'intensité carbone du mix électrique et de la durée de vie du véhicule. En effet,

les émissions de GES liées à l'assemblage des véhicules électriques dépassent celles des véhicules à moteur à combustion interne en raison des émissions liées à la production des batteries. Ces émissions supplémentaires ne sont compensées lors de l'utilisation des véhicules que si l'électricité est produite à partir de sources renouvelables et si les durées de vie des véhicules et des batteries sont suffisantes [81]. Étant donné que les choix et les habitudes d'achat des clients sont influencés par des législations et des incitations qui évoluent de manière dynamique, l'ensemble de l'écosystème joue un rôle dans la transition vers la neutralité climatique.

#### 4.4 LIMITATIONS ET TRAVAUX FUTURS

Nos résultats reposent sur certaines hypothèses et présentent donc certaines limites. Nous les évoquons brièvement ici, et nous expliquons comment nous comptons y remédier dans nos travaux futurs.

**Dans nos simulations, le déploiement de nouvelles technologies est régi par des courbes d'adoption de la technologie, qui comportent certaines incertitudes.** Par exemple, les ventes de véhicules électriques suivent une trajectoire en forme de "S".<sup>34</sup> Le taux d'adoption des technologies est soumis à des incertitudes et pourrait être sous-estimé. En outre, le modèle n'inclut que des technologies suffisamment matures.<sup>35</sup> L'émergence de nouvelles technologies pourrait modifier nos résultats, par exemple en remplaçant une matière première essentielle par une autre ressource. Dans de fu-

tures recherches, nous évaluerons la robustesse de nos résultats dans le cadre de différents scénarios technologiques.

**Notre analyse ne prend en compte que les "émissions territoriales", c'est-à-dire les émissions qui ont lieu au sein de l'UE.** Nos résultats n'incluent pas les émissions provenant des biens et services importés, c'est-à-dire les émissions "basées sur la consommation". La prise en compte des émissions liées à la consommation est essentielle pour évaluer l'ensemble de l'empreinte GES des modes de vie européens. En effet, une fois corrigées des échanges, les émissions de CO<sub>2</sub> de l'UE augmentent considérablement, d'environ 20 % en 2021.<sup>36</sup> Afin de fournir une évaluation plus complète des impacts des stratégies d'EC, nous

---

<sup>33</sup> Pour plus d'informations, voir « [Économie circulaire : améliorer la conception des véhicules et la gestion des véhicules hors d'usage afin de tendre vers un secteur automobile plus économe en ressources](#) »

<sup>34</sup> Les courbes en S sont couramment utilisées pour représenter l'adoption des technologies. Au début, les nouvelles technologies atteignent seulement les premiers adoptants. Le taux d'adoption augmente ensuite rapidement avant de s'aplanir lorsque le marché est saturé.

<sup>35</sup> Plus précisément, EUCalc inclut les technologies dont le niveau de maturité technologique (« Technology readiness level ») est d'au moins 5, c'est-à-dire les technologies qui sont testées et validées dans un environnement significatif.

<sup>36</sup> Vous pouvez lire l'article "[How do CO2 emissions compare when we adjust for trade](#)" de Hannah Ritchie dans Our World in Data pour explorer la différence entre les émissions territoriales et basées sur la consommation dans le monde [82].

visons à intégrer les émissions basées sur la consommation dans notre modèle.

**En outre, une évaluation complète des impacts environnementaux des stratégies d'EC devrait prendre en compte toutes les limites planétaires.** Dans ce livre blanc, nous nous sommes concentrés sur une limite planétaire, à savoir le changement climatique. Il est nécessaire d'élargir le champ d'analyse pour comprendre les implications plus larges des stratégies d'EC. Dans nos travaux futurs, nous prendrons en compte d'autres limites planétaires, telles que la perte de biodiversité et la pollution plastique. En évaluant l'empreinte de l'UE à l'échelle mondiale, nous souhaitons identifier les domaines d'intervention prioritaires, mettre en évidence les compromis potentiels et promouvoir des modes de consommation et de production plus durables.

**Ce livre blanc n'a pas exploré en détail certains des obstacles sectoriels qui entravent la mise en œuvre des stratégies d'EC, tels que les**

**coûts d'investissement pour la transition vers l'EC.** Dans nos travaux futurs, nous aborderons ce sujet en étudiant les dépenses d'investissement et d'exploitation liées à l'application des pratiques d'EC. Notre objectif sera d'identifier les secteurs où la transition sera trop coûteuse pour être réalisée sans l'aide de subventions publiques, et de conseiller l'élaboration des politiques correspondantes.

**Enfin, notre analyse n'aborde pas les impacts socio-économiques de la transition.** À l'avenir, nous souhaitons évaluer les pertes et les gains d'emplois potentiels et la nécessité de programmes de requalification et de formation pour faciliter la transition. En outre, nous n'avons pas pris en compte les effets sur les revenus des différents groupes sociaux. Nous étudierons ces questions dans des travaux futurs, dans le but de conseiller les décideurs politiques pour atténuer les inégalités et promouvoir une transition inclusive vers une économie circulaire.

## 5. CONCLUSIONS

---

**Si l'économie de l'UE s'est améliorée sur certains aspects de la circularité, tels que le recyclage, elle reste très linéaire.** Nous avons vu comment les stratégies d'économie circulaire peuvent être classées autour de quatre actions principales, à savoir la réduction, le ralentissement, la fermeture, et la régénération des flux de matières. Au cours des dix dernières années, les principales améliorations ont porté sur les applications de seconde vie des pièces des produits et sur le recyclage.<sup>37</sup> Ces progrès peuvent être en partie attribués aux paquets réglementaires que les autorités de l'UE ont mis en place pour promouvoir la circularité, tels que la directive-cadre sur les déchets, la directive sur les plastiques à usage unique et le règlement relatif aux batteries. Pourtant, l'économie de l'UE reste aujourd'hui essentiellement linéaire, avec une consommation croissante de matières premières et une production de déchets en augmentation, un faible taux d'intrants recyclés dans la production de matières premières, une forte dépendance à l'égard de sources d'énergie non régénératives et une production continue de déchets chimiques dangereux.

**Cependant, un écosystème de plus en plus dynamique de modèles d'entreprises circulaires est en train de se mettre en place.** L'adoption de ces modèles circulaires est motivée par les pressions réglementaires, la rareté des ressources, l'évolution des préférences des consommateurs vers des produits plus durables, les économies réalisées grâce à l'utilisation efficace des ressources et les gains potentiels en termes de réputation. Les modèles circulaires peuvent également renforcer la résilience d'une entreprise en diversifiant les chaînes d'approvisionnement. Néanmoins, l'émergence et l'expansion des modèles d'entreprise circulaires sont encore entravées par divers obstacles tels que l'investissement important nécessaire pour changer de modèle, la complexité de la chaîne d'approvisionnement, la

sensibilisation limitée des clients et la résistance au changement au sein des organisations. Pour surmonter ces obstacles, il faut une combinaison de politiques de soutien, d'incitations financières, de collaboration intersectorielle et d'efforts de sensibilisation.

**À l'avenir, les stratégies d'EC sont essentielles pour réduire l'impact sur les limites planétaires et les conséquences qui en découlent pour la santé humaine.** Les stratégies visant à réduire, ralentir et fermer les flux améliorent l'efficacité des matériaux et minimisent les déchets, ce qui peut entraîner d'importantes réductions des émissions de gaz à effet de serres (GES). Les plus grandes réductions potentielles de GES grâce à la circularité proviennent de la conception des produits, du recyclage et de l'efficacité des matériaux, de la réduction des déchets alimentaires, de l'amélioration des emballages, et de la promotion de l'économie de partage. En outre, les actions en faveur de la circularité peuvent commencer à inverser le dépassement actuel de plusieurs autres limites planétaires, par exemple le l'utilisation des sols, les perturbations des cycles de l'azote et du phosphore, et l'acidification des océans.

**À ce jour, les politiques de l'UE ne prévoient que de légères améliorations en matière de circularité pour les années à venir et n'atteignent pas l'objectif de zéro émission nette de GES pour 2050.** Pour analyser le déploiement des actions de circularité dans l'UE au cours des prochaines années, nous avons utilisé le modèle EUCalc en simulant la stratégie à long terme de l'UE à l'horizon 2050. Dans le scénario de référence, qui s'appuie sur les politiques existantes avant le [pacte vert pour l'Europe](#), l'économie de l'UE s'améliore principalement en termes de taux de recyclage et d'efficacité énergétique. Cependant, trop peu de mesures sont prises pour réduire, ralentir, et régénérer les flux de matière. Combinée à d'autres politiques ne relevant pas de l'EC, cette configuration conduit à rater l'objectif de neutralité

---

<sup>37</sup> Plus précisément, il y a eu une augmentation des déchets préparés en vue d'une réutilisation et une augmentation de la part des déchets recyclés (et par conséquent une réduction de la part des déchets mis en décharge).

climatique en 2050, et ce dans une large mesure.

**Dans un scénario plus ambitieux, l'UE met en œuvre des actions pour réduire, ralentir et régénérer les flux dans les secteurs des transports, des bâtiments, de l'industrie, de l'alimentation, de l'agriculture et de l'énergie.** À la suite du pacte vert pour l'Europe, la Commission européenne réexamine actuellement ses politiques environnementales, notamment celles concernant les matières premières critiques, les plastiques biosourcés et biodégradables, la réparation des biens, et l'écoconception de produits durables, afin de renforcer ses mesures de transition et d'atteindre l'objectif de neutralité climatique d'ici 2050. Il est donc probable que le déploiement des actions d'EC s'accélère. Cette accélération est décrite dans un scénario alternatif qui respecte l'objectif de zéro émission nette de GES. Ce scénario améliore la réduction des flux, par exemple en augmentant le taux d'occupation moyen des voitures et l'efficacité des matériaux, et en réduisant l'utilisation d'emballages en plastique. En outre, il contribue à ralentir les flux en prolongeant la durée de vie des appareils et à fermer les flux en augmentant le recyclage plus que dans le scénario de référence. Enfin, il régénère les flux en mettant en œuvre des substitutions de matériaux dans les bâtiments et en supprimant progressivement les engrais synthétiques.

**Ces mesures ambitieuses atténuent l'augmentation attendue de la demande de matériaux tels que le lithium, le graphite et l'aluminium.** Les matériaux considérés comme stratégiques pour le développement de technologies clés dans l'UE sont l'aluminium, le cuivre, le nickel, le silicium métal et le manganèse. À l'avenir, les matériaux dont la demande augmentera le plus d'ici 2050 sont le lithium, le graphite, le cobalt, le nickel - qui sont essentiels pour les batteries - et les éléments de terres rares comme le néodyme et le dysprosium - qui sont utilisés pour construire des aimants. Dans le scénario ambitieux susmentionné, l'augmentation de la demande de matériaux induite par les changements technologiques, en particulier pour le lithium et le graphite, est atténuée par d'importants changements de comportement.

Les stratégies circulaires conduisent même à une réduction de la demande de fer et d'aluminium. Dans l'ensemble, la demande totale de matériaux diminue de 56 % en 2050 par rapport à 2015.

**Bien que dans cette alternative l'UE atteigne zéro émission nette de GES, une part importante des GES émis pour soutenir notre mode de vie est incorporée dans les produits fabriqués en dehors de l'UE.** Les stratégies circulaires contribuent à résoudre ce problème en réduisant la dépendance aux importations. Toutefois, des compromis entre la décarbonisation et l'utilisation des matériaux continuent d'apparaître, notamment en ce qui concerne le lithium et le graphite : les changements technologiques nécessiteront encore de grandes quantités de ces deux matériaux, ce qui soulève des questions sur les incidences environnementales et humaines de l'extraction et de la conversion de ces matériaux.

**En outre, il existe d'autres limites planétaires que le changement climatique, qui nécessiteront des efforts réglementaires plus importants.** Le changement climatique n'est qu'une des neuf limites planétaires. Une étude récente du Stockholm Resilience Centre montre que nous dépassons actuellement six de ces neuf limites et appelle à des actions immédiates pour intensifier les efforts de transformation de notre économie [3]. Cette transition nécessitera des changements systémiques autour de l'adoption de stratégies d'EC, à la fois à court et à moyen terme. En plus de ce qui est décrit ci-dessus dans le scénario le plus ambitieux, l'UE devrait, à court terme, adopter une législation prévoyant des règles et des incitations pour que les fabricants facilitent le désassemblage et le recyclage des produits, mettre en œuvre des campagnes de réduction des déchets à l'intention des consommateurs, déplacer les subventions du pétrole et du gaz vers les entreprises qui adoptent des modèles commerciaux circulaires, évaluer les effets sur l'emploi dans chaque secteur, et augmenter les investissements dans les technologies de récupération et de recyclage basées dans l'UE. À long terme, l'UE, en coopération avec d'autres régions, devrait inclure dans les prix des matières premières les coûts sociaux et environnementaux

associés à leur extraction et leur utilisation, mettre en œuvre des programmes de subvention, d'éducation, et de reconversion professionnelle pour les travailleurs qui seront réaffectés en raison de la transition vers l'économie circulaire, repenser et accroître la robustesse de la chaîne d'approvisionnement des industries sensibles, et éliminer les emballages à usage unique.

**L'avenir de l'EC dans l'UE dépend fortement du caractère contraignant des nouvelles réglementations et de l'intensité des pressions géopolitiques et commerciales extérieures.** Parmi les obstacles actuels à la mise en œuvre d'une économie plus circulaire figurent les coûts élevés pour les entreprises et les individus, les limitations des flux de matières et d'énergie transfrontaliers, la dépendance aux décisions passées (tels que les infrastructures existantes), et les nouvelles découvertes de matières premières (par exemple, le pétrole). La progression de l'EC dans l'EU dépendra de l'efficacité avec laquelle les nouvelles législations

pourront s'attaquer à ces obstacles, et donc de la volonté politique de l'UE, ainsi que de facteurs externes échappant au contrôle des autorités de l'UE, tels que l'état des matières premières critiques sur les marchés étrangers. Par exemple, le rôle de la Chine dans l'économie mondiale à l'avenir sera déterminant pour l'agenda de l'EC, car elle dispose d'un cadre législatif et d'infrastructures qui permettront la mise à l'échelle des pratiques circulaires (par exemple, des installations de recyclage pour les batteries lithium-ion). Si l'adoption de l'EC dépend principalement de facteurs politiques, économiques et sociaux, elle ne dépend guère du progrès technologique. Bon nombre des solutions technologiques dont nous avons besoin existent déjà, et la question centrale est celle de l'investissement et du déploiement de ces solutions à grande échelle dans un laps de temps réduit pour répondre à la demande et réagir à l'évolution du comportement des consommateurs.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [1] K. Calvin *et al.*, 'IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.', Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Jul. 2023. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
- [2] J. Buggle, P. Cacault, and J.-P. Danthine, 'Bending the Line: Moving Towards a Circular Economy', Enterprise for Society, 2021. [Online]. Available: [https://e4s.center/wp-content/uploads/2021/06/Circular\\_Economy\\_November2021.pdf](https://e4s.center/wp-content/uploads/2021/06/Circular_Economy_November2021.pdf)
- [3] K. Richardson *et al.*, 'Earth beyond six of nine planetary boundaries', *Sci. Adv.*, vol. 9, no. 37, p. eadh2458, Sep. 2023, doi: 10.1126/sciadv.adh2458.
- [4] IRP, 'RESOURCE EFFICIENCY AND CLIMATE CHANGE Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future', 2020. [Online]. Available: <https://www.resourcepanel.org/reports/resource-efficiency-and-climate-change>
- [5] Circle Economy, 'Policy Levers for a Carbon-Low Circular Economy', 2017. [Online]. Available: <https://shiftingparadigms.nl/wp-content/uploads/2017/11/24696291-0-PolicyLeversLowCarbo.pdf>
- [6] IRP *et al.*, *Global Resources Outlook: 2019*. International Resource Panel, United Nations Envio, Paris, France, 2019. Accessed: Sep. 18, 2023. [Online]. Available: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/244276>
- [7] K. Wang *et al.*, 'Circular Economy as a Climate Strategy: Current Knowledge and Calls-to-Action', NREL/TP-6A20-84141, 1897625, MainId:84914, Nov. 2022. doi: 10.2172/1897625.
- [8] S. Kaza, L. Yao, P. Bhada-Tata, and F. V. Woerden, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Publications, 2018.
- [9] P. Curtis, C. Slay, N. Harris, A. Tyukavina, and M. Hansen, 'Classifying drivers of global forest loss', 2018, doi: <https://doi.org/10.1126/science.aau3445>.
- [10] J.-P. Bonardi, E. Chiarotti, J.-P. Danthine, S. Dario, and T. Filippo, 'Pricing and Restoring Natural Capital: A Case Study on Mining and Vegetation', E4S, 2023. [Online]. Available: [https://e4s.center/wp-content/uploads/2023/07/Pricing-and-Restoring-Natural-Capital\\_A-Case-Study-on-Mining-and-Vegetation.pdf](https://e4s.center/wp-content/uploads/2023/07/Pricing-and-Restoring-Natural-Capital_A-Case-Study-on-Mining-and-Vegetation.pdf)
- [11] K. Spitz and J. Trudinger, *Mining and the Environment: From Ore to Metal*. CRC Press, 2019.
- [12] Voudouris and D. Voutsas, *Water Quality: Monitoring and Assessment*. BoD – Books on Demand, 2012.
- [13] S. H. Farjana, N. Huda, M. A. Parvez Mahmud, and R. Saidur, 'A review on the impact of mining and mineral processing industries through life cycle assessment', *J. Clean. Prod.*, vol. 231, pp. 1200–1217, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.264.
- [14] S. Dudka and D. C. Adriano, 'Environmental Impacts of Metal Ore Mining and Processing: A Review', *J. Environ. Qual.*, vol. 26, no. 3, pp. 590–602, 1997, doi: 10.2134/jeq1997.00472425002600030003x.
- [15] L. Persson *et al.*, 'Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities', *Environ. Sci. Technol.*, vol. 56, no. 3, pp. 1510–1521, Feb. 2022, doi: 10.1021/acs.est.1c04158.
- [16] W. Steffen *et al.*, 'Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet', *Science*, vol. 347, no. 6223, p. 1259855, Feb. 2015, doi: 10.1126/science.1259855.
- [17] H. P. H. Arp *et al.*, 'Weathering Plastics as a Planetary Boundary Threat: Exposure, Fate, and Hazards', *Environ. Sci. Technol.*, vol. 55, no. 11, pp. 7246–7255, Jun. 2021, doi: 10.1021/acs.est.1c01512.
- [18] P. Villarrubia-Gómez, S. E. Cornell, and J. Fabres, 'Marine plastic pollution as a

- planetary boundary threat – The drifting piece in the sustainability puzzle’, *Mar. Policy*, vol. 96, pp. 213–220, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.marpol.2017.11.035.
- [19] S. Carrara *et al.*, ‘Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU - A foresight study’, 2023.
- [20] E. Lewicka, K. Guzik, and K. Galos, ‘On the Possibilities of Critical Raw Materials Production from the EU’s Primary Sources’, *Resources*, vol. 10, no. 5, p. 50, May 2021, doi: 10.3390/resources10050050.
- [21] Swiss Re, ‘The economics of climate change’, Apr. 2021. Accessed: Feb. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.swissre.com/institute/research/topics-and-risk-dialogues/climate-and-natural-catastrophe-risk/expertise-publication-economics-of-climate-change.html>
- [22] B. M. Sanderson and B. C. O’Neill, ‘Assessing the costs of historical inaction on climate change’, *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2020, doi: 10.1038/s41598-020-66275-4.
- [23] H. Desing, D. Brunner, F. Takacs, S. Nahrath, K. Frankenberger, and R. Hirschier, ‘A circular economy within the planetary boundaries: Towards a resource-based, systemic approach’, *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 155, p. 104673, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104673.
- [24] Circle Economy, ‘Circularity Gap Report 2023’, 2023.
- [25] Agora Industry, ‘Mobilising the circular economy for energy-intensive materials: How Europe can accelerate its transition to fossil-free, energy-efficient and independent industrial production’, Mar. 2022. Accessed: Sep. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.agora-energie-wende.de/en/publications/mobilising-the-circular-economy-for-energy-intensive-materials-study/>
- [26] Trinomics, ‘Quantifying the benefits of circular economy actions on the decarbonisation of EU economy’, Dec. 2018.
- [27] Material Economics, ‘The Circular Economy - a Powerful Force for Climate Mitigation’, 2018. [Online]. Available: [https://materialeconomics.com/s/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/publications/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation-1](https://materialeconomics.com/s/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/s/s.com/publications/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation-1)
- [28] Center for Global Commons and SYSTEMIQ, ‘Planet Positive Chemicals - Pathways for the chemical industry to enable a sustainable global economy’, 2022. Accessed: Nov. 13, 2023. [Online]. Available: <https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2022/10/Main-report-v1.22.pdf>
- [29] F. Laubinger, E. Lanzi, and J. Chateau, ‘Labour market consequences of a transition to a circular economy: A review paper’, OECD, Paris, May 2020. doi: 10.1787/e57a300a-en.
- [30] European Commission, Directorate-General for Environment, *Impacts of circular economy policies on the labour market: final report and annexes*. LU: Publications Office of the European Union, 2018. Accessed: Sep. 13, 2023. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/574719>
- [31] G. Willeghems and K. Bachus, ‘Employment impact of the transition to a circular economy: literature study’, 2018. [Online]. Available: <https://vlaanderen-circulair.be/src/Frontend/Files/userfiles/files/Employment%20impact%20of%20the%20transition%20to%20a%20circular%20economy%20-%20literature%20study.pdf>
- [32] K. Soufani and C. Loch, ‘Circular Supply Chains Are More Sustainable. Why Are They So Rare?’, *HARVARD BUSINESS REVIEW*, 2021. [Online]. Available: <https://hbr.org/2021/06/circular-supply-chains-are-more-sustainable-why-are-they-so-rare>
- [33] J. Grafström and S. Aasma, ‘Breaking circular economy barriers’, *J. Clean. Prod.*, vol. 292, p. 126002, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126002.
- [34] P. Dasgupta, *The economics of biodiversity: the Dasgupta review: full report*, Updated: 18 February 2021. London: HM Treasury, 2021.

- [35] European Union, *Communication from the Commission - The European Green Deal*. 2019. Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>
- [36] European Commission, 'Circular economy action plan', 2020. Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: [https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en)
- [37] E. Leigh, 'The History of Plastic Bottles'. [Online]. Available: <https://recyclenation.com/2011/03/history-plastic-bottles-recycle/>
- [38] J. Watson, *Lo-TEK: Design by Radical Indigenism*. Taschen, 2019.
- [39] European Commission, *Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007*, vol. 150. 2018. Accessed: Nov. 14, 2023. [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj/eng>
- [40] A. Fleck, 'Buying Second-Hand Is Gaining Popularity'. [Online]. Available: <https://www.statista.com/chart/30615/respondents-who-have-bought-something-second-hand/>
- [41] N. M. P. Bocken, I. de Pauw, C. Bakker, and B. van der Grinten, 'Product design and business model strategies for a circular economy', *J. Ind. Prod. Eng.*, vol. 33, no. 5, pp. 308–320, Jul. 2016, doi: 10.1080/21681015.2016.1172124.
- [42] D. Reike, W. J. V. Vermeulen, and S. Witjes, 'The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options', *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 135, pp. 246–264, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.08.027.
- [43] E. G. Brown *et al.*, 'Key Elements of the Circular Economy', *Circle Economy*, 2021. [Online]. Available: [https://assets.website-](https://assets.website-files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/601d3f846c512412fff633af_Key%20Elements%20-%20Draft%20Literature%20Review%20.pdf)
- [files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/601d3f846c512412fff633af\\_Key%20Elements%20-%20Draft%20Literature%20Review%20.pdf](https://assets.website-files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/601d3f846c512412fff633af_Key%20Elements%20-%20Draft%20Literature%20Review%20.pdf)
- [44] B. Bilitewski, 'The Circular Economy and its Risks', *Waste Manag.*, vol. 32, no. 1, pp. 1–2, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.wasman.2011.10.004.
- [45] J. Clapp and L. Swanston, 'Doing away with plastic shopping bags: international patterns of norm emergence and policy implementation', *Environ. Polit.*, vol. 18, no. 3, pp. 315–332, May 2009, doi: 10.1080/09644010902823717.
- [46] M. Kasidoni, K. Moustakas, and D. Malamis, 'The existing situation and challenges regarding the use of plastic carrier bags in Europe', *Waste Manag. Res. J. Sustain. Circ. Econ.*, vol. 33, no. 5, pp. 419–428, May 2015, doi: 10.1177/0734242X15577858.
- [47] J. Kirchherr, D. Reike, and M. Hekkert, 'Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions', *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 127, pp. 221–232, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
- [48] M. Lieder and A. Rashid, 'Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry', *J. Clean. Prod.*, vol. 115, pp. 36–51, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.12.042.
- [49] S. Sihvonen and T. Ritola, 'Conceptualizing ReX for Aggregating End-of-life Strategies in Product Development', *Procedia CIRP*, vol. 29, pp. 639–644, 2015, doi: 10.1016/j.procir.2015.01.026.
- [50] D. Brunner and N. Moussu, *L'économie circulaire - Agir pour une Suisse durable*. in *Savoir Suisse*. Presses polytechniques et universitaires romandes, 2023.
- [51] F. Passarini, L. Ciacci, P. Nuss, and S. Manfredi, 'Material flow analysis of aluminium, copper, and iron in the EU-28.', Publications Office of the European Union, Luxembourg, EUR 29220 EN, 2018. Accessed: Feb. 17, 2024. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/1079>
- [52] European Commission, 'Guidance on classification of waste according to EWC-

- Stat categories', 2010. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351806/Guidance-on-EWCStat-categories-2010.pdf/0e7cd3fc-c05c-47a7-818f-1c2421e55604>
- [53] Circle Economy, 'The Circularity Gap Report Switzerland', 2023. Accessed: Feb. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.circularity-gap.world/switzerland#download>
- [54] Swiss Federal Statistical Office (FSO), 'Material flow accounts - Statistics' first contribution to measuring the circular economy', Neuchâtel, Jul. 2020. Accessed: Feb. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.bfs.admin.ch/asset/fr/13487975>
- [55] M. Sarja, T. Onkila, and M. Mäkelä, 'A systematic literature review of the transition to the circular economy in business organizations: Obstacles, catalysts and ambivalences', *J. Clean. Prod.*, vol. 286, p. 125492, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125492.
- [56] S. Choi and A. Ng, 'Environmental and Economic Dimensions of Sustainability and Price Effects on Consumer Responses', *J. Bus. Ethics*, vol. 104, no. 2, pp. 269–282, Dec. 2011, doi: 10.1007/s10551-011-0908-8.
- [57] V. Rizos *et al.*, 'Implementation of Circular Economy Business Models by Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): Barriers and Enablers', *Sustainability*, vol. 8, no. 11, Art. no. 11, Nov. 2016, doi: 10.3390/su8111212.
- [58] J.-P. Danthine and F. Hugard, 'Active ownership: For what impact?', Enterprise for Society (E4S) Center, Apr. 2022.
- [59] T. Lahti, J. Wincent, and V. Parida, 'A Definition and Theoretical Review of the Circular Economy, Value Creation, and Sustainable Business Models: Where Are We Now and Where Should Research Move in the Future?', *Sustainability*, vol. 10, no. 8, p. 2799, Aug. 2018, doi: 10.3390/su10082799.
- [60] J. Kirchherr *et al.*, 'Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU)', *Ecol. Econ.*, vol. 150, pp. 264–272, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.ecolecon.2018.04.028.
- [61] K. White, D. J. Hardisty, and R. Habib, 'The Elusive Green Consumer', *Harvard Business Review*, Jul. 01, 2019. Accessed: Feb. 18, 2024. [Online]. Available: <https://hbr.org/2019/07/the-elusive-green-consumer>
- [62] F. Philipp, C. Kühn, M. Braun, B. Dixon, and S. Herrmann, 'Organising for Circularity - How to implement your circular economy strategy and address organisational challenges', SystemIQ, 2022. [Online]. Available: <https://www.systemiq.earth/organising-for-circularity/>
- [63] European Commission, *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Sustainable Europe Investment Plan European Green Deal Investment Plan COM/2020/21*. 2020. Accessed: Jan. 19, 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0021&qid=1674129272605>
- [64] L. Ciacchi, T. Fishman, A. Elshkaki, T. E. Graedel, I. Vassura, and F. Passarini, 'Exploring future copper demand, recycling and associated greenhouse gas emissions in the EU-28', *Glob. Environ. Change*, vol. 63, p. 102093, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2020.102093.
- [65] European Commission, *Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee, the committee of the regions and the european investment bank - Clean Planet for all A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. 2018. Accessed: Sep. 19, 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773>
- [66] European Commission, 'In-depth analysis in support on the COM(2018) 773: A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral

- economy | Knowledge for policy'. Accessed: Sep. 13, 2023. [Online]. Available: [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/depth-analysis-support-com2018-773-clean-planet-all-european-strategic-long-term-vision\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/depth-analysis-support-com2018-773-clean-planet-all-european-strategic-long-term-vision_en)
- [67] Y. Kalmykova, L. Rosado, and J. Patrício, 'Resource consumption drivers and pathways to reduction: economy, policy and lifestyle impact on material flows at the national and urban scale', *J. Clean. Prod.*, vol. 132, pp. 70–80, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.02.027.
- [68] R. S. J. Tol, 'Europe's Climate Target for 2050: An Assessment', *Intereconomics*, vol. 2021, no. 6, pp. 330–335, 2021.
- [69] L. Costa *et al.*, 'The decarbonisation of Europe powered by lifestyle changes', *Environ. Res. Lett.*, vol. 16, no. 4, p. 044057, Apr. 2021, doi: 10.1088/1748-9326/abe890.
- [70] S. Nick and P. Thalmann, 'Carbon removal, net zero, and implications for Switzerland', E4S, 2021. [Online]. Available: [https://e4s.center/wp-content/uploads/2022/09/CCUS\\_WhitePaper-EN.pdf](https://e4s.center/wp-content/uploads/2022/09/CCUS_WhitePaper-EN.pdf)
- [71] D. Moran *et al.*, 'Quantifying the potential for consumer-oriented policy to reduce European and foreign carbon emissions', *Clim. Policy*, vol. 20, no. sup1, pp. S28–S38, Apr. 2020, doi: 10.1080/14693062.2018.1551186.
- [72] C. Ayoubi, S. Bürgin, Q. Gallea, and J. Widmer, 'Threats to Nitrogen Fertilizer, Opportunities to Cultivate Sustainable Practices?', E4S, 2022.
- [73] L. Costa, G. Waibel, B. Hausner, and E. Gül, 'Lifestyle Module Documentation', 2020. Accessed: Sep. 17, 2023. [Online]. Available: [https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2020/04/EUCalc\\_WP1\\_Lifestyles\\_documentation-02-04.pdf](https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2020/04/EUCalc_WP1_Lifestyles_documentation-02-04.pdf)
- [74] J. Kockat and S. Wallerand, 'Buildings module documentation', 2020. Accessed: Sep. 17, 2023. [Online]. Available: [https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2020/06/EUCalc\\_Building\\_documentation.pdf](https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2020/06/EUCalc_Building_documentation.pdf)
- [75] E. Taylor, B. Martin, M. Latiers, M. Cornet, and J. Pestiaux, 'Transport module documentation', 2020. Accessed: Sep. 17, 2023. [Online]. Available: [https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2019/09/EUCalc\\_Transport\\_documentation.pdf](https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2019/09/EUCalc_Transport_documentation.pdf)
- [76] H. Warmuth, S. Tron, B. Pfefferer, and M. Auer, 'Raw materials module and manufacturing and secondary raw-materials module for EUCalc', 2020. Accessed: Sep. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2020/04/D3.1-Raw-materials-module-and-manufacturing.pdf>
- [77] M. Gyalai-Korpos, C. Hegyfalvi, and H. Zsiborács, 'Energy supply module documentation', 2019. Accessed: Sep. 17, 2023. [Online]. Available: [https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2019/09/EUCalc\\_Supply\\_documentation.pdf](https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2019/09/EUCalc_Supply_documentation.pdf)
- [78] G. Baudry, O. Mwabonje, and J. Woods, 'Agriculture & land-use module documentation', 2019. Accessed: Sep. 17, 2023. [Online]. Available: [https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2019/09/EUCalc\\_Agriculture\\_land-use\\_documentation.pdf](https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2019/09/EUCalc_Agriculture_land-use_documentation.pdf)
- [79] M. Raffray, 'Mineral module documentation', 2020. Accessed: Sep. 13, 2023. [Online]. Available: [https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2020/01/EUCalc\\_WP4\\_Minerals\\_content\\_documentation.pdf](https://www.european-calculator.eu/wp-content/uploads/2020/01/EUCalc_WP4_Minerals_content_documentation.pdf)
- [80] SISTEMIQ, 'ReShaping Plastics', 2022. [Online]. Available: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/04/SYSTEMIQ-ReShapingPlastics-April2022.pdf>
- [81] R. Kawamoto *et al.*, 'Estimation of CO2 Emissions of Internal Combustion Engine Vehicle and Battery Electric Vehicle Using LCA', *Sustainability*, vol. 11, no. 9, Art. no. 9, Jan. 2019, doi: 10.3390/su11092690.
- [82] H. Ritchie, 'How do CO2 emissions compare when we adjust for trade?', *Our World Data*, 2019, Accessed: Feb. 19,

2024. [Online]. Available: <https://our-worldindata.org/consumption-based-co2>
- [83] SYSTEMIQ, 'ReShaping Plastics - Pathways to A Circular, Climate Neutral Plastics System in Europe', 2022. [Online]. Available: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/04/SYSTEMIQ-ReShapingPlastics-April2022.pdf>
- [84] X. L. Den *et al.*, 'Quantification methodology for, and analysis of, the decarbonisation benefits of sectoral circular economy actions', Feb. 2020.
- [85] Ellen MacArthur Foundation, 'Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe', Ellen MacArthur Foundation, 2015. [Online]. Available: <https://emf.thirdlight.com/link/8izw1qhml4ga-404tsz/@/preview/1?o>
- [86] Circle Economy, 'Circularity Gap Report 2021', 2021. Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: [https://drive.google.com/file/d/1MP7EH RU-N8n1S3zpzqlsh-NWxqFR2hznd/edit?usp=embed\\_facebook](https://drive.google.com/file/d/1MP7EH RU-N8n1S3zpzqlsh-NWxqFR2hznd/edit?usp=embed_facebook)
- [87] Ellen MacArthur Foundation, 'Completing the Picture—How the Circular Economy Tackles Climate Change', 2019. [Online]. Available: <https://emf.thirdlight.com/file/24/cDm30tVcDDexwg2cD1ZEczjU51g/Completing%20the%20Picture%20-%20How%20the%20circular%20economy%20tackles%20climate%20change.pdf>
- [88] International Resource Panel, 'Re-defining Value – The Manufacturing Revolution. Remanufacturing, Refurbishment, Repair and Direct Reuse in the Circular Economy', International Resource Panel, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, DTI/2200/PA, 2018. [Online]. Available: <https://www.resourcepanel.org/reports/re-defining-value-manufacturing-revolution>
- [89] H. Wieser and N. Tröger, 'Exploring the inner loops of the circular economy: Replacement, repair, and reuse of mobile phones in Austria', *J. Clean. Prod.*, vol. 172, pp. 3042–3055, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.11.106.
- [90] C. de Mattos and T. de Albuquerque, 'Enabling Factors and Strategies for the Transition Toward a Circular Economy (CE)', *Sustainability*, vol. 10, no. 12, p. 4628, Dec. 2018, doi: 10.3390/su10124628.
- [91] C. J. C. Jabbour, A. B. L. de S. Jabbour, J. Sarkis, and M. G. Filho, 'Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative framework and research agenda', *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 144, pp. 546–552, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.techfore.2017.09.010.
- [92] W. McDonough, M. Braungart, and B. Clinton, *The Upcycle: Beyond Sustainability--Designing for Abundance*, 1st edition. New York: North Point Press, 2013.
- [93] J. Hopewell, R. Dvorak, and E. Kosior, 'Plastics recycling: challenges and opportunities', *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 364, no. 1526, pp. 2115–2126, Jul. 2009, doi: 10.1098/rstb.2008.0311.
- [94] J. Yan and C. Feng, 'Sustainable design-oriented product modularity combined with 6R concept: a case study of rotor laboratory bench', *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 16, no. 1, pp. 95–109, Jan. 2014, doi: 10.1007/s10098-013-0597-3.
- [95] J. Hultman and H. Corvellec, 'The European Waste Hierarchy: From the Sociomateriality of Waste to a Politics of Consumption', *Environ. Plan. Econ. Space*, vol. 44, no. 10, pp. 2413–2427, Oct. 2012, doi: 10.1068/a44668.
- [96] W. R. Stahel, *The performance economy*, 2nd ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2010.
- [97] M. Kreiger and J. M. Pearce, 'Environmental Life Cycle Analysis of Distributed Three-Dimensional Printing and Conventional Manufacturing of Polymer Products', *ACS Sustain. Chem. Eng.*, vol. 1, no. 12, pp. 1511–1519, Dec. 2013, doi: 10.1021/sc400093k.
- [98] M. Buchert *et al.*, *Substitution of critical raw materials in low-carbon technologies lighting, wind turbines and electric vehicles*. Luxembourg: European Commission. Joint Research Centre., 2016.

- [Online]. Available: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7f3762be-aafe-11e6-aab7-01aa75ed71a1/language-en>
- [99] L. Bergeron, 'The world can be powered by alternative energy, using today's technology, in 20-40 years, says Stanford researcher Mark Z. Jacobson', *Stanf. Rep.*, 2011, [Online]. Available: <https://news.stanford.edu/news/2011/january/jacobson-world-energy-012611.html>
- [100] European Environment Agency, *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives: TERM 2018 : Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report*. European Environmental Agency, 2018. Accessed: Jan. 18, 2022. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2800/77428>
- [101] C. Vezzoli *et al.*, 'Distributed/Decentralised Renewable Energy Systems', in *Designing Sustainable Energy for All*, in Green Energy and Technology. , Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 23–39. doi: 10.1007/978-3-319-70223-0\_2.
- [102] C.-S. Karavas, G. Kyriakarakos, K. G. Arvanitis, and G. Papadakis, 'A multi-agent decentralized energy management system based on distributed intelligence for the design and control of autonomous polygeneration microgrids', *Energy Convers. Manag.*, vol. 103, pp. 166–179, Oct. 2015, doi: 10.1016/j.enconman.2015.06.021.
- [103] S. de Jong, M. van der Gaast, J. Kraak, R. Bergema, and A. Usanov, 'The circular economy and developing countries: A data analysis of the impact of a circular economy on resource-dependent developing nations', The Hague: Centre of Expertise on Resources, ISSUE BRIEF 3, 2016. [Online]. Available: [https://hcss.nl/wp-content/uploads/2016/07/CEO\\_The-Circular-Economy.pdf](https://hcss.nl/wp-content/uploads/2016/07/CEO_The-Circular-Economy.pdf)
- [104] M. Lewandowski, 'Designing the Business Models for Circular Economy—Towards the Conceptual Framework', *Sustainability*, vol. 8, no. 1, p. 43, Jan. 2016, doi: 10.3390/su8010043.
- [105] K. Manninen, S. Koskela, R. Antikainen, N. Bocken, H. Dahlbo, and A. Aminoff, 'Do circular economy business models capture intended environmental value propositions?', *J. Clean. Prod.*, vol. 171, pp. 413–422, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.003.
- [106] A. Urbinati, D. Chiaroni, and V. Chiesa, 'Towards a new taxonomy of circular economy business models', *J. Clean. Prod.*, vol. 168, pp. 487–498, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.047.
- [107] M. C. S. de Abreu and D. Ceglia, 'On the implementation of a circular economy: The role of institutional capacity-building through industrial symbiosis', *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 138, pp. 99–109, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.07.001.
- [108] L. Chamberlin and C. Boks, 'Marketing Approaches for a Circular Economy: Using Design Frameworks to Interpret Online Communications', *Sustainability*, vol. 10, no. 6, p. 2070, Jun. 2018, doi: 10.3390/su10062070.

# ANNEXE

## A1 EFFETS DES STRATÉGIES CIRCULAIRES SUR LES GES

Tableau A1 : Aperçu des réductions de GES estimées des actions en faveur de l'économie circulaire				
Etude	Secteur	Portée	Principales actions en faveur de l'EC	Réduction des GES
SYSTEMIQ, 2022 [83]	Plastiques	UE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Élimination des plastiques inutiles</li> <li>Recyclage mécanique et chimique</li> <li>Substitution de matériaux</li> </ul>	-33% d'ici 2030, -65% d'ici 2050 par rapport à 2020
Agora Industry, 2022 [25]	Acier, plastiques, aluminium, ciment, construction, mobilité	UE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation de l'efficacité des matériaux</li> <li>Réduction des déchets</li> <li>Augmentation de la durée de vie des produits</li> <li>Augmentation des taux de réutilisation et de recyclage des matériaux</li> <li>Réduction du poids et de la taille des véhicules</li> <li>Substitution de matériaux</li> </ul>	-10% d'ici 2030, -34% d'ici 2050 (239 MtCO <sub>2eq</sub> ) par rapport à 2018
Den et al, 2020 [84]	Bâtiments	UE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduction des besoins en matériaux grâce à une conception efficace, à l'utilisation de matériaux recyclés et de l'extension de la durée de vie des bâtiments.</li> <li>Réutilisation des matériaux de construction et recyclage</li> <li>Intensification de l'utilisation de l'espace existant dans les bâtiments</li> <li>Amélioration de l'efficacité des ressources dans les processus de production</li> </ul>	-61% (130 MtCO <sub>2eq</sub> )
Material Economics, 2018 [27]	Acier, plastiques, aluminium, ciment, mobilité, construction	UE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduction de l'utilisation de matériaux lors de la construction des bâtiments et réutilisation des éléments de construction</li> <li>Développement du covoiturage et augmentation de la durée de vie des véhicules</li> <li>Réduction des déchets lors de la production de matériaux et augmentation du recyclage</li> </ul>	-56% d'ici 2050 (296 MtCCO <sub>2eq</sub> ) par rapport au scénario de base
Fondation Ellen MacArthur, 2015 [85]	Mobilité, alimentation, bâtiments	UE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Développement du covoiturage, augmentation de la part des véhicules électriques et du recyclage des voitures</li> <li>Réduction des déchets alimentaires, fermeture la boucle des nutriments, développement d'une alimentation locale</li> <li>Augmentation des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique</li> </ul>	-83% d'ici 2050 par rapport à 2012
Circle Economy, 2021 [86]	Logement, alimentation, mobilité, biens de consommation	Monde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduction de l'utilisation des sols, des déplacements, de l'utilisation des véhicules, des déchets alimentaires et de la consommation excessive de nourriture</li> <li>Conception efficace des bâtiments, des véhicules et des produits</li> <li>Réutilisation des matériaux et des produits; amélioration de la gestion des déchets</li> </ul>	-39% d'ici 2032 par rapport à 2018
Fondation Ellen MacArthur, Material Economics, 2019 [87]	Acier, aluminium, plastiques, ciment, bâtiments, mobilité, alimentation	Monde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Élimination des déchets liés à la conception des bâtiments et des véhicules, à la construction, et aux déchets alimentaires</li> <li>Extension de la durée de vie des bâtiments et véhicules, et développement du covoiturage</li> <li>Réutilisation des produits et des matériaux</li> <li>Développement de l'agriculture biologique</li> </ul>	-40% pour l'industrie (3,7 GtCCO <sub>2eq</sub> ) ; -49% pour l'alimentation (5,6 GtCCO <sub>2eq</sub> ) -40% d'ici 2050 par rapport au scénario de base
IRP, 2020 [4]	Mobilité, bâtiments, matériaux	Pays du G7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception efficace des bâtiments, réutilisation des éléments de construction</li> <li>Développement du covoiturage, et extension de la durée de vie des véhicules</li> <li>Substitution de matériaux ; amélioration de la récupération et du recyclage des matériaux en fin de vie</li> </ul>	-35% pour les maisons (250 MtCCO <sub>2eq</sub> ) -40% pour la mobilité (305 MtCCO <sub>2eq</sub> ) en 2050

Notes. Ce tableau présente une vue d'ensemble des réductions potentielles d'émissions de gaz à effet de serre recensées dans la littérature.

## A2 STRATÉGIES ET CATALYSEURS DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Cette section fournit des informations plus spécifiques sur les stratégies d'économie circulaire mentionnées à la Section 2.

### 1. Réduction des flux

Réduire les flux signifie utiliser moins de ressources dans le processus de production pour atteindre le même objectif, c'est-à-dire l'efficacité des ressources [41]. Dans le cadres des 10 R, les actions de réduction des flux consistent à refuser, repenser et réduire. Pour les producteurs, réduire signifie utiliser moins de matériaux par unité de production ou "dématérialiser" la conception des produits [48], et refuser signifie refuser de produire des déchets et d'utiliser des matériaux vierges et dangereux dans le processus de conception [44]. En ce qui concerne les comportements des consommateurs, la participation à l'économie de partage (par exemple, le covoiturage) et l'utilisation moins fréquente des produits achetés (par exemple, la réduction de l'utilisation de la voiture) sont considérées comme des actions de réduction [42], et refuser signifie acheter et utiliser moins, en particulier refuser d'utiliser des déchets d'emballage et des sacs à provisions [45], [46].

### 2. Ralentissement des flux

Le ralentissement des flux implique une conception intelligente des produits afin d'étendre leur durée de vie et de prolonger leur utilisation. [41]. Dans le cadre des 10 R, les actions qui permettent de ralentir les flux de ressources sont la réutilisation, la réparation, la remise à neuf et la refabrication. Dans les définitions de la Commission européenne, la réutilisation désigne toute opération par laquelle des produits (qui ne sont pas encore des déchets) sont réutilisés dans le même but que celui pour lequel ils ont été conçus ([Eurostat](#)). La réparation, la remise à neuf et la refabrication jouent également un rôle important dans l'allongement de la durée de vie des produits.

La différence entre la remise à neuf et la refabrication réside dans le fait que les produits remis à neuf doivent "seulement" respecter certaines normes, tandis que les produits refabriqués doivent retrouver les conditions du produit d'origine. Ces actions peuvent varier considérablement d'un pays à l'autre en raison des différences culturelles, de l'acceptation par les consommateurs et de la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée.<sup>38</sup> Bien que ces actions se développent rapidement dans certains secteurs, tels que les composants de véhicules et les imprimantes numériques [88], Wieser et Tröger (2018) montrent qu'environ 80 à 90 % des téléphones sont encore achetés neufs, ce qui met en évidence l'existence de barrières sociales et psychologiques dans l'achat de produits d'occasion [89].

### 3. Fermeture des flux

Fermer les flux signifie gérer les déchets comme une ressource afin de fermer la boucle entre la post-utilisation et la production, ce qui se traduit par un flux circulaire de ressources [41]. L'utilisation des déchets en tant que ressource est la dernière option si la réduction ou le ralentissement des flux n'est pas possible. Dans le cadre des 10 R, les actions liées à la fermeture des flux sont le remaniement, le recyclage, et la récupération d'énergie.

Le recyclage peut avoir lieu soit au sein d'une organisation, c'est-à-dire utiliser les déchets d'un produit comme intrants dans le processus de production du même produit ou d'un autre produit, soit dans le cadre d'une coopération entre organisations, c'est-à-dire les éco-parcs, soit au niveau du marché, c'est-à-dire envoyer des flux de déchets ou acheter des intrants secondaires sur le marché [90], [91]. Selon Bocken et al. (2016), les processus de recyclage peuvent être divisés en quatre niveaux principaux, le premier étant le plus circulaire et le dernier le moins circulaire. Le recyclage pri-

---

<sup>38</sup> Par exemple, une enquête de Greenpeace (2016) montre que les Chinois et les Sud-Coréens utilisent deux fois plus les services de réparation pour leurs téléphones que les Allemands et les Américains. Une autre étude réalisée à Londres par Cole et Gnanapra gasam (2017) montre que la principale cause est le manque de sensibilisation aux options de réparation et le coût élevé de la réparation par rapport à l'achat d'un appareil neuf. Aujourd'hui, les principaux obstacles qui empêchent les entreprises d'investir dans des installations de remise à neuf et de reconditionnement sont le manque de main-d'œuvre qualifiée et la faible acceptation par les consommateurs.

maire consiste à utiliser les déchets d'un produit comme intrants dans la production d'un produit similaire, comme dans le processus connu sous le nom de "upcycling", qui vise à préserver les propriétés d'une ressource [92]. Le recyclage secondaire, ou "downcycling", consiste à obtenir des produits de moindre qualité [93]. Le recyclage tertiaire consiste à traiter les produits usagés avec des produits chimiques, dans le but d'obtenir des matériaux de base qui peuvent être réutilisés pour reconstruire les mêmes produits, comme c'est le cas pour le recyclage des cellules photovoltaïques. Enfin, le recyclage quaternaire ou "thermique" consiste à utiliser les déchets pour produire de l'énergie, ce qui n'est pas considéré par Bocken et al. (2016) comme une politique acceptable du point de vue de l'environnement, car elle ne ferme pas complètement la boucle (les déchets doivent être brûlés).

La récupération peut revêtir différentes significations, allant de la collecte, du démontage, du tri et du nettoyage de produits en vue de leur utilisation [94] à l'extraction de matériaux à partir de composites en fin de vie et à la récupération d'énergie à partir de déchets (par exemple, récupération d'énergie [49], [95]). La Commission européenne définit la valorisation comme toute opération par laquelle les déchets sont utilisés pour remplacer d'autres matériaux qui remplissent une fonction dans une usine ou dans l'économie au sens large ([Eurostat](#)).

Enfin, le remaniement consiste à réutiliser des biens mis au rebut ou des composants adaptés à une autre fonction pour des applications de seconde vie [42]. Parmi les exemples, citons la transformation de puces électroniques défectueuses en bijoux, de bouteilles en verre en tasses et l'utilisation de batteries de voitures hors d'usage pour dans les bâtiments [96].

#### 4. Régénération des flux

Régénérer les flux signifie donner la priorité aux ressources régénératives pour produire des biens et des services. Comme cet aspect n'est pas strictement lié aux stratégies fondamentales de recyclage des ressources, il n'est

pas inclus dans les actions circulaires du cadre des 10 R.

L'un des principaux aspects de la régénération des flux est la gestion régénérative de l'eau. Cette stratégie vise à remplacer l'eau douce par de l'eau de pluie et des eaux usées recyclées dès que possible, par exemple pour recharger les aquifères souterrains ou comme intrant pour la permaculture.<sup>39</sup> Une autre stratégie importante est la gestion régénérative des matériaux, qui favorise l'utilisation de matériaux biologiques, réutilisables et non critiques dans les processus de production. L'impression 3D, par exemple, permet de réduire de moitié la demande d'énergie pour les petits produits en plastique [97] et la réduction des éléments rares tels que le néodyme et le praséodyme dans les moteurs des voitures électriques [98]. Une troisième priorité est la gestion de l'énergie régénérative, qui consiste en trois lignes d'action principales. Premièrement, utiliser les énergies renouvelables dès que possible - le solaire et l'éolien n'ont pas de barrières technologiques, seulement des barrières sociales et politiques [99]. Deuxièmement, électrifier le parc des véhicules pour éviter les émissions liées à la combustion de produits pétroliers [100]. Troisièmement, le passage de systèmes énergétiques centralisés à des systèmes décentralisés, qui produisent beaucoup moins d'émissions et sont plus efficaces [101], [102]. La dernière composante de la régénération des flux est l'élimination des déchets. Il existe des politiques qui peuvent réduire les déchets, comme la conception circulaire, qui facilite le démontage et la réutilisation des produits, ou l'approvisionnement local en nourriture [103]. D'autres politiques peuvent également réduire complètement les déchets, comme l'interdiction des emballages à usage unique ou des emballages tout court.

**Les stratégies d'économie circulaire peuvent s'appuyer sur cinq éléments fondamentaux, à savoir concevoir pour l'avenir, repenser les modèles d'entreprise, intégrer les technologies numériques, collaborer pour créer une valeur commune, et faire progresser les connaissances [43]:**

---

<sup>39</sup> Concrètement, plutôt que d'être drainée dans le réseau d'égouts, l'eau de pluie pourrait être récupérée via des systèmes de collecte des eaux de pluie, des eaux grises et des eaux usées (par exemple [Espindola et al., 2018](#)).

1. **Concevoir pour l'avenir** : concevoir des produits qui permettent une réparation future, un démontage et un recyclage facile, en intervenant sur les types de matériaux utilisés, les composants de construction et les systèmes. Un autre aspect consiste à concevoir les produits de manière à ce que les consommateurs se sentent plus attachés à long terme aux produits qu'ils achètent et soient donc réticents à les jeter.
2. **Repenser les modèles d'entreprise** : déplacer la proposition de valeur de la vente de produits vers des modèles basés sur les services, en tenant compte de la durée de vie des produits, par exemple, la remise à neuf et l'entretien [104], [105], [106].
3. **Intégrer les technologies numériques** : utiliser les technologies numériques pour permettre des actions circulaires, par exemple des compteurs intelligents pour suivre la consommation de ressources et les déchets, et des plateformes numériques pour soutenir des utilisations de seconde vie améliorées, telles que des marchés secondaires.
4. **Collaborer pour créer une valeur commune** : la collaboration entre les entreprises et les pouvoirs publics est un facteur important de l'EC. Par exemple, en Suisse, les villes de Berne et de Bâle ont utilisé le processus de City Scan de Circle Economy pour identifier les meilleures stratégies spécifiques à l'EC. Enfin, les programmes de reprise sont un bon exemple de collaboration entre les entreprises qui vendent les produits et les consommateurs qui peuvent les rendre après usage s'ils fonctionnent bien.
5. **Faire progresser les connaissances** : le manque de clarté des définitions et l'absence de consensus dans la littérature constituent un obstacle important à la mise en œuvre des politiques circulaires. Les connaissances sur l'EC sont fragmentées entre les parties prenantes, d'où un manque de confiance à l'égard des solutions circulaires et une faible sensibilisation des entreprises. Ainsi, le partage des données sur les matériaux, les processus et, d'une manière générale, sur l'EC, éventuellement via des plateformes en ligne, sera essentiel [107]. À cet égard, des cadres tels que les 10 R, le [diagramme « Butterfly » \(papillon\)](#) de la Fondation Ellen MacArthur, ou le [cadre de suivi de l'économie circulaire](#) de l'Union européenne (concernant les données) peuvent être des catalyseurs utiles. Enfin, l'éducation, tant dans les écoles que dans la formation professionnelle, est un important catalyseur de l'EC. Les obstacles (essentiellement mentaux) auxquels se heurtent les consommateurs pour acheter des produits de seconde main pourraient également être abordés en concevant des produits pour un comportement durable, une nouvelle branche du design qui vise à convaincre les consommateurs de retourner, louer ou réutiliser les produits [108].

### A3 LÉGISLATION EUROPÉENNE SUR L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

[Directive 94/62/CE relative aux emballages et aux déchets d'emballages](#) (1994, modifiée en 2018, 2021, 2022) : couvre à la fois la conception et la gestion des déchets de tous les types d'emballages, qu'ils soient industriels, commerciaux ou ménagers. Plus précisément, elle définit les types d'emballages pouvant être mis sur le marché de l'UE, ainsi que les exigences relatives à la fabrication, à la composition et à la nature réutilisable ou valorisable de l'emballage. Elle décrit également les mesures spécifiques de gestion et de prévention des déchets d'emballages.<sup>40</sup>

[Directive 1999/31/CE sur la mise en décharge des déchets](#) (1999, modifiée en 2020) : elle fixe des exigences opérationnelles pour la mise en décharge afin de protéger la santé humaine et l'environnement. Tout d'abord, elle stipule que les déchets qui peuvent être utilisés pour le recyclage ou la valorisation des matériaux ne peuvent pas être mis en décharge. Ensuite, elle fixe la part maximale des déchets municipaux à mettre en décharge à 10 % d'ici à 2035, tout en introduisant des règles de surveillance des déchets municipaux et des lignes directrices sur les mesures à prendre si les objectifs ne sont pas atteints.<sup>41</sup>

[Directive relative aux véhicules hors d'usage 2000/53/CE](#) (2000) : elle empêche l'utilisation de certains métaux lourds dans la fabrication de nouveaux véhicules et fixe des objectifs pour la fin de vie des véhicules et de leurs composants. Plus précisément, la collecte des véhicules doit être effectuée dans des installations de traitement appropriées, les pièces et les composants doivent avoir un codage adéquat et des informations doivent être fournies aux consommateurs et aux organismes de traitement. En outre, elle fixe des objectifs spécifiques en matière de réutilisation, de recyclage et de valorisation. Cette directive est complétée par la directive relative à la réception des véhicules à moteur en ce qui concerne leurs possibilités de réutilisation, de recyclage et de

valorisation. En 2023, la Commission a présenté une nouvelle proposition de règlement sur les véhicules hors d'usage.

[Directive 2002/96/CE relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques \(DEEE\)](#) (2003, modifiée en 2012) : elle empêche la création de DEEE et fixe des règles et des objectifs pour la récupération des matières premières des DEEE en vue de leur réutilisation, de leur recyclage et de leur valorisation. Elle facilite également la lutte contre les exportations illégales de déchets. Cette directive fonctionne en parallèle avec la [Directive 2002/95/CE relative à la limitation de l'utilisation de substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques](#) (2003, modifiée en 2017), qui restreint l'utilisation de substances dangereuses spécifiques dans les équipements électriques et électroniques.

[Directive 2006/21/CE concernant la gestion des déchets de l'industrie extractive](#) (2006) : elle fixe des règles visant à prévenir ou à réduire les effets néfastes de la gestion des déchets d'extraction sur l'environnement et les risques qui en résultent pour la santé humaine. Plus précisément, elle exige l'introduction de la gestion des déchets d'extraction dans la phase de conception, fixe des règles spécifiques pour la gestion des déchets d'extraction et encourage la réutilisation, la récupération et le recyclage des déchets d'extraction ainsi que la réduction des composés de cyanure dans les bassins de décantation.

[Directive 2006/66/CE sur les piles](#) (2006) et [règlement sur les batteries](#) (2023). La directive empêche la mise sur le marché de piles et d'accumulateurs contenant des déchets dangereux et fixe des règles et des objectifs spécifiques pour la collecte, le traitement, le recyclage et l'élimination des déchets de piles et d'accumulateurs. Le règlement ajoute des objectifs en matière de récupération et de remplacement et appliquera les exigences de la directive de la

<sup>40</sup> Par exemple, elle fixe les objectifs de recyclage pour tous les types d'emballages, qui sont actuellement de 55 % pour tous les emballages et qui passeront à 65 % et 70 % respectivement en 2025 et 2030.

<sup>41</sup> Elle stipule également que seuls les déchets traités peuvent être mis en décharge et que les déchets dangereux et inertes doivent être dirigés vers des décharges spécifiques (si aucune autre option de recyclage n'est disponible).

même manière dans tous les États membres de l'UE.

[Règlement 1013/2006 sur les transferts de déchets](#) (2006, modifié en 2021) : il fixe des règles visant à réduire le commerce des déchets dangereux entre les pays, conformément à la Convention de Bâle. Il introduit également de nouvelles règles sur les exportations de déchets de l'UE en général et facilite le transport des déchets en vue de leur recyclage ou de leur réutilisation dans l'UE.

[Directive relative aux déchets 2008/98/CE](#) (2008)<sup>42</sup> : elle fixe des normes sur le moment où les déchets peuvent cesser d'être des "déchets" et être considérés comme des produits secondaires, promeut des normes de qualité pour le recyclage et exige des systèmes de collecte séparés au moins pour le papier, le métal, le plastique et le verre. Elle exige également une surveillance accrue du processus qui fait passer les déchets de la production à l'élimination ou à la valorisation (du berceau à la tombe) et interdit le mélange de déchets dangereux avec d'autres catégories de déchets dangereux ou de déchets non dangereux. En 2023, la Commission a proposé une modification de la directive sur les déchets afin d'introduire des systèmes obligatoires et harmonisés de responsabilité élargie des producteurs (REP) pour les textiles dans tous les États membres de l'UE.

[Directive 2009/125/CE sur l'écoconception](#) (2009, modifiée en 2012, 2019 et 2021) : elle impose aux fabricants de produits consommateurs d'énergie de réduire la consommation d'énergie et les autres incidences négatives de leurs produits sur l'environnement. À partir de 2021, elle comprend des exigences visant à améliorer la réparabilité et la recyclabilité des appareils. Elle s'articule avec le [règlement 2017/1369 sur l'étiquetage énergétique](#) (2017), qui régit le type d'informations que les

produits doivent communiquer sur leur performance énergétique.

[Règlement 1257/2013 sur le recyclage des navires](#) (2013) : il met en œuvre la Convention de Hong Kong en établissant des règles sur le recyclage des navires. Il introduit des exigences pour les installations de recyclage, interdit l'utilisation de matériaux dangereux sur les navires (amiante ou substances appauvrissant la couche d'ozone) et introduit un inventaire pour les déchets dangereux sur les navires afin de promouvoir un recyclage propre.

[Directive 2019/904/CE sur les plastiques à usage unique](#) (2019) : elle interdit la mise sur le marché de l'UE de produits en plastique à usage unique, tels que les bâtonnets de coton-tige, les couverts, les assiettes, les pailles, les agitateurs et les contenants d'aliments et de boissons, lorsque des solutions de remplacement sont disponibles. Pour les autres produits en plastique à usage unique, elle encourage la réduction de la consommation par des mesures de sensibilisation, introduit des exigences en matière de conception et d'étiquetage, ainsi qu'un système de responsabilité élargie des producteurs prévoyant des obligations de gestion des déchets et de nettoyage pour les producteurs.

D'autres directives qui peuvent être liées à l'économie circulaire mais que nous n'avons pas mentionnées ici sont la [directive sur les sacs en plastique](#), la directive sur les [véhicules propres](#), la directive sur [la prévention et la réduction intégrées de la pollution](#), la [directive sur l'élimination des polychlorobiphényles et des polychloroterphényles](#), la [directive sur les boues d'épuration](#), la [directive sur les déchets contenant des polluants organiques persistants](#), la directive sur [les huiles usagées](#), la [directive sur les émissions industrielles](#), et la [directive sur les installations de combustion moyennes](#).

---

42 La première directive-cadre sur les déchets date de 1975, et celle de 2008 en est la version actuelle. Par souci de simplicité, nous l'avons traitée telle qu'elle a été introduite en 2008.

<b>Tableau A2 - Principaux objectifs de la législation européenne en matière d'économie circulaire</b>			
<b>Législation</b>	<b>Objectif</b>	<b>Objectif (%)</b>	<b>Année</b>
<a href="#">Directive sur les déchets</a>	Part minimale des déchets municipaux (papier, métal, plastique et verre) qui doivent être préparés pour la réutilisation et le recyclage (en poids)	50	2020
		55	2025
		60	2030
		65	2035
	Part minimale des déchets de construction et de démolition non dangereux qui doit être préparée en vue de la réutilisation, du recyclage et d'autres formes de valorisation des matériaux (en poids)	70	2020
<a href="#">Directive sur les emballages et les déchets d'emballages</a> <sup>43</sup>	Part minimale de tous les déchets d'emballages devant être recyclés (en poids)	65	2025
		70	2030
<a href="#">Directive sur la mise en décharge</a>	Part maximale des déchets municipaux pouvant être mis en décharge (en poids)	10 <sup>44</sup>	2035
<a href="#">Directive sur les déchets d'équipements électriques et électroniques</a>	Part minimale de déchets d'échangeurs de température et de gros équipements qui doit être valorisée (en poids)	85	À partir de 2018
	Part minimale de déchets d'échangeurs de température et de gros équipements qui doivent être préparés pour la réutilisation et le recyclage (en poids)	80	À partir de 2018
	Part minimale des déchets d'écrans, de moniteurs et d'équipements contenant des écrans qui doit être valorisée (en poids)	80	À partir de 2018
	Part minimale des déchets d'écrans, de moniteurs et d'équipements contenant des écrans qui doivent être préparés en vue de leur réutilisation et de leur recyclage (en poids)	70	À partir de 2018
	Part minimale des déchets de petits équipements et de petits équipements informatiques et de télécommunication qui doit être valorisée (en poids)	75	À partir de 2018
	Part minimale des déchets de petits équipements et de petits équipements informatiques et de télécommunication qui doivent être préparés en vue de leur réutilisation et de leur recyclage (en poids)	55	À partir de 2018
	Part minimale des déchets de lampes qui doit être recyclée (en poids)	80	À partir de 2018

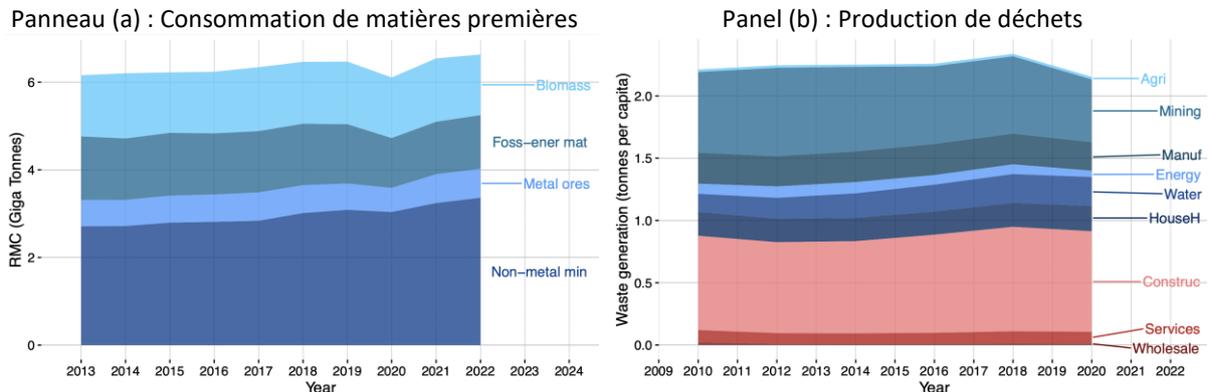
43 Il existe d'autres objectifs pour les déchets d'emballages de matériaux individuels, à savoir le plastique, le bois, les métaux ferreux, l'aluminium, le verre, le papier et les placards, que nous n'avons pas mentionnés ici par souci de concision.

44 Si l'échéance est reportée, les États membres prennent les mesures nécessaires pour réduire, d'ici à 2035, la quantité de déchets municipaux mis en décharge à 25 % ou moins de la quantité totale de déchets municipaux produits (en poids).

<a href="#">Nouveau règlement relatif aux batteries</a>	Part minimale de déchets de piles portables que les producteurs doivent collecter	45	2023
		63	2027
		73	2030
	Part minimale de piles usagées pour les moyens de transport légers que les producteurs doivent collecter	51	2028
		61	2031
	Part minimale des déchets de piles au plomb-acide entrant dans le processus de recyclage qui doit être réintégrée dans l'économie (en poids)	75	2025
		80	2030
	Part minimale des déchets de piles au lithium entrant dans le processus de recyclage qui doit être réintégrée dans l'économie (en poids)	65	2025
		70	2030
	Part minimale des déchets de piles au nickel-cadmium entrant dans le processus de recyclage qui doit être réintégrée dans l'économie (en poids)	80	2025
Part minimale des autres déchets de piles entrant dans le recyclage qui doivent être réintégrés dans l'économie (en poids)	50	2025	
Part minimale de cobalt, de cuivre, de plomb et de nickel dans la batterie qui doit être récupérée	90	2027	
	95	2031	
Part minimale de lithium dans la batterie qui doit être récupérée	50	2027	
	80	2031	
<a href="#">Directive sur les plastiques à usage unique</a>	Part minimale de bouteilles en plastique d'une contenance inférieure ou égale à 3 litres qui doivent être collectées séparément en vue de leur recyclage (en poids par an)	77	2025
		90	2029
	Part minimale de plastique recyclé dans les bouteilles en plastique PET (en nombre de bouteilles)	25	2025
		30	2030
Notes. Ce tableau présente les objectifs développés dans les directives et législations de l'UE sur les thèmes liés à l'environnement. Il s'agit d'une extension du tableau présenté dans le rapport de la Banque mondiale intitulé <a href="#">Squaring the Circle</a> .			

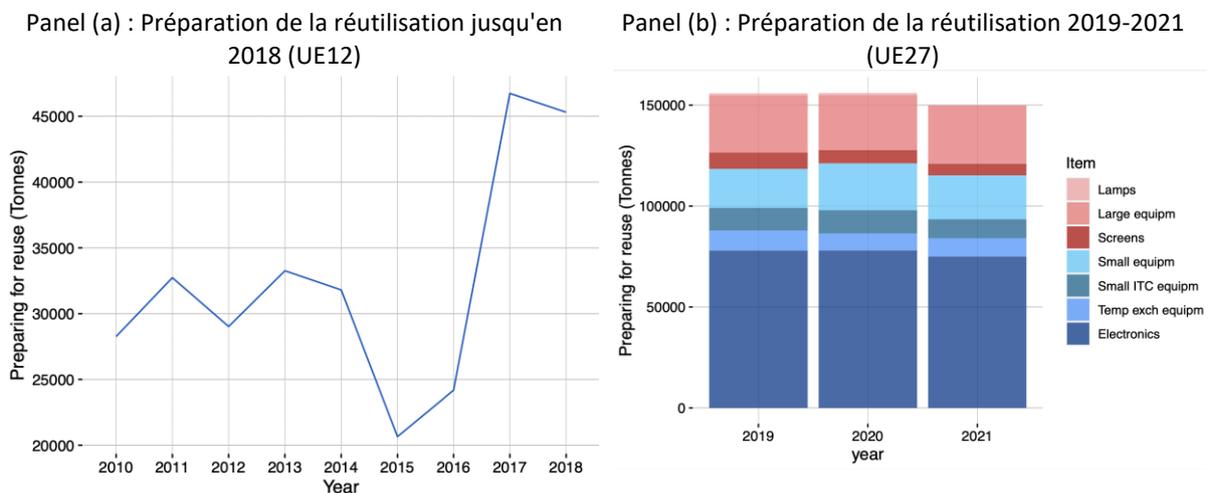
## A4 DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES SUR L'ÉTAT DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE EN EUROPE

**Figure A1 - Consommation de matières premières et production de déchets dans l'UE27**



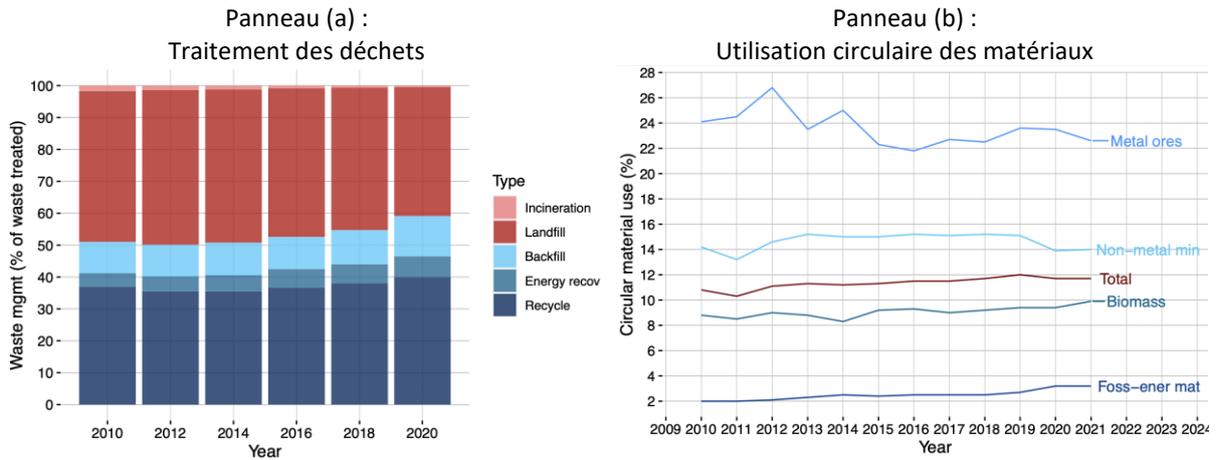
Notes. Ce graphique présente les tendances de la consommation de matières premières et de la production de déchets par habitant pour l'UE27. La consommation de matières premières, ou empreinte matérielle, (panneau a) est la demande d'extraction de matières induite par la consommation de biens et de services. Il s'agit de la somme de l'extraction domestique et des importations totales en équivalents matières premières, déduction faite des exportations totales. La consommation globale de matières premières est répartie entre les matériaux fossiles ("Foss-ener mat"), les minerais métalliques (minerais bruts) ("Metal ores"), la biomasse ("Biomass") et les minéraux non métalliques ("Non-metal min"). La production de déchets (panneau b) est le total des déchets produits, y compris les principaux déchets minéraux. La production globale de déchets est répartie entre les activités économiques de la Communauté européenne (NACE) et les ménages. Il s'agit du commerce de gros de déchets et débris ("Wholesale"), des services (à l'exception du commerce de gros de déchets et débris) ("Services"), de la construction ("Construction"), des ménages ("HouseH"), de la distribution d'eau, de l'assainissement, de la gestion des déchets et de la dépollution ("Water"), de la production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné ("Energy"), de l'industrie manufacturière ("Manuf"), des industries extractives ("Mining") et de l'agriculture, de la sylviculture et de la pêche ("Agri"). Source : Eurostat.

**Figure A2 - Préparation à la réutilisation**



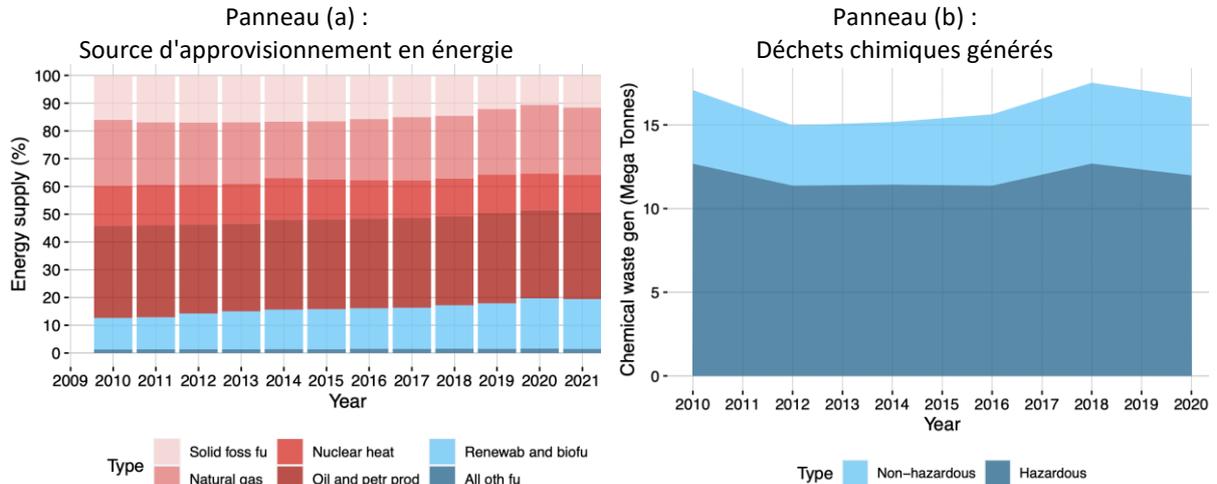
Notes. Cette figure présente les tendances de la préparation en vue de la réutilisation de tous les produits. Selon la définition d'Eurostat, la préparation en vue de la réutilisation est le processus de contrôle, de nettoyage et de réparation des produits qui sont devenus des déchets afin qu'ils puissent être réutilisés sans autre traitement préalable. Cette catégorie ne comprend pas la réutilisation, la réparation et le nettoyage d'articles qui ne sont jamais devenus des déchets. En outre, suite aux nouveaux paquets législatifs, Eurostat a modifié en 2018 la définition des articles qui sont déclarés déchets et préparés pour la réutilisation. Ainsi, le panneau (a) montre la tendance générale de tous les articles qui sont réparés pour être réutilisés jusqu'en 2018 pour l'UE12, qui comprend l'Autriche, la Belgique, Chypre, la Finlande, la France, l'Allemagne, l'Irlande, la Lettonie, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal et la Suède. Le panneau (b) montre la tendance de la préparation à la réutilisation pour 2019-2020 pour l'UE27, avec la répartition des nouvelles catégories d'articles. Il s'agit des grands appareils (toute dimension extérieure supérieure à 50 cm) ("Large equipm"), des lampes, ("Lamps"), des petits appareils (aucune dimension extérieure supérieure à 50 cm) ("Small equipm"), des petit équipement informatique et de télécommunications (aucune dimension extérieure supérieure à 50 cm) ("Small ITC equipm"), des écrans, moniteurs et appareils contenant des écrans d'une surface supérieure à 100 cm<sup>2</sup> ("Screens"), des échangeurs de température ("Temp exch equipm"), et des déchets provenant de la collecte d'équipements électriques et électroniques ("Électronics"). Source : Eurostat.

**Figure A3 - Tendances en matière de traitement des déchets et d'utilisation de matériaux circulaires dans l'UE27**



Notes. Cette figure présente les tendances des opérations de traitement des déchets et de l'utilisation des matériaux circulaires. Le panneau (a) indique les pourcentages du total des déchets traités qui sont incinérés et mis en décharge (rouge), et récupérés par le biais d'opérations de remblayage, de récupération d'énergie et de recyclage (bleu). Le panneau (b) présente le taux d'utilisation de matériaux circulaires, également appelé "taux de circularité", qui mesure en pourcentage la part de matériaux recyclés et réinjectés dans l'économie, ce qui permet d'éviter l'extraction de matières premières primaires. Il est défini comme le rapport entre l'utilisation circulaire des matières (U) et l'utilisation globale des matières (M). L'utilisation globale des matières est mesurée en additionnant la consommation intérieure des matières (DMC) et l'utilisation circulaire des matières (M = DMC + U). Le taux total (rouge) est le taux total pour l'UE27, tandis que les autres sont les taux spécifiques pour les matériaux fossiles ("Foss-ener mat"), les minerais métalliques (minerais bruts) ("Metal ores"), la biomasse ("Biomass") et les minéraux non métalliques ("Non-metal min"). Source : Eurostat.

**Figure A4 - Évolution des énergies renouvelables et des déchets chimiques dans l'UE27**



Notes. Cette figure présente les tendances en matière d'énergies renouvelables et de déchets chimiques pour l'UE27. Le panneau (a) présente la répartition de l'approvisionnement énergétique par source, à savoir les combustibles fossiles solides tels que le charbon ("Solid foss fu"), le gaz naturel ("Natural gas"), la chaleur nucléaire ("Nuclear heat"), le pétrole et les produits pétroliers (à l'exclusion des biocarburants) ("Oil and petr prod"), les énergies renouvelables et les biocarburants ("Renewab and biofu") et tous les autres combustibles ("All oth fu"), qui comprend les gaz manufacturés, l'électricité, la chaleur, la tourbe et les produits de la tourbe, le schiste bitumineux et les sables bitumineux, et les déchets non renouvelables. Le panneau (b) indique les déchets chimiques générés en kilogrammes par habitant, avec la répartition entre les déchets non dangereux ("Non-hazardous"), et les déchets dangereux ("Hazardous"). Source : Eurostat.

## A5 RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES SIMULATIONS

Secteur	2015	2050			
		<i>LTS Baseline</i>	<i>Life</i>	<i>Tech</i>	<i>Tango</i>
<b>Émissions sectorielles</b>					
Agriculture	486	402	188	376	180
Bâtiments	901	250	220	86	81
Transport	1266	670	346	158	120
Industrie	846	655	482	296	231
Energie	1134	307	68	27	13
<b>Émissions négatives</b>					
Utilisation et changement d'affectation des sols	-363	-389	-798	-469	-797
Séquestration de carbone	0	-5	-5	-520	-507
<b>Émissions totales nettes</b>	<b>4270</b>	<b>1890</b>	<b>501</b>	<b>-46</b>	<b>-680</b>

Notes. Le tableau présente les émissions sectorielles de gaz à effet de serre en Europe (UE27, Royaume-Uni, Suisse) en 2015 et pour quatre trajectoires futures en 2050. Le *scénario de référence LTS Baseline* reflète les politiques et les objectifs actuels et prévus, convenus dans l'UE ([Commission européenne, 2018a](#) ; [Commission européenne, 2018b](#)) [65], [66]. Le scénario "*Life*" dépeint une Europe où les changements de mode de vie sont ambitieux. Le scénario "*Tech*" dépeint une Europe caractérisée par des changements technologiques ambitieux. Le scénario "*Tango*" combine à la fois des changements de mode de vie et technologiques ambitieux. L'année de référence est 2015, c'est-à-dire que les émissions historiques sont calibrées jusqu'en 2015 et simulées entre 2020 et 2050. Source : Les résultats ont été simulés à l'aide du [modèle EUCalc](#) et peuvent être reproduits en utilisant l'[interface web d'EUCalc](#).

Matériau	2015	2050			
		<i>LTS Baseline</i>	<i>Life</i>	<i>Tech</i>	<i>Tango</i>
Aluminium	46'079	73'001	47'361	74'286	34'956
Cuivre	3'959	6'792	3'671	7'926	3'522
Graphite	104	451	195	696	257
Fer	186'865	191'351	117'193	122'241	64'821
Plomb	188	350	151	336	138
Lithium	8	85	32	149	52
Manganèse	731	1'193	726	1'087	539
Nickel	233	630	455	674	414

Notes: Le tableau présente la demande en minéraux en Europe (UE27, Royaume-Uni, Suisse) en 2015 et pour quatre trajectoires futures en 2050. Le *scénario de référence LTS Baseline* reflète les politiques et les objectifs actuels et prévus convenus dans l'UE ([Commission européenne, 2018a](#) ; [Commission européenne, 2018b](#)) [65], [66]. Le scénario "*Life*" dépeint une Europe où les changements de mode de vie sont ambitieux. Le scénario "*Tech*" dépeint une Europe avec des changements technologiques ambitieux. Le scénario "*Tango*" combine à la fois des changements de mode de vie et technologiques ambitieux. Le champ d'application comprend les besoins en minéraux pour le transport de passagers et de marchandises (par exemple, voitures, camions, bus, trains, avions, navires), pour les appareils (par exemple, ordinateurs, téléviseurs, réfrigérateurs, lave-vaisselle), les technologies d'approvisionnement en énergie (par exemple, panneaux photovoltaïques, turbines éoliennes, centrales hydroélectriques, centrales nucléaires, au charbon et au gaz, batteries). Pour plus d'informations, veuillez vous référer à [Raffray \(2020\)](#) [79]. Source : Les résultats ont été simulés à l'aide du [modèle EUCalc](#) et peuvent être reproduits à l'aide de l'[interface web d'EUCalc](#).