



PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE, UNE TRAJECTOIRE CLÉ POUR LA LUTTE CONTRE LE DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE



Vincent **Aurez**, Adrian **Tan**,
Adrian **Deboutière**, Laetitia **Carré**, Nicolas **Schnebelen**

Contribution de Walter **Stahel**

2015



« L'économie circulaire est une opportunité, c'est un modèle de plus en plus répandu à travers différents pays et qui vise à remplir systématiquement les principes hiérarchiques de l'efficacité matière : réduire, réutiliser, recycler. »

5ème rapport, vol. 3, GIEC, page 775

Cette étude a été réalisée par l'Institut de l'économie circulaire et EY. Elle s'inscrit comme une contribution à la mission Lévy sur l'économie circulaire dans le développement.

Les analyses et commentaires développés ne pourraient engager les membres de l'Institut de l'économie circulaire.

Synthèse

Réalisée par l'Institut de l'économie circulaire et l'équipe d'EY Cleantech & Sustainability, cette étude est construite sur la base de **données**, d'**études de cas** et de **témoignages**. Elle dresse une typologie des rôles que peut jouer l'économie circulaire dans les stratégies bas carbone des pays développés et en développement. Une contribution originale de Walter Stahel en introduction permet de poser les bases et les enjeux d'une vision de l'économie au prisme de la lutte contre le dérèglement climatique.

L'Institut et EY proposent 10 solutions concrètes, applicables à court ou moyen terme, et ayant des impacts majeurs sur la réduction de nos émissions de gaz à effet de serre. L'étude entend ainsi montrer que l'économie circulaire pourrait contribuer pleinement à l'agenda des solutions de la COP21.

Les propositions sont réparties en trois catégories : (1) Mesurer, comprendre, évaluer (2) Financer, (3) Engager la transition.

Le dérèglement climatique abordé sous le prisme de l'économie circulaire :

- Les émissions de CO₂ par habitant selon l'approche consommation n'ont pas diminué depuis 1990 en France et dans l'Union Européenne.
- L'économie circulaire se démarque des logiques de la compensation carbone ou de réductions « à la marge » des émissions de GES. Lorsqu'elle est adoptée au cœur du modèle d'affaire des entreprises, elle réduit les émissions de GES : les études de cas permettent d'observer des réductions allant jusqu'à - 34% d'émissions de GES par rapport à un système de production linéaire.
- Une transition bas carbone n'est pilotable que si elle s'accompagne de créations d'emplois et de la garantie alimentaire des populations. L'économie circulaire permet d'engager cette trajectoire.
- Un système de financement uniquement basé sur un prix du carbone ne saurait assurer la transition vers un modèle soutenable, la réorientation des modes de financement traditionnel et le déploiement de systèmes de financement complémentaires (prime à la tonne de CO₂ évitée, taxe sur le carbone ajouté, monnaies complémentaires, etc.) sont nécessaires.
- Une cohérence est nécessaire entre traités environnementaux et traités commerciaux.

Extrait des propositions de l'économie circulaire pour contribuer à la lutte contre le dérèglement climatique :

- La taxe carbone envisagée dans la loi de transition énergétique permettrait de mobiliser plus de 18 milliards d'euros par an à l'échelle de la France dès 2020.
- La réallocation des taxes du travail vers les ressources permettrait d'inciter fortement au changement des comportements sans alourdissement fiscal.
- Une étude du Club de Rome conclut que la mise en œuvre d'une combinaison de l'économie circulaire et de l'économie de fonctionnalité réduirait les émissions de CO₂ de la Suède de 70%, et augmenterait le nombre d'emplois de 4%. Une étude similaire est actuellement conduite sur la France et sera présentée à l'automne dans le cadre d'un partenariat entre le Club de Rome et l'Institut de l'économie circulaire.

- Il est primordial de privilégier l'utilisation de matières premières recyclées par rapport à des matières premières vierges, dont les facteurs d'émissions sont nettement supérieurs. Le facteur d'émission de GES de la production de l'aluminium est par exemple 19 fois supérieur à celui de l'aluminium recyclé.
- La comptabilité employée jusqu'à présent dans les négociations internationales ne permet pas de rendre compte des émissions réelles des circuits économiques des pays, l'approche consommation devrait être utilisée en complément de l'approche territoire.
- La lutte contre le changement climatique ne pourrait être résolue sans un découplage absolu entre évolution de la consommation de matières premières et activité économique.
- Les politiques publiques doivent prendre en compte et contenir des mesures directement destinées à endiguer l'effet rebond, susceptible d'atténuer les bénéfices des incitations à la transition bas carbone.

Présentation de l'Institut et d'EY



L'Institut de l'économie circulaire, 174 rue du Temple 75003 Paris , [tel. 01 84 06 33 16](tel:0184063316) ,

<http://www.institut-economie-circulaire.fr>

L'Institut de l'économie circulaire est une association multiacteurs dont l'ambition est de :

- Fédérer et impliquer tous les acteurs et experts concernés dans une démarche collaborative.
- Mutualiser les compétences et ressources, de manière à mener des réflexions collectives sur les sujets associés à l'économie circulaire.
- Faciliter les échanges de savoir et d'expérience entre tous les experts et acteurs impliqués.
- Promouvoir et dynamiser la recherche, l'expérimentation et les réalisations concrètes sur l'économie circulaire.
- Faciliter la création de synergies entre les acteurs afin de favoriser l'émergence de projets multipartites.
- Faire évoluer la législation et la réglementation pour dynamiser l'économie circulaire
- Communiquer afin d'assurer la promotion de l'économie circulaire et améliorer ainsi sa compréhension par le plus grand nombre.



EY Ernst & Young et Associés, Tour First; 1, place des Saisons, 92400 Paris - La Défense Cedex ; Phone : +33 (0) 1 46 93 60 00 ;

www.ey.com/fr

EY est un des leaders mondiaux du conseil, de l'audit, de la fiscalité et du droit, des transactions. Partout dans le monde, notre expertise et la qualité de nos services contribuent à créer les conditions de la confiance dans l'économie et les marchés financiers.

Constituée en 1994, l'équipe Environnement et Développement durable d'EY en France a pour vocation d'accompagner les projets de transformation et de mettre en place le pilotage de la performance intégrée. Forte de plus de 80 consultants entièrement dédiés, notre équipe regroupe des compétences en ingénierie technique, économie, finance, marketing, droit, communication et d'expériences préalables en entreprises, institutions publiques et ONG. Elle collabore avec un réseau international de 700 consultants, auditeurs et avocats. Spécialisés par secteur d'activité, ils accompagnent les entreprises et les structures publiques. De toutes tailles et de tous secteurs, plus de 500 clients leur font confiance, dont plus de la moitié du SBF 120.

Table des matières

Synthèse	2
Présentation de l'Institut et d'EY	4
Table des matières	5
Contribution de Walter Stahel : Économie circulaire et lutte contre le dérèglement climatique	8
I. Un modèle d'économie circulaire pour lutter contre le dérèglement climatique	16
1) Comment la question climatique est-elle liée à l'économie circulaire ?	16
Découplage et trajectoire bas carbone	16
Approche territoire versus approche consommation dans la comptabilisation des émissions nationales de gaz à effet de serre	17
L'empreinte environnementale	21
L'importance croissante du facteur « déchets » dans nos systèmes économiques et son impact dans les émissions de gaz à effet de serre	22
2) Construction d'une approche intégrée et systémique : l'économie circulaire	27
Extrait d'entretien avec Arab Hoballah, Programme des Nations Unies pour l'Environnement	28
3) Cadre conceptuel : liens entre émissions de GES et économie circulaire	30
Agriculture et usages des sols	31
Déchets	39
Produits	39
Emissions de procédés et émissions fugitives	40
Combustibles fossiles	41
4) Intégrer l'économie circulaire au cœur de son développement : études de cas	41
Dislaub	42
YPREMA	43
Eurovia	45
Neopost	46
Bartin Recycling Group : Recyclage et valorisation des voitures-voyageurs du RER de la RATP	47
II. Scénarios : contributions des politiques d'économie circulaire à la lutte contre le dérèglement climatique	48
1) L'économie circulaire au service de la transition énergétique bas carbone	48
Augmenter l'efficacité énergétique dès la phase de production	48
Gains d'énergie évitée grâce à l'optimisation de l'usage de la matière	49
Création d'énergie grâce à la valorisation énergétique des déchets	57
2) De l'économie linéaire à l'économie circulaire : une transition bas carbone désirable	59
Création nette d'emplois	59
Redynamiser les territoires	60

Économie plus résiliente.....	61
Amélioration de la sécurité alimentaire des populations	61
3) Deux paramètres à prendre en compte : garantir le découplage absolu, prévenir l'effet rebond.....	62
Des limites physiques : le recyclage ne suffit pas, le découplage absolu est nécessaire	62
Effet rebond.....	63
III. 10 pistes pour intégrer l'économie circulaire dans la lutte contre le dérèglement climatique.....	65
MESURER, COMPRENDRE, ÉVALUER	65
1) Promouvoir les plateformes de coopération internationale entre pays développés et en développement.....	65
2) Employer l'approche consommation en complément de l'approche territoire pour les accords de réduction des émissions de gaz à effet de serre	66
3) Améliorer les bases de données régionales et territorialiser les problématiques .	66
FINANCER LA TRANSITION.....	67
4) Appliquer une taxe carbone pour engager la transition vers un modèle d'économie circulaire.....	67
5) Créer une prime à la tonne de CO2 évitée afin de favoriser l'utilisation de matière première secondaire.....	68
6) Financer la transition vers une économie circulaire en déployant des monnaies complémentaires territoriales	69
ENGAGER LA TRANSITION.....	70
7) Inscrire les approches en cycle de vie dans les politiques nationales et la commande publique.....	70
8) Démultiplier les expérimentations locales.....	71
9) Etendre les programmes de Responsabilité Élargie du Producteur	71
10) Garantir la cohérence entre les traités internationaux environnementaux et commerciaux.....	71
<i>Postface de Jean-Claude Lévy : L'importance des collectivités territoriales dans la mise en place d'économies circulaires.....</i>	<i>73</i>
Remerciements	77

Liste des figures et encadrés

Figure 1 Différences principales entre économie circulaire et économie industrielle de fabrication : comparaison de quelques mots clés.	11
Figure 2 Les modèles d'affaires de l'économie de fonctionnalité: garanties et valeurs.....	14
Figure 3 Répartition des émissions mondiales de GES par secteur en 2010. Source CDC Climat Recherche 2015.....	17
Figure 4 Approche territoire vs. approche empreinte appliquées à la France 1990 – 2010. Source : CDC Climat Recherche	18
Figure 5 Une vision des émissions nationales de gaz à effet de serre du point de vue de l'économie circulaire.....	19
Figure 6 Emissions des pays membres de l'UE 28, et de 6 autres pays, année 2004.	21
Figure 7 Evolution de l'empreinte écologique depuis 1960	21
Figure 8 Niveau de développement et empreinte écologique dans le monde	22
Figure 9 Quantités de déchets mondiaux. Source: Cyclope 2013.....	23
Figure 10 Coûts estimés de gestion des déchets solides en 2010 et 2025 (en milliards de \$). Source: Aurez, Lévy 2014	24
Figure 11 Émissions de GES de l'UE-27 selon le mode de traitement des déchets de 1990 à 2009 (en milliers de tonne). Source: Eurostat	25
Figure 12 Production de déchets et efficacité de la collecte selon le niveau de revenu par habitant.	26
Figure 13 Qu'est-ce que l'économie circulaire? Source: Ademe	27
Figure 14 Les boucles en économie circulaire	29
Figure 15 Une filière en économie circulaire, exemple des distilleries vinicoles. Source : Union Nationale des Distilleries Vinicoles	30
Figure 16 Solutions de l'économie circulaire pour la réduction des émissions de GES.....	31
Figure 17 Coûts des actions d'atténuation des émissions de CO2 dans le secteur forestier. Source : McKinsey, 2009.....	33
Figure 18 Coûts des actions d'atténuation des émissions de CO2 dans l'agriculture. Source : McKinsey, 2009.....	34
Figure 19 Coûts des actions d'atténuation des émissions de CO2 dans l'agriculture en France/ Source : INRA	35
Figure 20 Echanges de produits alimentaires dans le monde, 2010.	37
Figure 21 Evolution de la consommation de viande dans le monde. Source, FranceAgri'Mer d'après FAO.	38
Figure 22 Acteurs et chaînes de valeurs en économie circulaire	41
Figure 23 Que faut-il pour passer à une économie circulaire?	42
Encadré 24 Fin de la compensation carbone, début de l'économie circulaire	51
Figure 25 Circuit de production de Serge Ferrari. Source: Serge Ferrari	53
Figure 26 Comparaison des facteurs d'émission associés à la production de matière première primaire et secondaire par matériaux d'emballages ménagers en France (en kg éq. CO2 émis par tonne de matériau produite).....	56
27 Réduire les émissions de GES et créer des emplois grâce à l'économie circulaire.....	60
28 Etude de cas du scénario économie circulaire appliqué en Suède, Club de Rome.....	61
Figure 29 Les limites du recyclage. Source : Bihouix 2014	62
30 François Grosse: Les limites du recyclage dans un contexte de demande croissante de matières premières.....	62
Figure 31 Emissions de dioxyde de carbone liés à la consommation de combustibles fossiles en 2013	68
32 Le développement ralenti du béton de terre dans le secteur de la construction	69
33 L'intégration très faible des clauses environnementales ou sociales	70

Contribution de Walter Stahel : Économie circulaire et lutte contre le dérèglement climatique



Walter STAHEL

Économie circulaire et lutte contre le dérèglement climatique

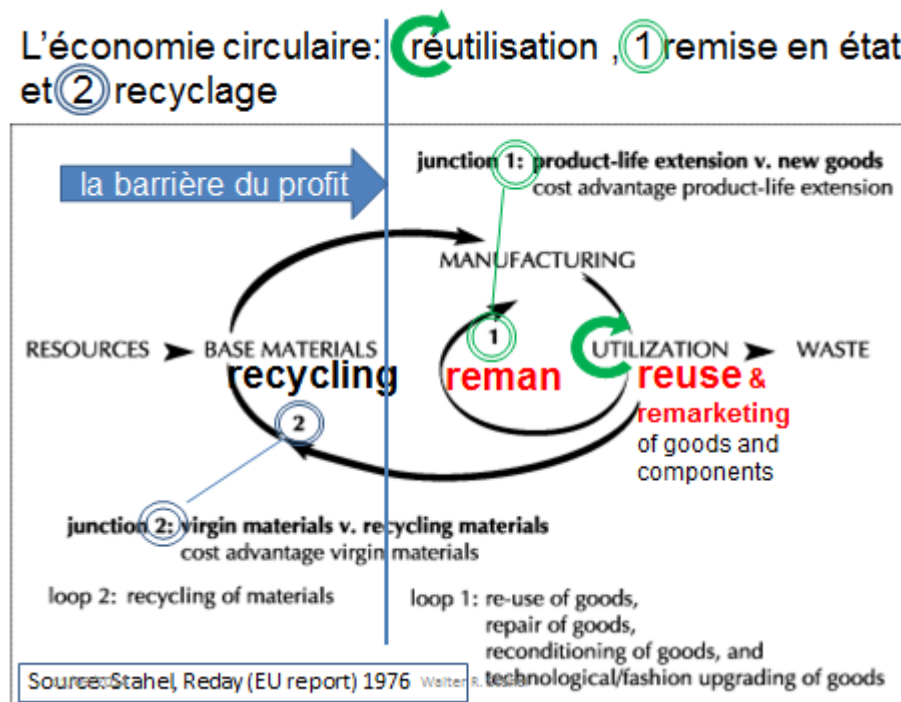
Depuis les années 1970, les travaux de M. Walter Stahel se démarquent par leur caractère incontournable au sein des réflexions générales sur la mise en place de systèmes de production et de consommation soutenables. Ses écrits, mais aussi ses multiples interventions pour sensibiliser les pouvoirs publics, les entreprises et les citoyens, permettent de voir combien demeure immense le chemin entre ce que nous savons devoir faire et ce que nous avons fait. Pourquoi un tel décalage? Peut-être parce que les conclusions de ses travaux vont à l'encontre de modes de production déjà établis, et sans doute parce qu'ils vont à l'encontre de nos modes de vie. La réémergence de l'économie circulaire comme paradigme de développement économique, politique et social soutenable se fait aujourd'hui à la triste faveur d'une crise climatique et écologique qui s'aggrave. Gageons que l'économie circulaire s'enracine cette fois pleinement dans le débat public et que les contributions essentielles de Walter Stahel soient comprises à leur juste mesure.

Dans le cadre de l'étude « L'économie circulaire : une trajectoire clef dans la lutte contre le dérèglement climatique », nous avons souhaité recueillir son point de vue. Tout au long de sa carrière, il a plaidé pour l'extension de la durée d'usage des biens, grâce à la réutilisation, la réparation ou le remanufacturing : autant de moyens concrets permettant la mise en œuvre du modèle circulaire. Pour autant, Walter Stahel n'a pas toujours été l'analyste économique que l'on connaît. Nous l'avons donc interrogé sur son parcours afin de comprendre les raisons de son engagement pionnier pour l'économie circulaire. La contribution qu'il a apporté à cette étude permettra également de mieux caractériser, mais aussi de situer le modèle de l'économie circulaire ; d'évaluer son impact sur les émissions de gaz à effet de serre ainsi que d'étudier la nature des stratégies de mise en œuvre d'une économie circulaire. Pour finir, nous lui avons demandé quels seraient les défis qu'une économie circulaire aurait à relever.

Un parcours de combat pour l'économie circulaire

En 1971, j'ai fini mes études d'architecte à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich. Après y avoir exercé quelques années, ainsi qu'à Londres et St Moritz, j'ai rejoint le centre de recherches Battelle à Genève en 1973. C'était l'année du premier choc pétrolier, et la majorité des pays européens subissait une crise du prix du pétrole et des taux de chômage croissants. Pour vaincre ces problèmes, j'ai alors proposé à la Commission des Communautés Européennes à Bruxelles de faire une étude sur le potentiel que pourrait représenter la substitution de l'énergie par la main-d'œuvre – en effet, il me semblait logique dans cette situation économique d'utiliser ce qui est disponible en abondance tout en réduisant l'utilisation de ce qui semblait manquer. Le rapport de recherche—une analyse sectorielle des industries du bâtiment et des automobiles en France, fut rendu en 1976¹. Sa conclusion était la définition d'une économie de boucles, aujourd'hui appelée économie circulaire.

Le diagramme ci-dessous est tiré de ce premier rapport de recherche (les titres en couleur ont été ajoutés pour la clarté).



Par la suite, l'économie circulaire devient le thème récurrent de la carrière de Walter Stahel : la publication de nombreux écrits sur le sujet ainsi que l'organisation et la participation à de nombreux événements sur le sujet, ont largement participé à la construction du modèle que défend aujourd'hui l'Institut de l'économie circulaire :

- Son article « *The Product-Life Factor* » a défini les stratégies économiques et a gagné le 3e prix à la *Mitchell Prize Competition* de 1982 aux Etats-Unis;

¹ Walter Stahel et Geneviève Reday, *Jobs for Tomorrow, the potential for substituting manpower for energy*; rapport de la Commission des communautés européennes, Bruxelles / Éd. Vantage, N.Y., 1976/1987

- L'ouvrage co-écrit avec Orio Giarini « Les Limites du Certain, affronter les risques dans une nouvelle économie de service », de 1989;
- L'organisation de l'*International Design Forum Ulm* 1992 sur le sujet « Utiliser en commun au lieu de consommer seul », avec Eugen Gomringer;
- Les douze principes de l'éco-conception, formulés par l'IDSA, l'*International Design Society of America*, en 1992;
- Et finalement en 2006 son ouvrage « *The Performance Economy* », qui a défini les principes et le modèle d'affaire de l'économie de fonctionnalité.

Enfin en 2010, la fondation d'Ellen MacArthur domiciliée à Cowes, Isle of Wight, a repris les idées d'une économie circulaire—sous ce nouveau nom—et a développé cette démarche avec une volonté, une énergie et des ressources exemplaires au niveau économique comme au niveau politique.

Les caractéristiques d'une économie circulaire et son positionnement dans le contexte général

L'économie de fabrication optimise la gestion des flux et transforme —par une série d'actions de valeur ajoutée— des matières en semi-produits et en biens vendus aux points de vente avec une garantie limitée dans le temps et des défauts de fabrication. Son succès micro- et macroéconomique se mesure par la somme des flux aux points de vente (chiffres d'affaires, Produit Intérieur Brut (PIB)). Elle profite d'un soutien important de nombreux services publics : recherches universitaires, statistiques détaillées, subventions.

Le succès de la société de fabrication est basé sur la spécialisation de la main-d'œuvre et des tâches, ainsi que sur le principe de l'économie d'échelle. Celui-ci permet de réduire les coûts par pièce, mais ce au prix de chaînes d'offre globales (commerce et transports globaux) ainsi que par l'externalisation de la majorité des coûts portant sur le risque, les déchets et les atteintes environnementales - aussi bien au niveau de l'exploitation des ressources naturelles que de la fabrication.

Depuis 200 ans, l'économie industrielle a fait et continue à faire ses preuves pour surmonter des pénuries et préserver la disponibilité de la nourriture, des habitations, des biens, et des infrastructures, ainsi que pour commercialiser des biens issus des nouvelles technologies. En revanche, elle s'avère inefficace pour gérer la richesse dans des situations de marchés saturés.

L'économie circulaire peut s'appliquer à tout stock ou capital: naturel, humain, culturel, financier, fabriqué ou physique. Son succès se mesure par la croissance de la quantité et de la qualité des stocks, soutenue par une économie régionale et une création d'emplois locaux, une décentralisation intelligente, une productivité élevée des ressources ainsi que la prévention de production de déchets.

L'économie circulaire du capital fabriqué comprend un côté biologique (tel que la nourriture) et un côté technologique (tel que les biens fabriqués). Cet article traite du côté

technologique ainsi que de la gestion des stocks humains et fabriqués : infrastructure, bâtiments, biens d'investissement et de consommation. La prolongation de leur durée d'usage doit permettre de transformer l'approche linéaire de l'économie industrielle en boucles de réutilisation, grâce à la revente, la réparation, la remise en état ainsi que la mise à jour technologique des biens et de leurs composants, et enfin au recyclage des matières ; les petites boucles étant les plus rentables et les moins consommatrices en ressources.

La préservation des valeurs de l'économie circulaire comprend les biens mais aussi les ressources qui sont consommées pendant la phase de production et ainsi intégrées dans les biens: eaux, énergies et émissions (l'énergie grise), matières ainsi que les diverses atteintes à l'environnement opérées pendant cette phase. Un prolongement de la vie des biens et/ou de leurs composants maintient ces ressources intégrées et permet de réduire la consommation de ressources par unité d'utilisation (type année, kilomètre). Le support des services publics est rudimentaire (absence presque totale de recherches universitaires en économie ou technologies de l'économie circulaire et statistiques sur l'évolution des qualités et quantités de stocks, par exemple).

Quant aux progrès technologiques, l'économie circulaire accélère la commercialisation de composants de nouvelles technologies par la mise-à-jour technologique des biens (moteurs de combustion) et systèmes (informatiques, chemin de fer). En cas de saut quantique dans l'évolution technologique (des câbles coaxiaux à la fibre optique, par exemple) la récupération des matières par le recyclage peut constituer la seule solution de fermer les boucles.

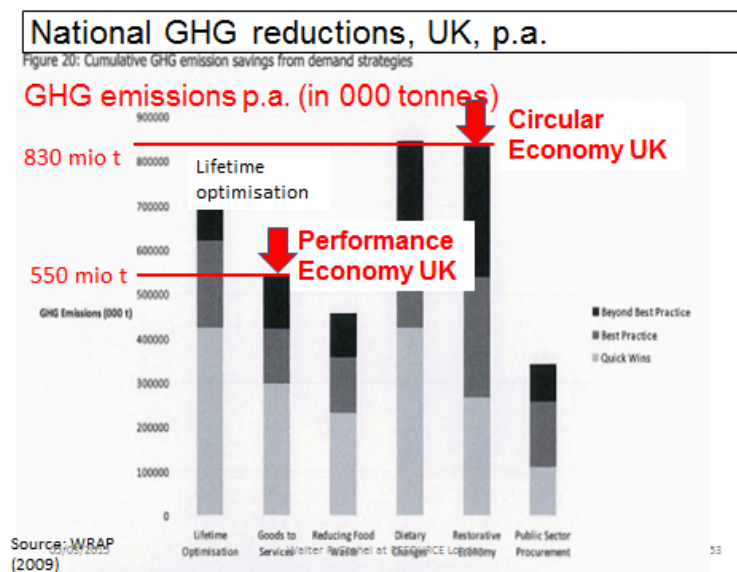
Economie circulaire	Economie linéaire de fabrication
Valeur préservée	Valeur ajoutée
Gestion des stocks	Gestion des flux de production
Croissance de la qualité de stock	Croissance équivaut à l'augmentation des flux de biens
Régionalisation intelligente	Globalisation des chaînes d'offre
Productivité des ressources	Productivité du capital humain (mécanisation)
Pensée circulaire (une boucle n'a ni début ni fin)	Pensée linéaire (de A à Z)

Figure 1 Différences principales entre économie circulaire et économie industrielle de fabrication : comparaison de quelques mots clés.

L'impact d'un changement vers une économie circulaire sur les émissions de gaz de CO₂ / gaz à effet de serre.

Au niveau macroéconomique, plusieurs études récentes permettent d'évaluer ces impacts. Les résultats peuvent être résumés comme suit :

- Une étude input/output du Club de Rome² conclut que la mise en œuvre d'une combinaison de l'économie circulaire et de l'économie de fonctionnalité réduirait les émissions de CO₂ de la Suède de 70%, et augmenterait le nombre d'emplois de 4%. Par ailleurs, l'étude de l'impact sur l'économie à travers une série de facteurs (PIB, balance de commerce), en cinq scénarios, n'a trouvé aucun impact négatif³.
- Les mêmes chercheurs ont utilisé la même approche de modèles Input/Output nationaux pour analyser l'Espagne, les Pays-Bas et la France, pour arriver à des conclusions similaires; ces études seront publiées en automne 2015. Ce nouveau rapport sera traduit et présenté en France grâce à un partenariat entre le Club de Rome et l'Institut de l'économie circulaire.
- Une étude du WRAP (voir schéma ci-dessous) examine l'impact qu'aurait l'adoption de comportements alternatifs stratégiques sur les émissions de gaz à effet de serre. Elle en conclut que les changements les plus importants seraient permis en premier lieu par :
 - la mise en œuvre d'une économie circulaire,
 - un changement alimentaire (en l'occurrence une consommation diminuée en viande),
 - une optimisation de la durée de vie des biens,
 - une vente de biens comme services (location),
 - une réduction du gaspillage alimentaire
 - une mise en pratique du levier de la commande publique



Au niveau microéconomique, il existe de nombreuses études notamment sur la remise en état de moteurs à combustion (*remanufacturing*) dont les résultats sont comparables à l'étude de Smith, VM and Keolian, GA (2004)⁴, qui a comparé les émissions de gaz à effet

² <http://www.clubofrome.org/?p=8260>

³ *The Circular Economy and Benefits for Society*, An interim report by the Club of Rome with support from the MAVA Foundation and the Swedish Association of Recycling Industries, Authors: Anders Wijkman and Kristian Skånberg. 2015

⁴ The value of remanufactured engines, lifecycle environmental and economic perspectives, Journal of Industrial Ecology, 8(1-2) 193-222

de serre d'une remise en état avec la fabrication d'un nouveau moteur (100%). En la matière, Renault est l'un des champions français, tandis qu'en Allemagne c'est Volkswagen avec 50.000 moteurs de voitures et 50.000 boîtes de vitesses par an, et Caterpillar est le champion mondial de la remise en état ainsi que de la mise à jours technologique des moteurs diesel de camion.

Why now? Substantially reducing resource consumption, waste, emissions and costs

A 2004 sectoral study on restoring used automotive engines compared to a like-new condition showed, compared to manufacturing new engines, found:

- **Lower economic costs (30-53%),**
- **Lower raw material consumption (26-90%),**
- **Lower waste generation (65-88%),**
- **Lower energy consumption (68-83%),**
- **Lower emissions (50-88%)**
 - 73-78% less carbon dioxide (CO₂),
 - 48-88% less CO,
 - 72-85% less NO_x,
 - 71-84% less SO_x,
 - 50-61% less non-methane hydrocarbons emissions.

Source: Smith, VM and Keolian, GA (2004) The value of remanufactured engines, lifecycle environmental and economic perspectives, Journal of Industrial Ecology, 8(1-2) 193-222
11/09/2014 Walter R. Stahel et Environment Ireland 33

Les stratégies d'une économie circulaire / économie de fonctionnalité

Éléments de définitions :

- Une économie circulaire réduit le volume des déchets en « fermant les boucles » en fin de vie des biens, notamment grâce à la réutilisation des biens (eBay), à l'allongement de leur durée de vie, et à la récupération des matières contenues dans les déchets en fin de vie des biens comme ressources secondaires.
- Une économie de fonctionnalité vend la fonction (l'usage) d'un bien au lieu du bien; elle intègre les stratégies de l'économie circulaire, mais garde la propriété des biens (ainsi que des ressources « capitalisées ») ce qui impose une internalisation de tous les coûts de risque et de déchets. De plus, elle recherche des solutions au niveau des systèmes, au lieu des biens, et exploite des stratégies d'efficacité et de suffisance.

L'économie de fabrication essaie de traduire des services en produits (un service de lavage devient une machine à laver le linge à domicile), afin de gagner des économies d'échelles (qui sont plus difficiles dans la production de services). Elle crée des besoins de marché de substitution par des stratégies de « meilleur-plus grand-plus vite-plus sûr » et des changement de modes.

L'économie circulaire « crée des boucles » de réutilisation pour biens et matières avec l'objectif de prolonger la durée de vie des biens et des composants, notamment par des activités de revente, de stérilisation (équipements médicaux, bouteilles), de réparation et de remise en état (*remanufacturing*). Elle profite de l'effet du « *pars pro toto* »: le coût élevé de réparation d'une pièce se justifie par le maintien de la valeur du bien intégral (remise en état d'un moteur ou de la carrosserie d'une ambulance, par exemple).

L'économie de fonctionnalité vend l'utilité (la fonction) au lieu du bien (salon lavoir et location de machines à laver le linge individuelles au lieu de vente; location d'appartement et de biens; une intensification de l'utilisation de biens par le partage (transports en communs, taxi, partage automobile). Ceci implique une internalisation de tous les coûts

pendant l'exploitation du bien, ce qui se traduit par une forte incitation économique pour le propriétaire à minimiser ses coûts par des stratégies d'éco-conception extrêmes et une préférence de solutions de suffisance. En échange, le propriétaire gagne une sécurité d'approvisionnement en ressources futures à un prix connu, et économise les frais dus à une régulation croissante (*litigation costs*).

Les modèles d'affaires de l'offre de l'économie de fonctionnalité se fondent sur au moins deux des trois piliers: la propriété retenue de biens et de leurs ressources intégrées; le savoir du fabricant (OEM) et le savoir des gestionnaires de parcs de biens (exploitation et maintenance, E&M). La combinaison de ces piliers définit les modèles d'affaires, qui ont comme dénominateur commun le résultat garanti et le maintien des valeurs.

Ces modèles d'affaires de l'offre de l'économie de fonctionnalité sont les mêmes pour la demande, telle la politique d'achats publics. En achetant un service au lieu d'un bien, l'acheteur transfère l'incertain—les coûts d'opération et de maintenance—au vendeur. Depuis une dizaine d'années, la NASA achète de préférence des services de transport spatial au lieu d'acheter et opérer des transporteurs elle-même (les navettes spatiales). Ceci a provoqué une création de multiple entreprises '*start-up*' dans ce domaine (Space X, Odyssee Moon) qui développent des nouvelles technologies dématérialisées et économes.

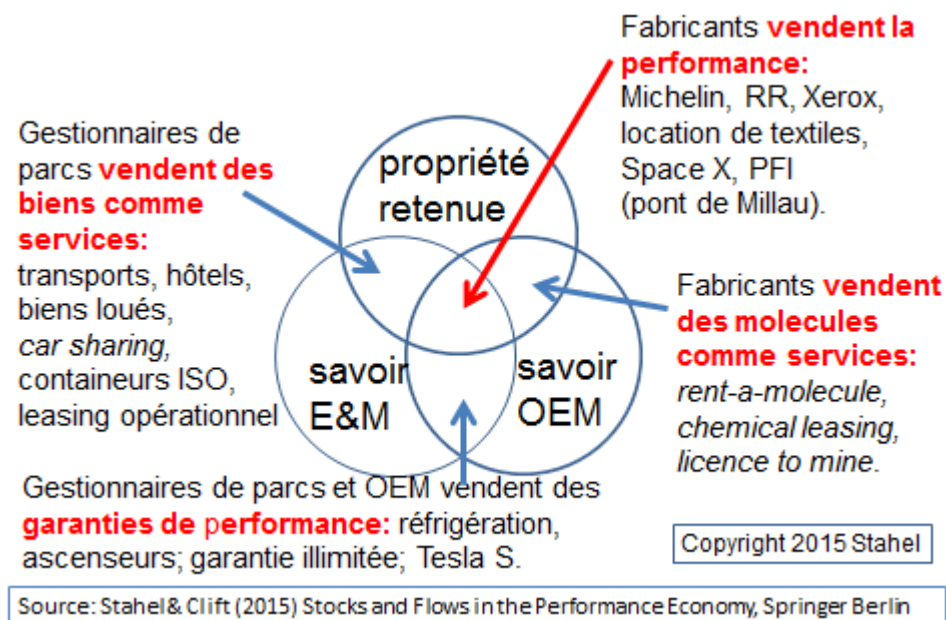


Figure 2 Les modèles d'affaires de l'économie de fonctionnalité: garanties et valeurs

Les défis d'une économie circulaire / économie de fonctionnalité

L'économie circulaire est poussée par une régulation internationale croissante au niveau de l'industrie minière et de la gestion des déchets, autant que par le développement de nouvelles activités profitables dans les boucles de réutilisation et d'un prolongement de la durée de vie des biens et composants par les acteurs économiques.

L'économie de fonctionnalité de son côté est entraînée par des acteurs économiques à la recherche d'une plus haute compétitivité au niveau de solutions systémiques, utilisant un mix d'innovations technologiques et commerciales.

Dans les deux cas, la réduction des impacts sur l'environnement et la création d'emplois ne sont que les résultats du transfert d'une économie linéaire de production à une économie circulaire, non les facteurs motivant le changement au niveau du secteur privé.

La meilleure stratégie du secteur public pour accélérer ce transfert est donc de changer les conditions-cadres afin de motiver le secteur privé. Ceci inclut les mesures suivantes :

- Le défi politique:

Adapter les conditions-cadres afin de ne pas pénaliser l'économie circulaire, en commençant par l'introduction d'une fiscalité durable :

- ne pas imposer les ressources renouvelables, y compris la main-d'œuvre, mais taxer exclusivement la consommation de ressources non-renouvelables;
- ne plus demander la TVA (taxe valeur ajoutée) sur les activités préservant la valeur (stock), mais seulement sur les activités de valeur ajoutée (flux).
- donner des crédits carbone aux activités de prévention des émissions de CO₂ (par une gestion de stock) au même niveau que pour une réduction des émissions.

Les défis pour maximiser et accélérer la préservation des valeurs au niveau des biens

- Défis scientifiques et rôle de la recherche universitaire

L'économie circulaire demande une compréhension de sujets inter- et multidisciplinaires; mais le succès dans la recherche est encore basé sur la spécialisation (dans une discipline scientifique). Comment casser les silos du savoir ?

Les recherches universitaires sont encore centrées sur la fabrication :

- Les sciences économiques s'interrogent sur comment relancer la croissance en macroéconomie, et comment optimiser les chaînes d'offres globales en microéconomie, plutôt que de se questionner sur le potentiel d'une économie circulaire et d'une décentralisation intelligente,
- Les sciences techniques au niveau des matériaux recherchent la composition de nouveaux alliages plus performants, plutôt que de procédés de dés-alliages du stock de métaux; et la recherche de nouveaux polymères plutôt que de procédés de dépolymérisation des polymères-déchets.

Au niveau de la recherche appliquée :

- les technologies d'une remise en état (*re-manufacturing*) de biens—qui sont très différentes de ceux de la fabrication (*manufacturing*)— ne sont guère recherchées;
- les méthodes d'une mise à jour technologique efficace et économe des façades du stock de bâtiments sont négligées,
- les méthodes de déconstruction du stock d'infrastructures et bâtiments qui préserveraient la valeur maximale sont inexistantes.

- Les défis d'un accès au savoir de l'économie circulaire pour les PME :

Le savoir et le savoir-faire de l'économie circulaire et de fonctionnalité, aussi bien économique que technologique, se trouvent aujourd'hui à deux endroits :

- auprès des réparateurs et des entreprises actives en économie circulaire, acquis par l'activité pratique et transmis par les apprentissages,
- au sein des gestionnaires de parcs de biens, telles que forces armées, chemins de fer, compagnies d'aviation et de navigation (bateaux), qui sont les acteurs principaux de l'économie de fonctionnalité et qui disposent de leurs propres centres de recherche appliquée et de formation,

Un transfert de ce savoir dans les universités—aussi bien les curricula que la recherche— permettra le contact des étudiants avec le potentiel de l'économie circulaire et le transfert

du savoir aux PME. Les premiers centres d'excellence universitaire viennent de voir le jour dans le domaine du *remanufacturing* aux Etats-Unis, en Chine, en Corée du Sud et en Ecosse.

- Le défi de mieux connaître et exploiter les chances créées par l'économie circulaire
La remise en état de biens permet de « produire » des biens d'une qualité supérieure aux procédés de fabrication (meulage des rails de chemin de fer contre laminage). Il n'y a pas de recherches systémiques pour exploiter ces chances.

Un marché des pièces usées (un « eBay pour composants usés ») permettrait de retourner les composants en fin de la vie des biens aux fabricants d'équipement d'origine (original equipment manufacturer). Ce marché émerge en raison de la tendance croissante des composants à avoir une durée de vie technique supérieure aux biens qui les hébergent.

Etablir des statistiques concernant les quantités et qualités des stocks (nature, humain, physique, culturel) permettra de suivre l'évolution de l'économie circulaire (et sa croissance qualitative).

- Le défi de préserver la plus haute valeur possible dans la collecte des biens usés grâce à une :
 - collecte sans dilution des « matières liquides en fin d'utilisation » (déchets) suivie d'une récupération et d'une revente des matières premières (phosphore dans l'épuration des eaux; urée dans des urinoirs sans eau),
 - collecte sans destruction des « biens solides mobiles en fin d'utilisation » (déchets) suivi d'un démontage et revente des composants;
 - déconstruction d'infrastructure et bâtiments afin de récupérer les composants et matières au niveau de la valeur la plus élevée.

L'industrie des déchets se transformera alors en une industrie de la remise en vente des valeurs de stock.

- Le défi de préserver la plus haute valeur au niveau des matières dans le recyclage
 - Développer des procédés afin de recycler certaines matières au niveau de l'atome (par exemple Ni, Cr et Fe dans l'acier inox).
 - Développer des procédés afin de préserver les matières intégrées à la fin de vie des produits high-tech, tels que cellules photovoltaïques, composites de carbone (dans les éoliennes, les avions et automobiles).

Paris, 14 septembre 2015

Walter Stahel

I. Un modèle d'économie circulaire pour lutter contre le dérèglement climatique

1) Comment la question climatique est-elle liée à l'économie circulaire ?

Découplage et trajectoire bas carbone

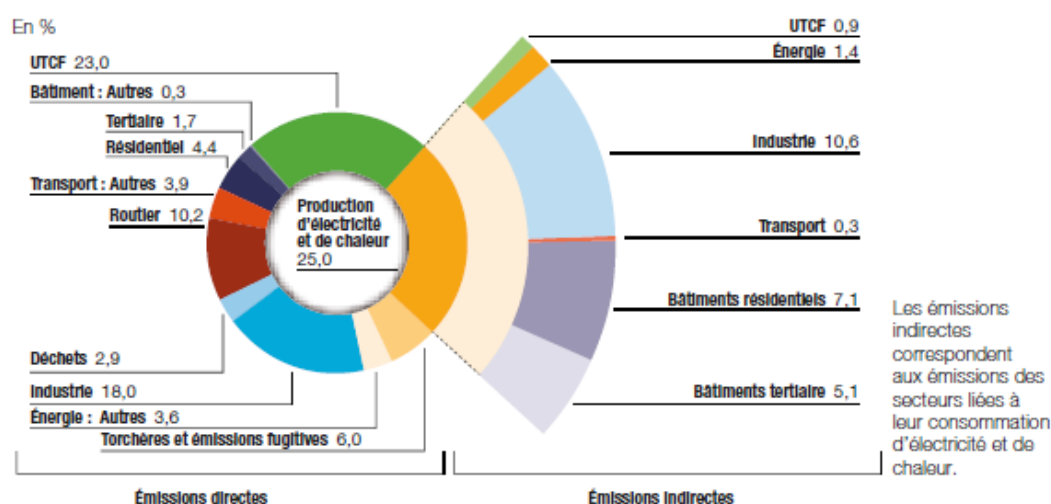
Le découplage absolu de notre consommation de matières premières avec l'activité économique constitue l'une des clés de la lutte contre le dérèglement climatique. L'économie circulaire peut ainsi largement y contribuer, à condition de se baser sur des outils fiables et éprouvés comme les analyses en cycle de vie. Non seulement ces ACV

démontrent les limites des politiques climatiques mises en place, mais elles nous rappellent également que la question de la lutte contre le dérèglement climatique ne peut être envisagée sans une refonte du modèle économique linéaire dominant. Si les émissions de CO₂ sont l'une des manifestations de ce modèle, d'autres aspects doivent aussi être inclus dans notre réflexion.

Le développement des énergies renouvelables ne saurait suffire. De même, l'optimisation de l'offre et de la demande d'énergie via des systèmes intelligents ne permettront pas d'assurer une véritable rupture. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication consomment déjà plus de 20% de l'énergie mondiale. La lutte contre le dérèglement climatique a certes besoin d'une atténuation des émissions de gaz à effet de serre des infrastructures existantes, mais surtout d'un changement de modèle où, à chaque étape du cycle de vie d'un bien ou service, l'empreinte écologique est réduite.

L'heure est à la redéfinition du développement de nos territoires, plus sobre et plus efficace, et au renouveau des coopérations locales. Elles seront des leviers pour la préservation des ressources, mais aussi la préservation du climat. La transition vers une économie circulaire permettra également de réduire nos émissions de gaz à effet de serre et de s'adapter à la transformation de notre environnement par une meilleure gestion de la consommation en eau, de l'approvisionnement énergétique et de la fin de vie des matières.

Figure 3 Répartition des émissions mondiales de GES par secteur en 2010. Source CDC Climat Recherche 2015⁵



Approche territoire versus approche consommation dans la comptabilisation des émissions nationales de gaz à effet de serre

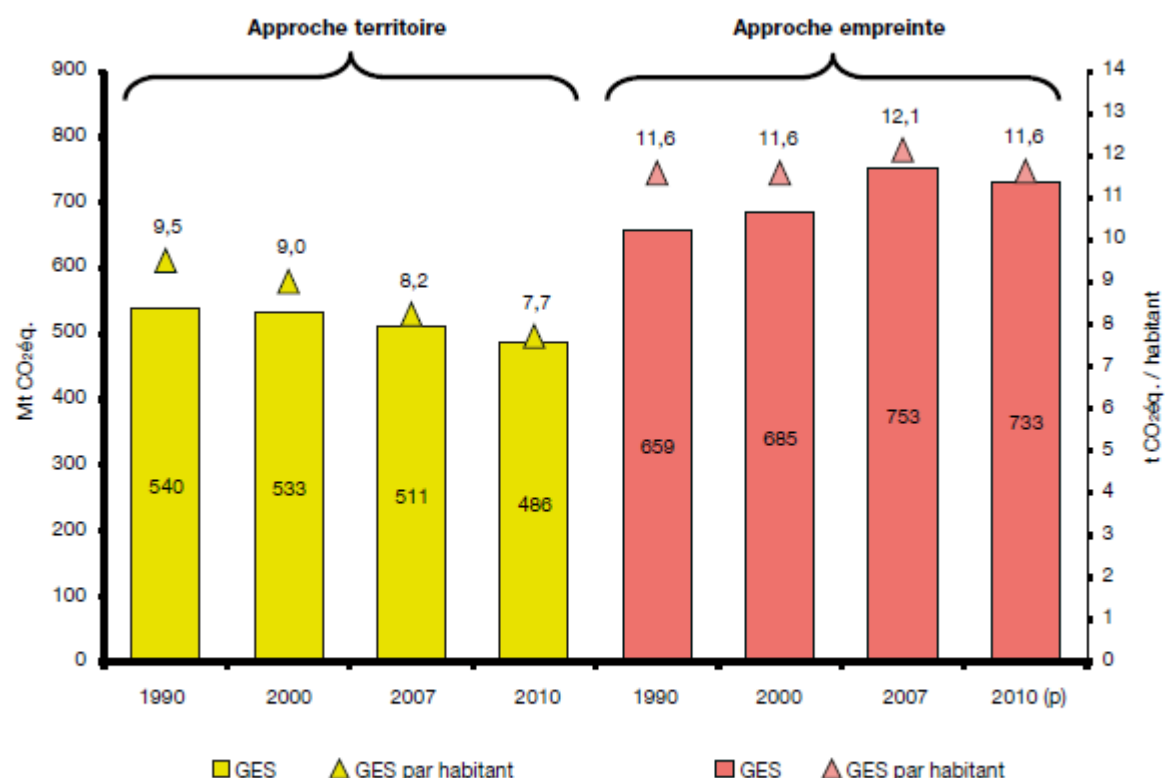
En 2004, 23% des émissions de CO₂, soit 6,2 gigatonnes, étaient liées aux produits issus des unités de production en Chine et dans d'autres pays en développement et destinées aux pays développés.

Entre 2000 et 2010, les activités de production installées sur le territoire français ont été moins émettrices de CO₂. Pour autant, il est faux de penser que notre économie est moins émettrice de CO₂ qu'auparavant.

En France, les émissions selon l'approche territoire représentent 66 % des émissions selon l'approche empreinte en 2010, contre 82 % en 1990. Cela est dû notamment au

⁵ Chiffres clés du climat, Medde - CGDD - SOeS 2015, d'après les chiffres du 3ème rapport du GIEC 2014

phénomène de tertiarisation de l'économie française, au détriment de l'industrie, plus émettrice de CO₂, et de l'agriculture, émettrice de méthane (CH₄). Une part croissante des émissions liées à la demande intérieure française est donc « importée » avec les produits manufacturés.



Source : calculs SOeS d'après AIE, Citepa, Douanes, Eurostat, Insee.
(p) : provisoire

Figure 4 Approche territoire vs. approche empreinte appliquées à la France 1990 – 2010.
Source : CDC Climat Recherche

L'approche territoire, qui est celle du protocole de Kyoto, permet de comptabiliser les émissions de GES là où elles sont émises. L'approche empreinte permet de comptabiliser les émissions dues à la demande finale intérieure, en ajoutant les émissions liées aux produits importés et en retranchant celles des produits fabriqués sur le territoire français puis exportés.

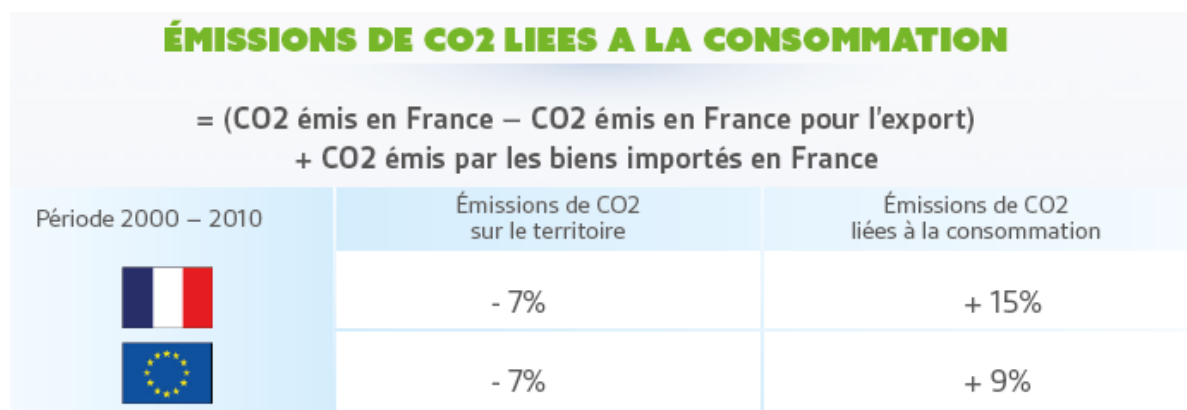


Figure 5 Une vision des émissions nationales de gaz à effet de serre du point de vue de l'économie circulaire⁶

En 2010, selon l'approche territoire, la France a émis 486 millions de tonnes équivalent soit 7,7 tonnes par habitant. Ces émissions sont en baisse de 19 % par rapport à 1990. En revanche, selon l'approche empreinte, ces émissions sont de 733 Mt CO2 éq. en 2010, soit, rapportées à la population, autant qu'en 1990 : 11,6 tonnes par habitant. **Les émissions de CO2 en France par habitant n'ont donc pas diminué depuis 1990.**

Entre 1990 et 2010, les émissions de CO2 de l'OCDE ont progressé de 6 % selon l'approche territoire, contre plus de 20 % selon l'approche empreinte. Dans les pays d'Asie hors OCDE, selon l'approche territoire, elles ont plus que triplé en trente ans, dépassant en 2008 le niveau des émissions de l'OCDE. Néanmoins, selon l'approche empreinte, ce constat est inversé : en 2010, les émissions des pays d'Asie hors OCDE restent inférieures de 20 % à celles des pays de l'OCDE.

Les émissions de CO2 induites par la demande finale française s'élèvent à 550 millions de tonnes, dont 40% émis à l'étranger. À l'inverse, des chercheurs ont calculé qu'entre 2000 et 2007, 17 à 36% des émissions en Chine de dioxyde de soufre, oxydes d'azote, monoxyde de carbone et de noir de carbone a été induite par la production de biens destinés à l'export⁷.

Dans le domaine de l'énergie, l'emprise énergétique est l'ensemble de l'énergie mobilisée de manière directe et indirecte pour fournir un produit ou service⁸. Les biens ou services consommés demandent des consommations énergétiques tout au long de leur phase de production et de distribution. À titre d'exemple, un quart de l'énergie utilisée en Chine en

⁶ Meike FINK et Célia GAUTIER, Les émissions importées - Le passager clandestin du commerce, CiTEPA ; Lenglar, Fabrice, Christophe Lesieur, and Jean-Louis Pasquier. "Les Émissions de CO2 Du Circuit Économique En France." L'économie Française-, 2010

⁷ Lin, Jintai, Da Pan, Steven J. Davis, Qiang Zhang, Kebin He, Can Wang, David G. Streets, Donald J. Wuebbles, and Dabo Guan. "China's International Trade and Air Pollution in the United States." Proceedings of the National Academy of Sciences, January 21, 2014, 201312860

⁸ Prabodh Pourouchottamin, Emprise énergétique de la consommation, EDF R&D, octobre 2012

2012 était destinée aux exportations, et plus d'un tiers de l'énergie importée par la Chine servait aux exports.

D'une part, ces chiffres montrent les limites des politiques climatiques mises en place, mais ils nous rappellent également que la question de la lutte contre le dérèglement climatique ne peut être envisagée sans une refonte du modèle économique linéaire dominant. Si les émissions de CO2 sont l'une des manifestations de ce modèle, d'autres aspects doivent aussi être inclus dans notre réflexion.

en 2004	Emissions de production (Mt CO2)	Emissions de consommation (Mt CO2)	Importeur/Exportateur net de CO2 (Mt CO2)
Autriche	70	108	+38
Belgique	113	166	+53
Bulgarie	nr	47	
Chypre	7	10	+3
Croatie	nr	23	
République tchèque	116	98	-18
Danemark	51	75	+24
Estonie	19	17	-2
Finlande	68	75	+7
France	392	562	+170
Allemagne	822	1050	+228
Grèce	97	117	+20
Hongrie	58	69	+11
Irlande	44	55	+11
Italie	470	586	+116
Lettonie	7	14	+7
Lituanie	13	19	+6
Luxembourg	11	16	+5
Malte	3	3	0
Pays-Bas	179	227	+48
Pologne	309	279	-30
Portugal	63	78	+15
Slovaquie	37	36	-1
Slovénie	15	18	+3
Espagne	344	411	+67
Suède	54	95	+41
Royaume-Uni	555	808	+253
États-Unis	5800	6487	687
Japon	1259	1596	337
Australie	342	334	-8
Canada	554	530	-24
China	5288	3953	-1335
Russie	1603	1214	-389

Figure 6 Emissions des pays membres de l'UE 28, et de 6 autres pays, année 2004.⁹

L'empreinte environnementale

L'utilisation des ressources excède déjà largement la capacité d'assimilation et de renouvellement des écosystèmes. Ainsi, le 21 octobre 1993, nos sociétés avaient déjà consommé plus de ressources que la Terre n'est capable de produire et régénérer en un an. En 2015, ce « jour du dépassement », évalué à partir de la méthodologie de l'empreinte écologique globale, était le 13 août.¹⁰ Le Global Footprint Network a ainsi calculé qu'en seulement 8 mois l'humanité consomme la totalité du budget économique annuel de la Terre.



Figure 7 Evolution de l'empreinte écologique depuis 1960

Aujourd'hui, notre planète aurait besoin d'une année et quatre mois pour régénérer ce que nous utilisons en une seule année.

Un dépassement global survient lorsque les besoins de l'humanité en ressources naturelles dépassent la production de la biosphère, ou capacité régénératrice. Un tel dépassement conduit à une érosion du capital naturel qui est la base de toute vie. Un dépassement local survient lorsque qu'un écosystème local est exploité à un rythme plus élevé que celui de son renouvellement.

L'empreinte écologique estime la surface minimale de terres et d'eaux dont une population humaine utilisant les technologies existantes a besoin pour produire les ressources qu'elle consomme et assimiler les déchets qu'elle produit.

L'Indice de Développement Humain (IDH) est défini par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement comme une mesure de synthèse du niveau moyen atteint dans les dimensions clés du développement humain : une vie longue et saine, l'acquisition de connaissances et un niveau de vie décent. L'IDH est la moyenne géométrique des indices normalisés pour chacune des trois dimensions.¹¹

⁹ Source : Eloi Laurent, Faut-il décourager le découplage ?, OFCE ; United Nation Statistics Division ; Davis, S. J., and K. Caldeira. "Consumption-Based Accounting of CO2 Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107, no. 12 (March 23, 2010): 5687–92. doi:10.1073/pnas.0906974107.

¹⁰ www.footprintnetwork.org

¹¹ Définition et données disponibles sur : hdr.undp.org

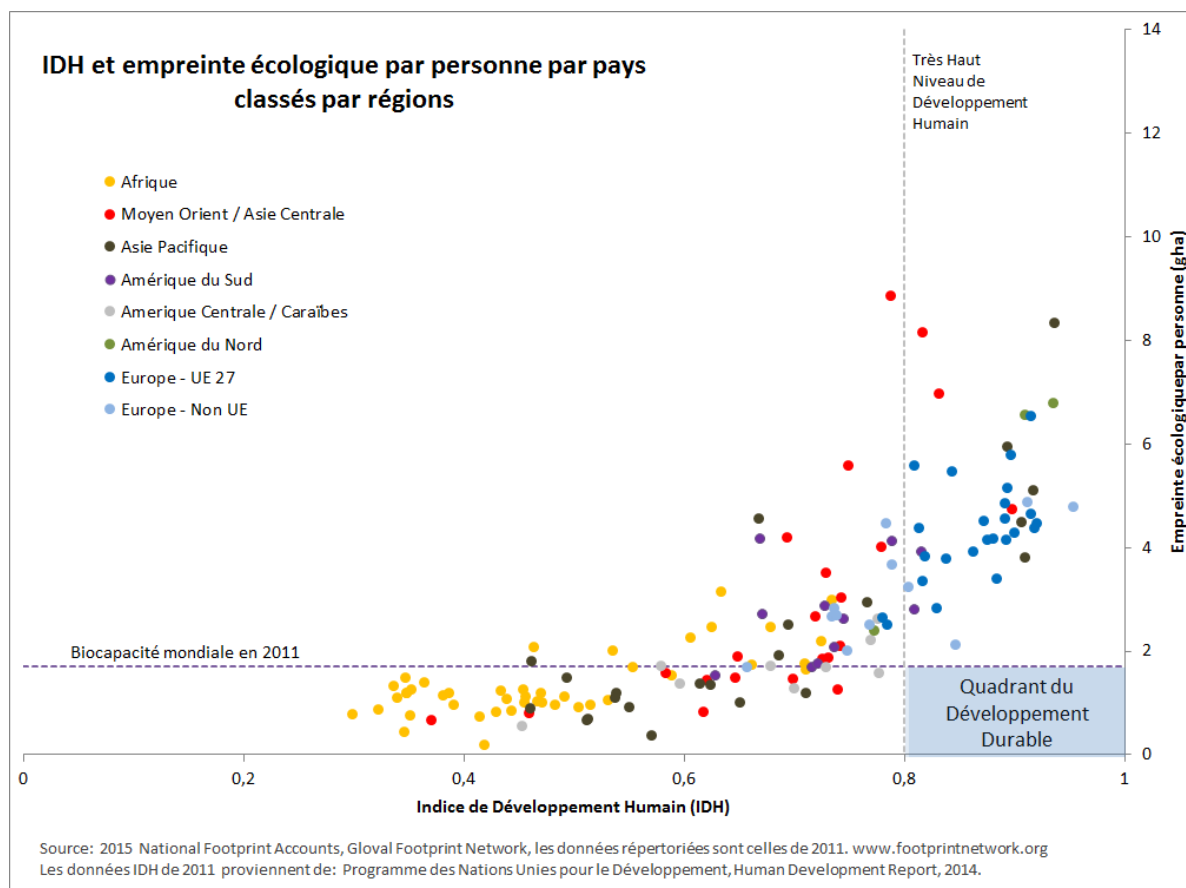


Figure 8 Niveau de développement et empreinte écologique dans le monde

Le niveau de développement des pays est négativement corrélé à leur capacité à maintenir un modèle économique soutenable: plus un pays est développé, moins il est soutenable sur le plan écologique. Ce graphique nous montre par ailleurs qu'aucun système économique linéaire n'est à l'heure actuelle capable d'assurer une empreinte écologique raisonnable : aucun pays n'a à la fois un très haut niveau de développement humain et une empreinte écologique par habitant respectant le niveau de la biocapacité mondiale.

L'importance croissante du facteur « déchets » dans nos systèmes économiques et son impact dans les émissions de gaz à effet de serre

Durant les deux derniers siècles, nous sommes passés de 1 milliard à 7 milliards d'êtres humains. En parallèle, ne serait-ce qu'en France, les municipalités produisent 47 millions de tonnes de déchets par an. Cette prolifération des déchets est aujourd'hui perçue comme indissociable de l'urbanisation.

Les matières premières secondaires (ou matières issues du recyclage) ont joué un rôle majeur dans les révolutions industrielles. La réinjection de la matière dans le système économique joue un rôle primordial dans le processus de développement industriel. L'analyse et l'exploitation du cycle des matières furent déterminantes au cours de la première révolution industrielle. Leur circulation de la maison à la rue, de la rue et de la fosse d'aisances à l'usine ou au champ contribua au premier essor de la consommation urbaine. Scientifiques, industriels, agriculteurs - parfois confondus - regardèrent la ville comme une mine de matières premières et participèrent, aux côtés des administrations municipales, des services techniques et des chiffonniers, à la réalisation d'un projet urbain visant à ne rien laisser perdre, projet garant de la salubrité urbaine, du dynamisme

économique et de la survie alimentaire. Il existait alors une circularité des flux de matières entre ville, industrie et agriculture.

Bien sûr, l'analogie écologique idéalise: le début de l'industrialisation du XIX^e siècle a contribué à la pollution de l'air et de l'eau. En effet, aucun système humain n'a été et ne peut être parfaitement cyclique; tout au long de l'histoire, les villes ont utilisé des matières produites par des personnes en dehors du système, et des déchets ont été produits. On a par exemple découvert des stratégies urbaines d'élimination des « déchets » à Knossos ou à Pompéï. Néanmoins, les processus adoptaient dans une certaine mesure la logique de boucles propre à l'économie circulaire: les déchets servaient à la production comme matières premières. Les pratiques de recyclage au XIX^e siècle ne peuvent pas non plus être glorifiées: les conditions de récupération et de retraitement étaient extrêmement insalubres et ne sauraient correspondre aux standards actuels. Vers la fin du XIX^e siècle, la collecte et le traitement des ordures devint petit à petit un secteur spécialisé, et, pour "la première fois dans l'histoire humaine, la gestion économique des déchets devint séparée de la production, de la consommation et de leur utilisation. Ainsi, la relation aux déchets a été fondamentalement transformée.

La découverte de nouveaux gisements de matières premières et de nouveaux procédés d'extraction ont provoqué une rupture dans les modes de production: les énergies fossiles et ressources minières sont dès lors utilisées pour fabriquer des engrais phosphatés à la place des engrais « naturels ». Il est alors de moins en moins nécessaire de récupérer tous les « déchets » des villes. Pour prendre une analogie écologique, les villes ont toujours été des systèmes ouverts plutôt que des systèmes fermés (augmentation de la perte entropique). Dans ces nouveaux systèmes de production et de consommation, les déchets ne servaient plus comme matières premières, mais au contraire, créaient une demande de nouveaux objets.

Encourager les gens à acheter de nouveaux produits avant que les anciens ne soient plus en état de marche constitue une nouvelle stratégie d'expansion des marchés.

En dépit de l'augmentation de la production de déchets dans l'UE, la quantité de déchets municipaux mise en décharge a été réduite. De 1995 à 2009, la quantité totale de déchets enfouis a diminué de 45,6 millions de tonnes, passant de 141,3 millions de tonnes (296 kg par habitant) en 1995 à 95,7 millions de tonnes (191 kg par habitant) en 2009, correspondant à une baisse annuelle de 2,7%. La part de la mise en décharge est ainsi passée de 68% en 1995 à 38% en 2008.

Déchets municipaux	De 1,7 à 1,9 milliard de tonnes
Déchets industriels	De 1,2 à 1,7 milliard de tonnes
Déchets dangereux	0,5 milliard de tonnes
Total	De 3,4 à 4 milliards de tonnes

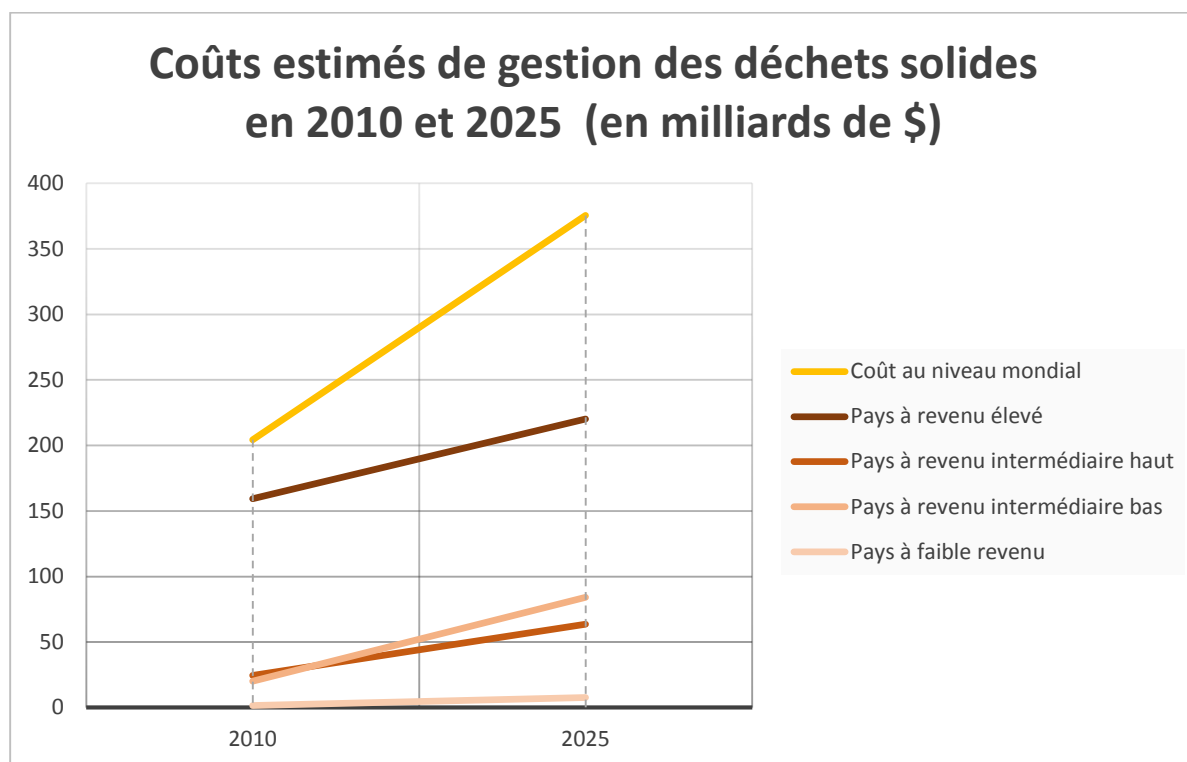
Figure 9 Quantités de déchets mondiaux. Source: Cyclope 2013

L'étude *Du Rare à l'infini - Panorama mondial des déchets*¹², montre ainsi que la prise en compte des flux de matières et d'énergie dans les pays en développement devient de plus en plus importante, du fait de la quantité de déchets produite à l'échelle mondiale et de l'expansion des flux internationaux de déchets et matières premières secondaires. On s'attend par exemple à un doublement de la production mondiale de déchets solides municipaux d'ici 2030. Les déchets électroniques seuls devraient, selon un rapport des Nations Unies publié en mi-décembre 2013, augmenter d'1/3 de 2012 à 2017. Au niveau

¹² CHALMIN P. et GAILLOCHET C., *Du Rare à l'Infini-Panorama mondial des déchets*, Institut Européen de Recherche sur les marchés des matières premières, 2009

mondial, « pour nombre de filières, la part des matières premières issues du recyclage est déjà supérieure à celle des matières primaires (papier, certains métaux non ferreux) ». Marché de 300 milliards de dollars, l'économie mondiale des déchets représente une source de revenu non négligeable pour des pays en développement, mais ces flux de matière se font parfois en dehors de toute juridiction. De plus, la part du secteur informel dans la gestion des déchets est souvent très forte, ce qui accroît l'exposition aux risques sanitaires et environnementaux de ces pays.

Comme le montre le graphique ci-dessous, le coût au niveau mondial de gestion des déchets solides augmentera de plus de 150 milliards dollars en seulement 15 ans (passant de 200 à plus de 350 milliards).



*Figure 10 Coûts estimés de gestion des déchets solides en 2010 et 2025 (en milliards de \$).
Source: Aurez, Lévy 2014¹³*

La production mondiale de déchets solides municipaux est estimée à environ 1,2 milliards de tonnes. Cependant, **plus de 80% des déchets sont mis en décharge et contribuent à hauteur de 12% aux émissions mondiales de méthane, soit 45 millions de tonnes par an (sachant qu'une tonne de méthane est 25 fois plus néfaste pour le climat qu'une tonne de CO₂)**. Les émissions de gaz à effet de serre (GES), liées au seul traitement des déchets augmentent sensiblement chaque année, puisqu'on s'attend à un doublement de la production mondiale de déchets solides municipaux d'ici 2030, dont une majorité en Chine.

¹³ Vincent Aurez, Jean-Claude Lévy, *L'économie circulaire : un désir ardent des territoires*, Presses des Ponts et Chaussées, 2014

Des réponses sont néanmoins possibles. En dépit de l'augmentation de la production de déchets dans l'UE, la quantité de déchets municipaux mis en décharge a été réduite. De 1995 à 2009, le total enfoui a diminué de 45,6 millions de tonnes, passant de 141,3 millions de tonnes (296 kg par habitant) en 1995 à 95,7 millions de tonnes (191 kg par habitant) en 2009, correspondant à une baisse annuelle de 2,7%. La part de la mise en décharge est ainsi passée de 68% en 1995 à 38% en 2008.

En plus de bénéfices sociaux et environnementaux considérables, l'amélioration du traitement des déchets, nécessairement à l'échelle des collectivités territoriales (qui en font la collecte et financent ce traitement) a eu un effet direct sur les émissions de gaz à effet de serre. **Les émissions provenant de la mise en décharge dans l'UE 27 ont ainsi diminué d'environ 70 000 ktCO₂ de 1990 à 2010 grâce au développement du recyclage.**

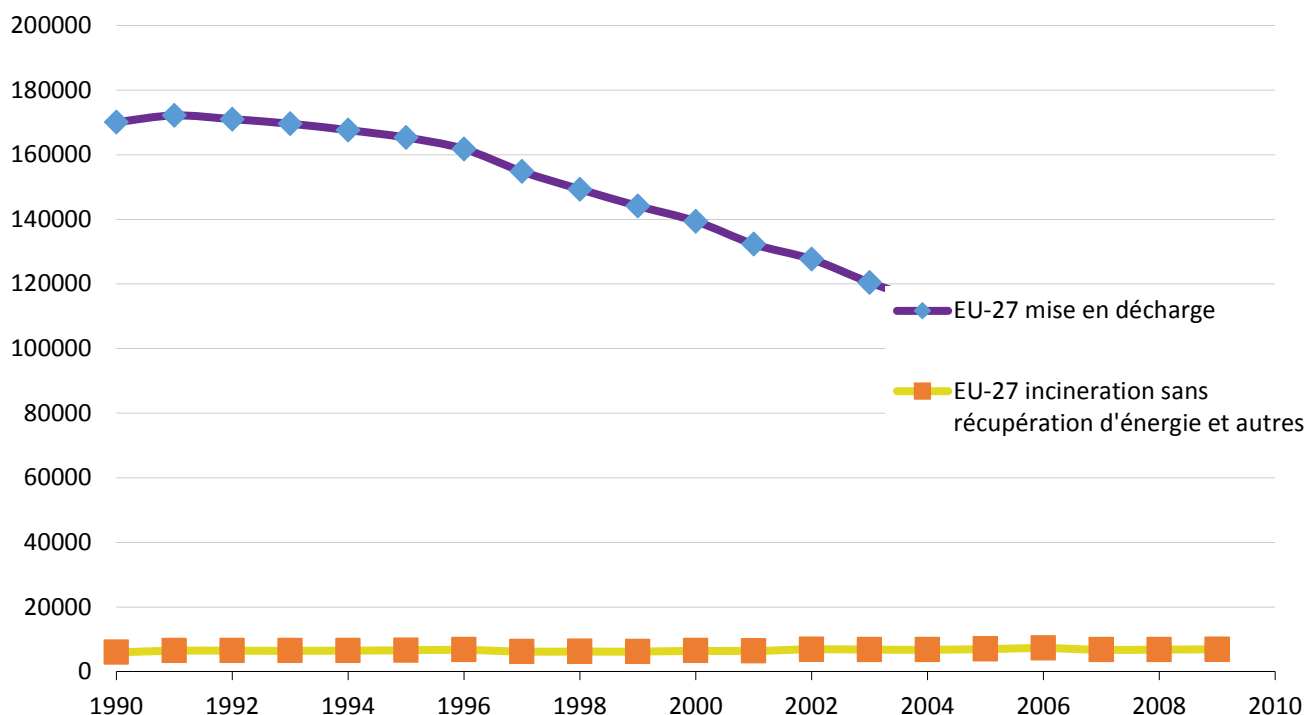


Figure 11 Émissions de GES de l'UE-27 selon le mode de traitement des déchets de 1990 à 2009 (en milliers de tonne). Source: Eurostat ¹⁴

Dans son rapport *What a waste*¹⁵, publié en 2010, la Banque Mondiale répartit les pays en quatre groupes selon le niveau de revenu en dollars par habitant : Pays à faible revenu (< \$876), Pays à revenu intermédiaire bas (\$876-3,465), Pays à revenu intermédiaire haut (\$3,466-10,725), Pays à revenu élevé (> \$10,725). Cette répartition permet de comparer la production de déchets et l'efficacité de la collecte selon le niveau de revenu des pays.

¹⁴ Source : Inventaire annuel des émissions de gaz à effet de serre 1990 – 2009, Eurostat

¹⁵ HOORNWEG, D., BHADA-TATA, P., *What a waste : a global review of solid waste management*. Urban development series ; knowledge papers no. 15. Washington, DC: World Bank, 2012

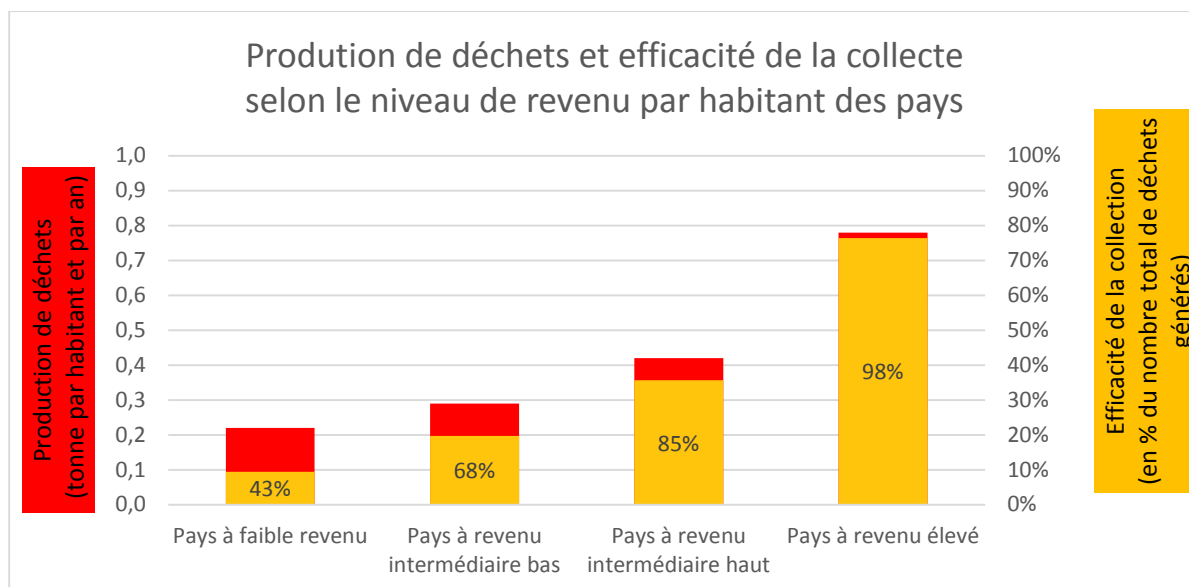


Figure 12 Production de déchets et efficacité de la collecte selon le niveau de revenu par habitant.

Le résultat permet d'abord de confirmer une hypothèse simple : plus le niveau économique d'un pays est élevé, plus la production de déchets est haute. La comparaison entre chaque groupe nous amène à souligner la nécessité de diminuer la production de déchets dans les pays à revenu élevé, condition essentielle d'une économie mondiale plus respectueuse de l'environnement.

À bien des égards donc, l'économie mondiale des déchets reflète les inégalités, d'une part entre pays, d'autre part, comme en Chine, à l'intérieur même de certains pays... à la fois émergents et en développement. Les pays en développement produisent des biens dans des conditions environnementales et sociales non responsables, puis les exportent. Une fois les produits utilisés, les déchets sont à nouveau exportés vers ces mêmes pays pour un traitement souvent en-deçà des normes environnementales et sanitaires des pays développés. La nécessité d'un contrôle de ces flux, allié à une coopération internationale et décentralisée de plus grande ampleur en faveur de l'économie circulaire se fait donc toujours plus urgente.

2) Construction d'une approche intégrée et systémique : l'économie circulaire



Figure 13 Qu'est-ce que l'économie circulaire? Source: Ademe

L'économie circulaire vise à sortir de l'économie dite linéaire en limitant le gaspillage des ressources et l'impact environnemental, et en augmentant l'efficacité à tous les stades de l'économie des produits.

En tant que principe organisateur, son objectif ultime est de parvenir à découpler la croissance économique de l'épuisement des ressources naturelles par la création de produits, services, modèles d'affaire et politiques publiques innovants prenant en compte l'ensemble des flux tout au long de la vie du produit ou service.¹⁶

Ce modèle régénératif repose sur une utilisation optimum des ressources et sur la création de boucles de valeur positives en cascade. Il met notamment l'accent sur de nouveaux modes de consommation, le prolongement de la durée d'usage des produits, la réutilisation et le recyclage des composants.

¹⁶ Vincent Aurez, Jean-Claude Lévy, Économie circulaire, écologie et reconstruction industrielle, CNCD 2013

Extrait d'entretien avec Arab Hoballah, Programme des Nations Unies pour l'Environnement



Arab Hoballah

Chef du service production et consommation durables - PNUE

« Le développement de modes de production et de consommation durables est le défi majeur auquel nos économies doivent faire face. Le découplage absolu de notre consommation de matières premières avec l'activité économique constitue l'une des clés de la lutte contre le dérèglement climatique. »

La réalisation d'économies circulaires peut largement y contribuer, à condition de se baser sur des outils fiables et éprouvés comme les analyses en cycle de vie. Montrer en quoi la question de la gestion des ressources est fondamentale dans le défi climatique est l'une des étapes pour poser les fondements d'une approche systémique du développement durable, enjeu que porte l'économie circulaire. »

Mai 2015

Succédant à la révolution industrielle, le XX^e siècle a vu se développer une société de consommation qui a augmenté de façon très importante son prélèvement sur les ressources naturelles en le multipliant par un facteur 10.

Les travaux du programme des Nations unies pour l'environnement et d'autres organisations montrent que par la conjonction du développement démographique, de la croissance de la consommation dans les pays développés et de l'aspiration des pays émergents à un modèle de consommation similaire, le niveau de consommation des ressources naturelles sera insoutenable avant la moitié de ce siècle.

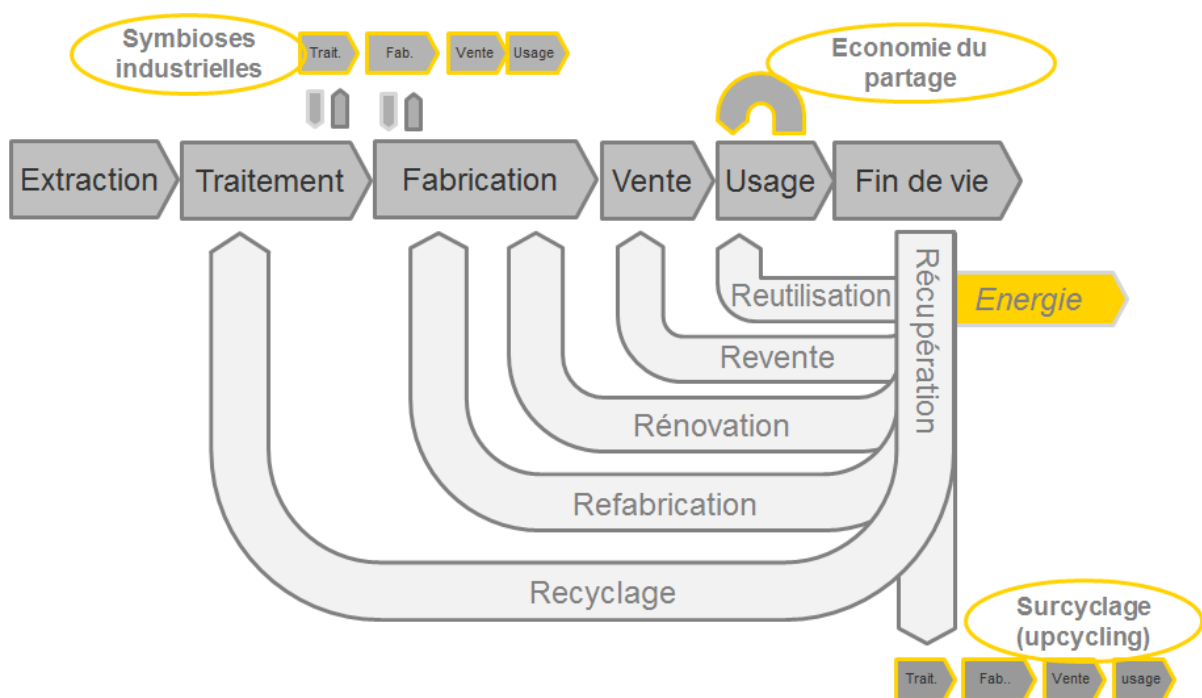


Figure 14 Les boucles en économie circulaire

Figure 15 Une filière en économie circulaire, exemple des distilleries vinicoles. Source : Union Nationale des Distilleries Vinicoles

3) Cadre conceptuel : liens entre émissions de GES et économie circulaire

Les émissions de gaz à effet de serre sont omniprésentes dans nos systèmes industriels. A titre d'exemples, toute réaction de combustion engendre des émissions de dioxyde de carbone (CO_2) et toute réaction de décomposition anaérobie dégage du méthane (CH_4). Le stockage et l'épandage d'engrais organiques (lisier, fumier), tout comme l'épandage d'engrais de synthèse, génèrent, par réaction de dénitrification principalement, des émissions de protoxyde d'azote (N_2O). La production de ciment engendre nécessairement des émissions de CO_2 en raison de la décarbonatation de la roche calcaire : on parle alors d'émissions de procédés, et les fuites de gaz fluorés (HFC, PFC, etc.), principalement utilisés dans les systèmes de réfrigération et de climatisation, provoquent des émissions au cours de leur maintenance et de leur utilisation, etc.

Pour limiter les conséquences irréversibles d'une surabondance de ces émissions d'origine anthropique, l'économie circulaire propose des solutions concrètes de réduction et de limitation, au travers de démarches opérationnelles telles que le recyclage, le réemploi, la réutilisation, l'éco-conception, l'économie de la fonctionnalité et l'écologie industrielle et territoriale. Ces solutions sont exemplifiées dans le cadre de cinq activités majeures émettrices de GES.

Emission de GES	Combustibles fossiles	<ul style="list-style-type: none"> • Production d'énergie • Production manufacturière • Secteur tertiaire et résidentiel • Transport 	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité énergétique & énergie renouvelable • Efficacité matière • Utilisation de chaleur fatale • Boucles locales – circuits courts
	Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Elevage • Extension des terres agricoles • Utilisation des sols et pratiques agricoles 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des pertes et gaspillages (alimentaires et agricoles) • Biogaz • Boucle de nutriments
	Produit	<ul style="list-style-type: none"> • Consommation d'énergie • Fin de vie • Matières premières • Logistique 	<ul style="list-style-type: none"> • Eco-conception • Recyclage
	Déchets	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en décharge de bio-déchets • Incinération de déchets 	<ul style="list-style-type: none"> • Fin de la mise en décharge • Recyclage, réemploi, remanufacturing • Valorisation énergétique
	Autres émissions	<ul style="list-style-type: none"> • Emissions de procédés et fuites (CFC, HCFC, N₂O, CH₄, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Récupération et réutilisation des gaz réfrigérants • Réduction de l'utilisation d'énergies fossiles

Figure 16 Solutions de l'économie circulaire pour la réduction des émissions de GES

Agriculture et usages des sols

A l'échelle mondiale, les problématiques d'usage des sols et de l'agro-alimentaire sont intrinsèquement liées. La conversion des grandes forêts tropicales en terres arables, l'intensivité du modèle agricole dominant ou le gaspillage alimentaire massif constituent autant de syndromes d'une économie linéaire non-durable.

Ces problématiques restent trop souvent considérées séparément, notamment au niveau de leur impact climatique, alors que seule une vision englobante permet d'envisager des solutions complètes et durables. L'approche « cycle de vie » défendue par cette étude revêt une nouvelle fois tout son sens. Une économie dite « circulaire » optimise l'utilisation des ressources sur l'ensemble du cycle de vie des produits. Dans cette partie, la boucle alimentaire est donc considérée dans sa globalité, que ce soit lors de ses étapes de production, de distribution, de consommation ou de fin de vie.

L'usage des sols et l'agriculture (AFOLU dans les rapports du GIEC) représentent environ un quart des émissions d'origine anthropique (10-12 GtCO₂e/an)¹⁷, sans prendre en compte les émissions liées à la transformation, au transport, à la consommation et à la fin de vie des produits alimentaires. Selon le GIEC, le potentiel des mesures d'atténuation est considérable et oscille entre 7,2 et 11 GtCO₂e pour 2030. Les mesures centrées sur la demande et la chaîne alimentaire (régime alimentaire, limitation du gaspillage, valorisation, etc.) sont plus difficilement mesurables et estimées entre 0,76 et 8,6 GtCO₂e. Ces estimations ne peuvent pas nécessairement être additionnées. Elles montrent cependant qu'agir sur l'ensemble de la chaîne de valeur permettrait de réduire considérablement l'impact climatique du secteur, voire de le transformer en puits net de carbone.

17 IPCC, 2014. Mitigation of Climate Change Working Group III - Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Les émissions de gaz à effet de serre sont essentiellement le fait de l'élevage (émissions entériques), de l'utilisation et de l'extension des terres agricoles (déforestation, assèchement des zones humides et des tourbières) ou encore des pratiques agricoles elles-mêmes (utilisation d'intrants chimiques et mécanisation du travail).

La prévention des pertes et gaspillages (alimentaires et agricoles) permet à la source de réduire les quantités d'intrants mobilisés. La mise en place de boucles de nutriments permet, elle, le réemploi. En effet, les nutriments sont de «bonnes» molécules, dans le sens où la vie ne pourrait pas fonctionner sans eux, mais ils sont également une source de pollution importante. Ainsi, supprimer les phosphates des eaux usées est un procédé très énergivore, tout comme réduire les concentrations de nitrates dans les installations de traitement d'eau. Sans ces opérations de traitement coûteuses, l'accumulation de ces polluants est responsable du phénomène d'eutrophisation qui asphyxie les milieux aquatiques et terrestres.

D'un côté, nous disposons de suffisamment de nutriments en circulation dans l'économie pour satisfaire nos besoins ¹⁸ et de l'autre nous dépensons beaucoup d'énergie : d'une part pour les synthétiser, et d'autre part pour les éliminer quand ils se trouvent aux mauvais endroits (cours d'eau, circuit de distribution d'eau potable, etc.). Une stratégie de bouclage des nutriments, directement issue de la philosophie de l'économie circulaire, dans laquelle la valorisation des nutriments déjà en circulation a la priorité sur la synthèse de nouveaux, permet d'éviter ces situations paradoxales. Enfin, la méthanisation, qui est un procédé de digestion anaérobie de déchets fermentescibles (comme les cultures, les effluents d'élevages ou encore les boues de station d'épuration), permet la récupération de méthane qui sera ensuite brûlé et réémis sous forme de CO₂ au potentiel de réchauffement global (PRG) 34 fois inférieur à celui du méthane. Et comme le carbone produit a lui-même été absorbé préalablement par les végétaux dont ce biogaz est issu lors de leur croissance - on parle alors de carbone biogénique - l'utilisation de biogaz n'accroît pas l'effet de serre.

- **L'usage des sols**

Dans son rapport publié en septembre 2015, la FAO estime que la quantité de carbone stockée dans les forêts a diminué de plus de 17 gigatonnes depuis 25 ans, principalement du fait de la conversion massive des forêts tropicales en terres arables en Amérique du Sud et en Asie du Sud-Est¹⁹. Plus généralement, les émissions liées au changement d'usage des sols atteignaient 7,4 GtCO₂^e en 2005, dont 73 % liées à la déforestation, et le reste au drainage et à l'assèchement des zones humides²⁰.

Les programmes REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*) ont contribué à ralentir le rythme d'abattage des forêts. Au Brésil, la perte forestière annuelle en terme de stockage de carbone est passée de 193 à 63 MtCO₂^e entre les années 1990 et la période 2010-2015.

Les efforts politiques doivent être maintenus et renforcés pour stabiliser les stocks de carbone existants. L'étude économique sur l'atténuation du changement climatique réalisée par McKinsey en 2009 indique qu'un abattement de près de 8 GtCO₂^e/an est envisageable à l'horizon 2030 pour un coût moyen inférieur à 15 €/tCO₂. La non-conversion des forêts en

¹⁸ The nutrient cycle: closing the loop, Green Alliance 2007, ISBN 978-1-905869-03-9

¹⁹ FAO, 2015. Evaluation des ressources forestières mondiales 2015. 47p.

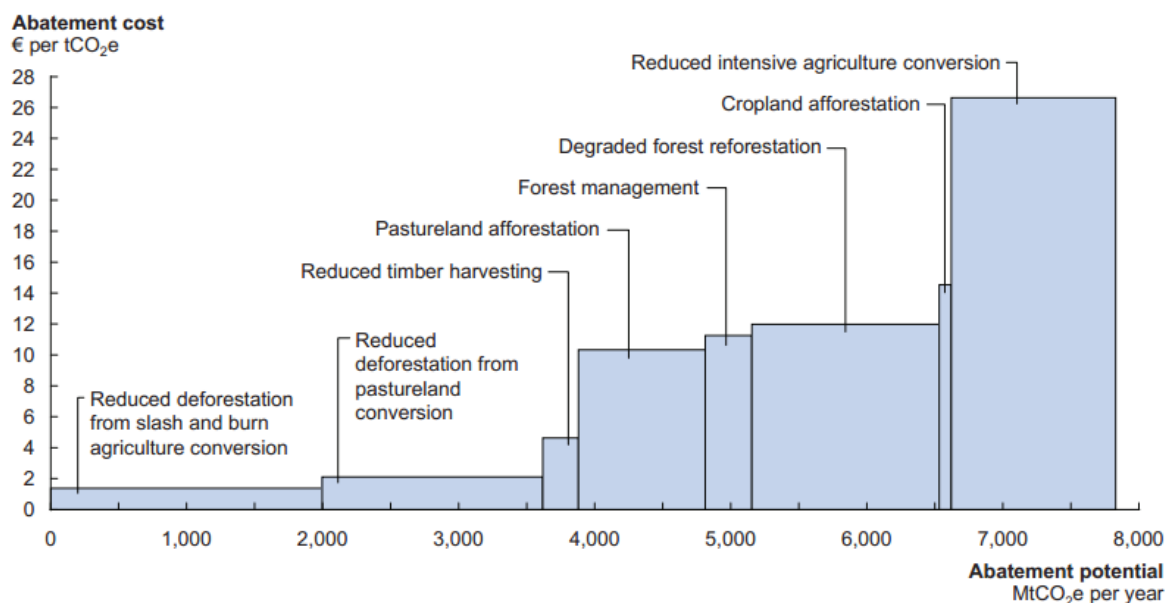
²⁰ McKinsey&Company, 2009. Pathways to a Low-Carbon Economy – Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve

zones agricoles sur brûlis ou en pâturage permettrait de réduire les émissions du secteur de 3,6 GtCO₂e pour moins de 2 €/tCO₂e. Les autres actions envisagées et leurs coûts respectifs sont précisées dans le graphique qui suit.

Exhibit 8.9.1

Global GHG abatement cost curve for the Forestry sector

Societal perspective; 2030



Note: The curve presents an estimate of the maximum potential of all technical GHG abatement measures below €60 per tCO₂e if each lever was pursued aggressively. It is not a forecast of what role different abatement measures and technologies will play.
Source: Global GHG Abatement Cost Curve v2.0

Figure 17 Coûts des actions d'atténuation des émissions de CO₂ dans le secteur forestier.
Source : McKinsey, 2009

• La sylviculture

La participation de la forêt à la lutte contre le dérèglement climatique ne se limite pas à sa préservation dans les régions tropicales. Comme cela a été souligné à l'occasion des deuxièmes assises de l'économie circulaire²¹, l'économie du bois détient un potentiel de développement très important. Mieux exploiter les forêts permet de renforcer la résilience des territoires en s'appuyant sur une ressource locale et de réduire l'exploitation de matériaux ou de sources d'énergie ayant des facteurs d'émissions plus élevés et de se passer de matériaux et de sources d'énergie émetteurs. Par ailleurs, bien gérées, les forêts fournissent un matériau et une source d'énergie renouvelable.

L'industrie du béton représente entre 5 et 7 % des émissions mondiales de gaz à effet de

21 ADEME, 2015. Alimentation, agriculture et filière bois : vers une économie circulaire, 2^e assises de l'économie circulaire. Mercredi 17 juin 2015 – Session plénière

serre. Le bois doit être davantage envisagé comme un matériau de construction alternatif.

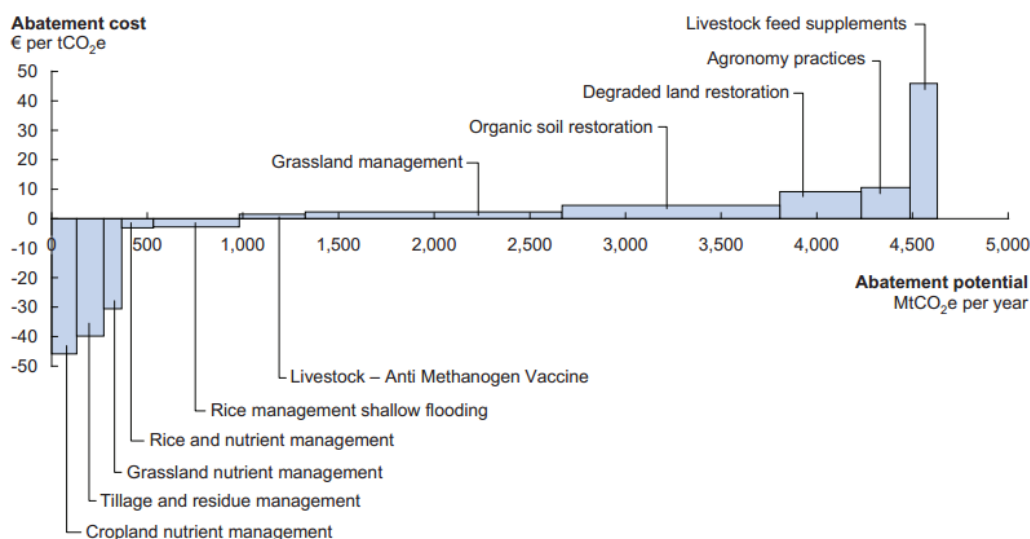
- **L'agriculture**

Les émissions mondiales dues à la production agricole sont comprises entre 5,2 et 5,8 GtCO₂e²². Elles sont principalement dues au rejet de protoxyde d'azote (N₂O) par les sols agricoles et du rejet de méthane (CH₄) du fait de la fermentation entérique du bétail, des déjections animales et de la culture du riz. L'utilisation de machines induit également des émissions de CO₂ dans l'atmosphère. De nombreuses pratiques permettent doré et déjà de produire plus durablement et de limiter les émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole. Les études effectuées par McKinsey²³ à l'international et l'INRA²⁴ en France énumèrent certaines améliorations stratégiques avec leur rapport coût/bénéfice sur la tonne de CO₂e évitée.

Exhibit 8.10.1

Global GHG abatement cost curve for the Agriculture sector

Societal perspective; 2030



Note: The curve presents an estimate of the maximum potential of all technical GHG abatement measures below €60 per tCO₂e if each lever was pursued aggressively. It is not a forecast of what role different abatement measures and technologies will play.
Source: Global GHG Abatement Cost Curve v2.0

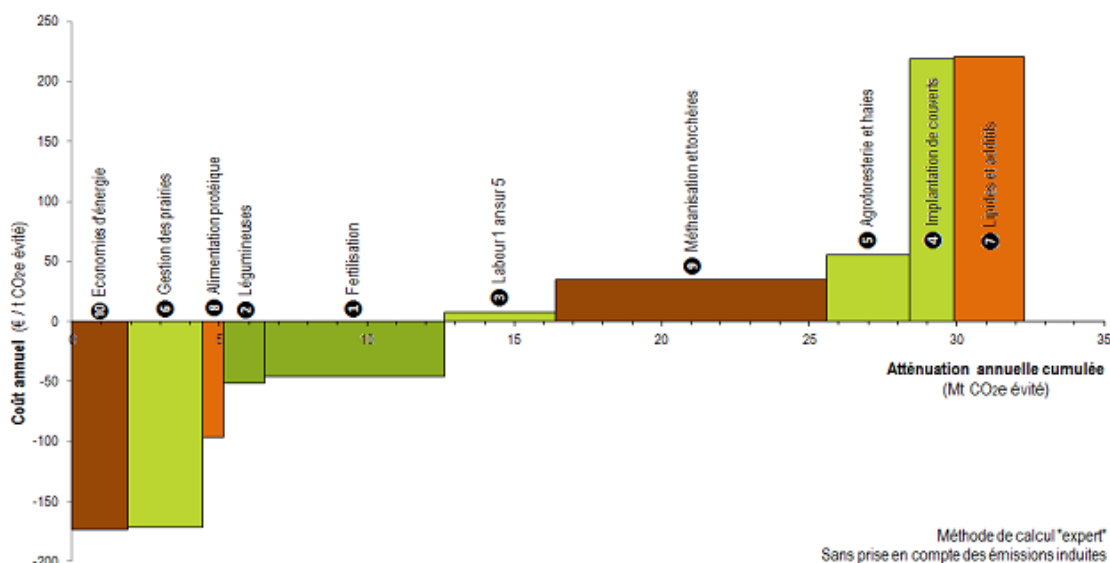
Figure 18 Coûts des actions d'atténuation des émissions de CO₂ dans l'agriculture. Source : McKinsey, 2009

22 IPCC, 2014. Mitigation of Climate Change Working Group III - Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

23 McKinsey&Company, 2009. Pathways to a Low-Carbon Economy – Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve

24 INRA, 2013. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?.

Figure 19 Coûts des actions d'atténuation des émissions de CO2 dans l'agriculture en France/ Source : INRA



Sous-actions		Potentiel d'atténuation annuel (en Mt CO ₂ e par an) en 2030
Diminuer les apports de fertilisants minéraux azotés		
1	A. Réduire la dose d'engrais minéral en ajustant mieux l'objectif de rendement	2,60
	B. Substituer l'azote minéral de synthèse par l'azote des produits organiques	1,88
	C1. Retarder la date du premier apport d'engrais au printemps	0,42
	C2. Utiliser des inhibiteurs de la nitrification	0,61
	C3. Enfouir dans le sol et localiser les engrais	0,58
2	A. Accroître la surface en légumineuses à graines en grande culture	0,91
	B. Augmenter et maintenir des légumineuses dans les prairies temporaires	0,48
Stocker du carbone dans le sol et la biomasse		
3	Passer à un labour occasionnel 1 an sur 5	3,77
4	A. Développer les cultures intermédiaires semées entre deux cultures de vente dans les systèmes de grande culture	1,08
	B. Introduire des cultures intercalaires en vignes et en vergers	0,14
	C. Introduire des bandes enherbées en bordure de cours d'eau ou en périphérie de parcelles	0,30
5	A. Développer l'agroforesterie à faible densité d'arbres	1,53
	B. Développer les haies en périphérie des parcelles agricoles	1,25
6	A. Allonger la période de pâturage	0,20
	B. Accroître la durée de vie des prairies temporaires	1,44
	C. Réduire la fertilisation azotée des prairies permanentes et temporaires les plus intensives	0,46
	D. Intensifier modérément les prairies permanentes peu productives par augmentation du chargement animal	0,45
Modifier la ration des animaux		
7	A. Substituer des glucides par des lipides insaturés dans les rations	1,89
	B. Ajouter un additif (nitrate) dans les rations	0,48
8	A. Réduire la teneur en protéines des rations des vaches laitières	0,23
	B. Réduire la teneur en protéines des rations des porcs et des truies	0,48
Valoriser les effluents pour produire de l'énergie et réduire la consommation d'énergie fossile		
9	A. Développer la méthanisation	5,78
	B. Couvrir les fosses de stockage et installer des torchères	3,40
10	A. Réduire la consommation d'énergie fossile pour le chauffage des bâtiments d'élevage	0,20
	B. Réduire la consommation d'énergie fossile pour le chauffage des serres	0,08
	C. Réduire la consommation d'énergie fossile des engins agricoles	1,61
Total (sous hypothèse d'additivité)		32,3

Tableau 1. Potentiel d'atténuation annuel (en Mt CO₂e par an) des sous-actions instruites, pour l'année 2030, hors émissions induites (calcul selon la méthode proposée par les experts)

Les deux modèles d'atténuation ci-dessus diffèrent assez largement du fait de leur échelle respective. Il est toutefois essentiel de noter qu'une part non négligeable de la baisse des émissions s'effectue dans les deux cas à un coût négatif (1 GtCO₂^e à l'échelle mondiale et près de 12 MtCO₂^e en France). Les évolutions agronomiques pour la culture du riz n'ont pas été étudiées en France du fait des faibles quantités concernées. Les deux études présentent des résultats assez similaires pour les autres actions envisagées (réduction de la fréquence de labour, fertilisation, gestion des pâturages, alimentation du bétail, etc.). L'utilisation plus efficace et moins intensive des intrants chimiques, en phase avec le principe de base de l'économie circulaire, l'« efficacité des ressources », permettrait de limiter les émissions de CO₂ tout en améliorant les marges des agriculteurs.

- **Transformation et distribution des circuits alimentaires**

La spécialisation agricole, entre et à l'intérieur des pays, se traduit à l'échelle mondiale par un enchevêtrement de flux logistiques complexe destiné à approvisionner l'ensemble des consommateurs. Outre la dépendance problématique de certaines régions vis-à-vis des pays exportateurs, ces flux matériels sont responsables de l'émission d'importantes quantités de gaz à effet de serre. La transformation des produits agro-alimentaires, parfois nécessaire à leur conservation, est elle-aussi vectrice d'émissions. La mise en place de « circuits courts », réduisant les intermédiaires et la distance en producteurs et consommateurs est une solution promue par le principe de proximité intégré à l'économie circulaire.

L'intérêt des circuits courts est facilement identifiable. Les émissions et les coûts additionnels liés au transport des produits agricoles sont réduits. Sur le terrain, la situation est plus complexe. Comme l'a déjà montré une étude allemande relayée par l'INRA²⁵, le transport massifié de produits agricoles sur longue distance n'est pas nécessairement plus énergivore que certaines filières régionales. Le cas de l'agneau produit en Nouvelle-Zélande ou en Allemagne est particulièrement illustratif de ce fait. Les modes de production néo-zélandais et l'utilisation de modes de transport efficaces (bateaux, camions, etc.) présentent un meilleur bilan énergétique que la filière allemande locale.

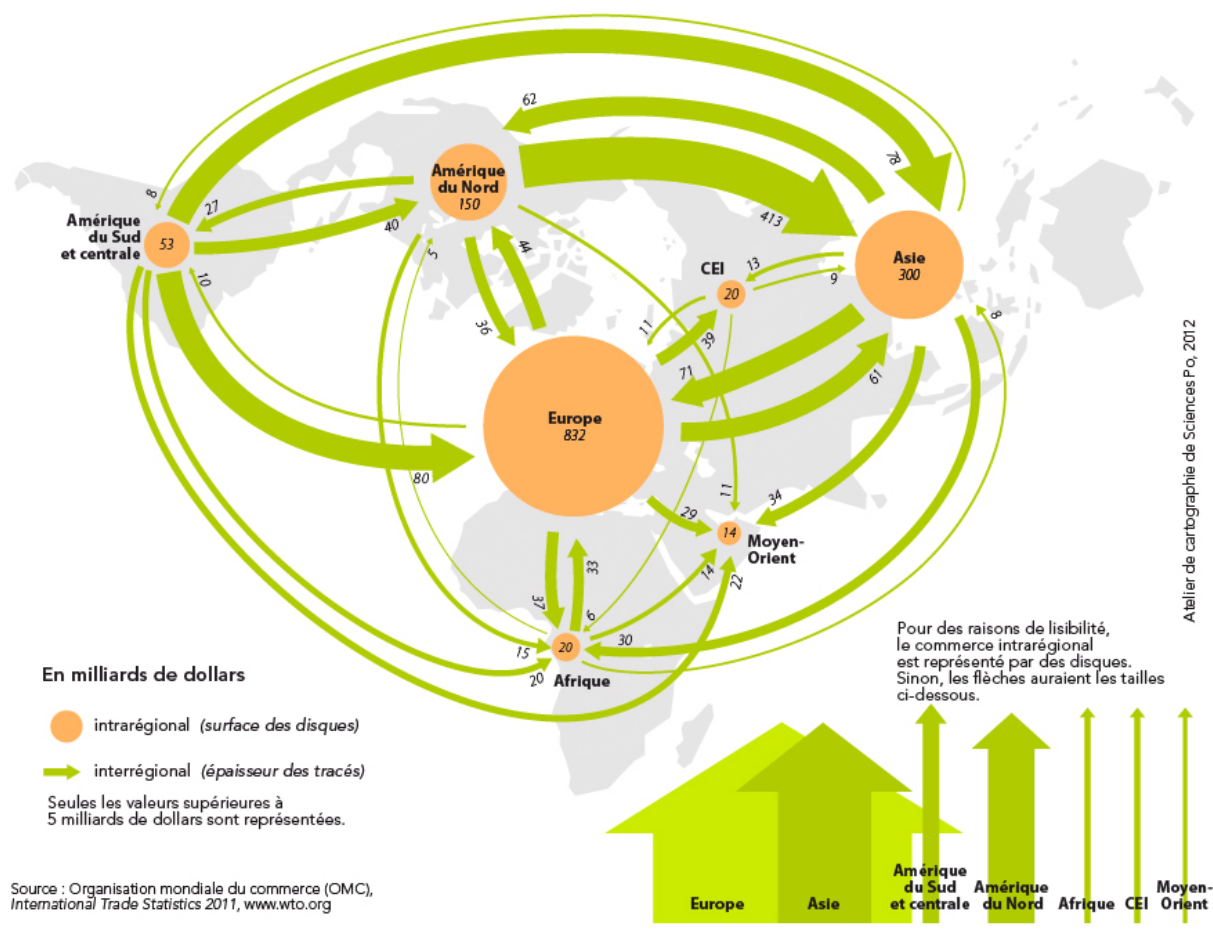
« [Les] différences de distance sont plus que compensées par des niveaux d'efficacité différents selon le moyen de transport utilisé – camionnette non remplie à pleine capacité au niveau régional, transport maritime et poids lourds hautement efficaces au niveau mondial. »

L'optimisation de la logistique des circuits courts doit être recherchée. La multiplication des AMAP est bénéfique puisqu'elle permet de renforcer la proximité entre les consommateurs et les lieux de production. Des réflexions sur cette thématique sont abordées dans la région Pays de la Loire afin « *d'optimiser les circuits de commercialisation (distances parcourues, quantités transportées...), en intégrant notamment la prise en compte des déplacements des consommateurs* »²⁶.

25 Schlich et al., 2006. La consommation d'énergie finale de différents produits alimentaires : un essai de comparaison.

26 CESER Pays de la Loire, 2010. Les circuits courts alimentaires. Une démarche éco-citoyenne ?

Exportations de produits agricoles et alimentaires dans le monde, 2010



Source : Organisation mondiale du commerce (OMC), International Trade Statistics 2011, www.wto.org

SciencesPo. carto

Atelier de cartographie de Sciences Po, 2012
<http://cartographie.sciences-po.fr>

⚠ Seul l'usage pédagogique en classe ou centre de documentation est libre.
Pour toute autre utilisation, contacter : carto@sciences-po.fr
Pedagogical use only. For any other use dissemination or disclosure, either whole or partial, contact : carto@sciences-po.fr

Figure 20 Echanges de produits alimentaires dans le monde, 2010. Source : Sciences Po.

• Consommation et fin de vie

Le gaspillage alimentaire est entré dans l'agenda politique des pays développés. En France, l'interdiction pour les grandes surfaces de se débarrasser des denrées consommables devait être intégrée à la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Retournée par le Conseil Constitutionnel, cette mesure doit néanmoins faire l'objet d'engagements volontaires signés par les grandes enseignes de la distribution.

A l'échelle internationale, la FAO²⁷ estime que le gaspillage alimentaire s'élève au tiers de la production totale. Réduire cette proportion représente à la fois un enjeu environnemental et de sécurité alimentaire. Le bilan carbone des produits alimentaires non consommés s'élève à 3,3 GtCO₂e par an, sans compter les émissions liées au changement d'usage des sols. Les

27 FAO, 2014. Food Waste footprint. Impacts on natural resources – Summary Report.

coûts directs de ce gaspillage s'élèvent en outre à 750 milliards par l'an, soit l'équivalent du PIB d'un pays comme la Suisse.²⁸ La prise de mesures fortes est indispensable, sachant que l'augmentation de la population pour 2050 implique dans l'état actuel une augmentation de la production agricole mondiale de 60%.

Les questionnements relatifs au régime alimentaire sont aussi de plus en plus nombreux. Le *Réseau Action Climat* indique dans un document de 2010²⁹ que les émissions induites par la consommation d'un repas carné sont jusqu'à dix supérieures à celles d'un repas végétarien pour un nombre de calories équivalent.

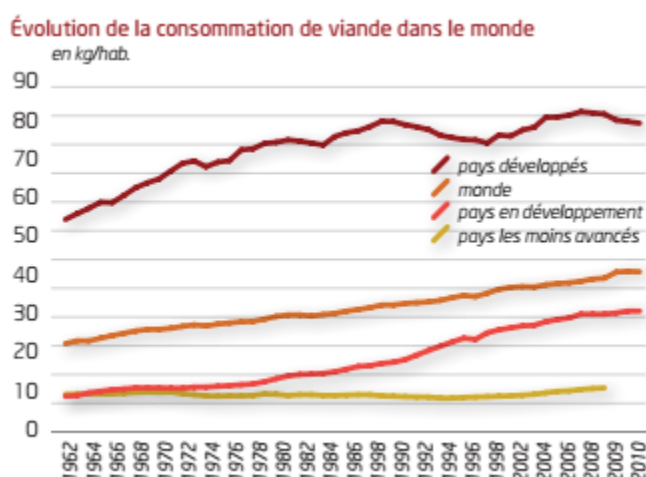


Figure 21 Evolution de la consommation de viande dans le monde. Source, FranceAgri'Mer d'après FAO.

D'importantes inégalités existent aujourd'hui quant à la consommation de viande dans le monde (Illustration 5). L'émergence des pays en voie de développement et l'augmentation sensible de la classe moyenne d'ici 2050 risquent de rehausser considérablement la consommation mondiale en l'absence d'une remise en cause de nos habitudes alimentaires actuelles.

La gestion de fin de vie des produits de l'agro-alimentaire doit s'accorder de manière plus systématique avec la hiérarchie préférentielle de traitement des déchets sanctuarisée par la directive européenne de 2008 :

1. Prévention

2. Réemploi

Préparation pour réutilisation

3. Recyclage

4. Valorisation énergétique

²⁸ ibidem

²⁹ RAC, 2010. Des gaz à effet de serre dans mon assiette ?

5. Élimination dans des conditions respectueuses de l'environnement

L'enfouissement des produits alimentaires est particulièrement problématique du fait des émissions de méthane associées. A l'heure actuelle, il représente plus de 700 MtCO₂e émis chaque année contre seulement 40 MtCO₂ pour l'incinération³⁰. Prévue pour 2020 au niveau de l'Union Européenne, l'interdiction d'enfouir les biodéchets devrait être adoptée partout dans le monde. Parmi les méthodes de valorisation existantes, la réutilisation la plus directe doit être privilégiée, lorsque les exigences environnementales et sanitaires le permettent. La méthanisation d'une tonne de déchets alimentaires permet d'éviter l'émission de 143 kgCO₂e, à comparer avec les 236 kgCO₂e évités lors de sa réutilisation directe pour nourrir un élevage porcin³¹.

Le secteur agro-alimentaire est particulièrement révélateur des limites de l'économie linéaire. La mise en place de circuits courts optimisés et intégrés sur l'ensemble de la chaîne de valeur doit permettre d'optimiser l'utilisation des ressources, de respecter les cycles biogéochimiques et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Un modèle agro-alimentaire optimisé se traduit par la mise en place d'écosystèmes territoriaux, dans lesquels les modes de production durables sont associés à une logistique efficace limitant le gaspillage et facilitant le bouclage des nutriments.

Les forêts mondiales sont davantage protégées depuis la mise en place des programmes REDD+. Les efforts doivent être poursuivis afin de maintenir la tendance actuelle. La gestion durable des forêts doit également prendre le pas sur la seule préservation. Le bois constitue en effet une ressource renouvelable à fort potentiel dans le cadre de la lutte contre le dérèglement climatique.

Déchets

Les déchets sont également source d'émissions de GES, soit par décomposition aérobie ou anaérobie, soit par combustion avec ou sans valorisation.

Pour autant, le réemploi, la valorisation matière (recyclage), ou encore le « remanufacturing », qui consiste en la reconstruction d'un produit aux spécifications du produit manufacturé d'origine en utilisant une combinaison de pièces réutilisées, réparées et / ou nouvelles, permettent de réduire en amont la consommation d'énergie et l'extraction de ressources vierges et en aval la production de déchets. En outre, la valorisation énergétique entraîne une économie significative de combustibles fossiles (gaz, fioul, charbon...).

Produits

Les produits de grande consommation sont également sources d'émission de GES tout au long de leur cycle de vie. D'abord lors de leur fabrication, en raison de l'extraction, du traitement, de l'acheminement puis de l'assemblage des matières premières, parfois lors de leur utilisation lorsque ceux-ci nécessitent de l'énergie pour fonctionner, comme les produits électroménagers ou informatiques, et enfin lors de leur démantèlement.

30 FAO, 2014b. Toolkit, Reducing the food wastage footprint.

31 ibidem

Pour autant, le recours à l'éco-conception permet d'améliorer le bilan GES de ces produits en identifiant d'une part les « hot spots », points chauds de la vie du produit, permettant ainsi de prioriser les efforts de conception, et d'autre part en ayant recours à des techniques de conception incluant dès l'amont les problématiques aval de post-traitement du produit en tant que déchet, comme le démantèlement simplifié des pièces ou l'utilisation de pièces qui se recyclent entre elles ou mono-matériaux.

Emissions de procédés et émissions fugitives

Les émissions de procédés (par exemple la décarbonatation du calcaire lors de la phase de production du ciment ou les émissions de SF₆, un gaz à effet de serre au PRG 22800 fois plus grand que celui du CO₂, lors de la production d'aluminium) et les émissions fugitives (par exemple les fuites de méthane lors d'opérations de remplissage, stockage, ou transport de gaz naturel ou les fuites de gaz fluorés) sont substantielles. Les émissions fugitives et de torchage atteignent 6% du total des émissions mondiales de GES d'origine anthropique.³²

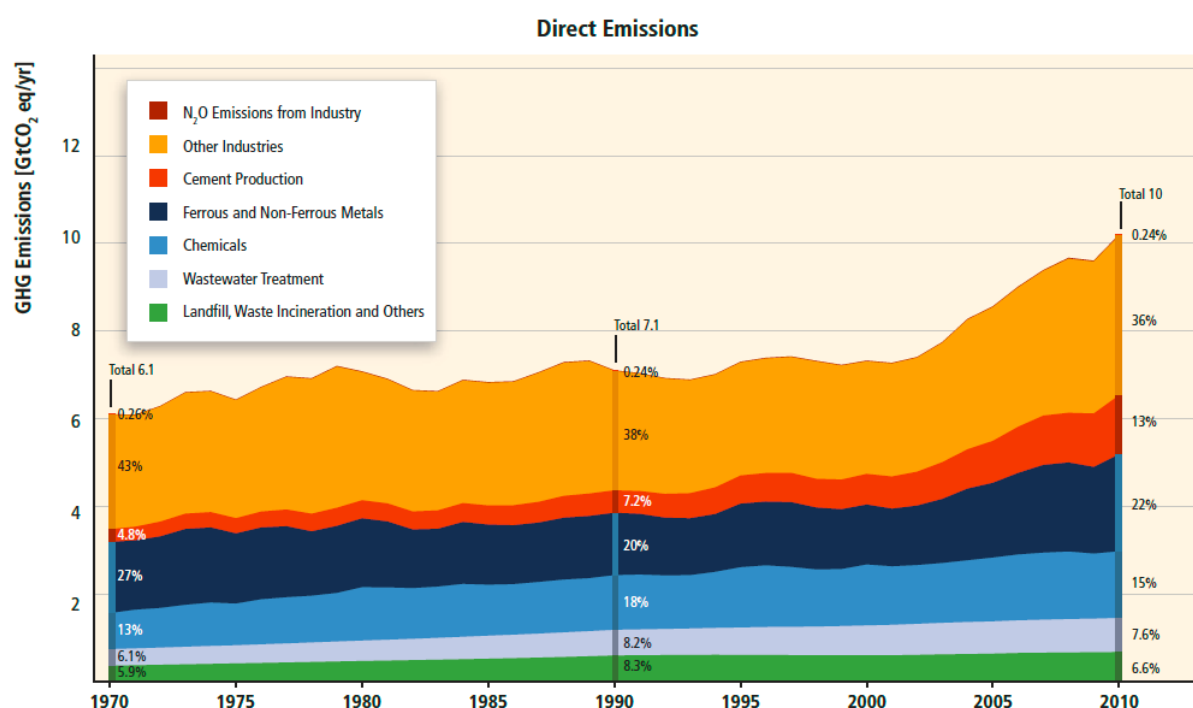


Figure 10.4 | Total global industry and waste/wastewater direct and indirect GHG emissions by source, 1970–2010 (GtCO₂eq/yr) (de la Rue du Can and Price, 2008; IEA, 2012a; JRC/PBL, 2013). See also Annex II.9, Annex II.5.

Note: For statistical reasons 'Cement production' only covers process CO₂ emissions (i.e., emissions from cement-forming reactions); energy-related direct emissions from cement production are included in 'other industries' CO₂ emissions.

Pour autant, il est possible d'en réduire la part en réduisant d'une part l'utilisation de combustibles fossiles en améliorant l'efficacité énergétique et d'autre part en régénérant et / ou en recyclant les gaz réfrigérants par l'utilisation de traitements appropriés.

³² Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, section 1.2.5, figure 1.3

Combustibles fossiles

La combustion d'hydrocarbures à des fins de production d'énergie (centrales thermiques) est une source majeure d'émissions de GES, d'autant plus qu'elle est nécessaire directement ou indirectement pour de nombreux secteurs importants de l'économie pour satisfaire leurs besoins énergétiques. C'est le cas de l'industrie manufacturière et agricole (intrants chimiques et mécanisation du travail), du secteur tertiaire et résidentiel ou encore du secteur du transport (besoins énergétiques en phase de construction et d'exploitation).

Pour autant, l'amélioration de l'efficacité énergétique des procédés industriels et agricoles permet d'atténuer la consommation d'hydrocarbures en amont et donc de diminuer les émissions de CO₂ en aval. En augmentant le recours aux énergies renouvelables, le contenu carbone du mix énergétique est réduit. En développant l'efficacité matière, qui consiste à passer du déchet recyclé à la « ressource-déchet », les quantités d'intrants mobilisés (énergie et ressource) en amont et de déchets générés en aval sont réduites. En généralisant le recours à des circuits courts et des boucles locales, le nombre d'intermédiaires et la logistique associée et donc les besoins énergétiques concomitants, sont réduits. Enfin, la récupération de la chaleur fatale (énergie thermique non utilisée lors du fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation) peut tout aussi bien être valorisée en interne, pour répondre à des besoins en chaleur propres à l'entreprise, qu'en externe, pour répondre à des besoins de chaleur d'autres entreprises, ou plus largement d'un bassin d'activité industrielle, tertiaire ou résidentiel, ou encore d'un territoire, via un réseau de chaleur, voire transformée en électricité, également pour un usage interne ou externe. Les procédés industriels se retrouvent alors en synergie : la chaleur inutilisée des uns le devient par les autres. On parle alors d'écologie industrielle, parangon de l'économie circulaire.

4) Intégrer l'économie circulaire au cœur de son développement : études de cas

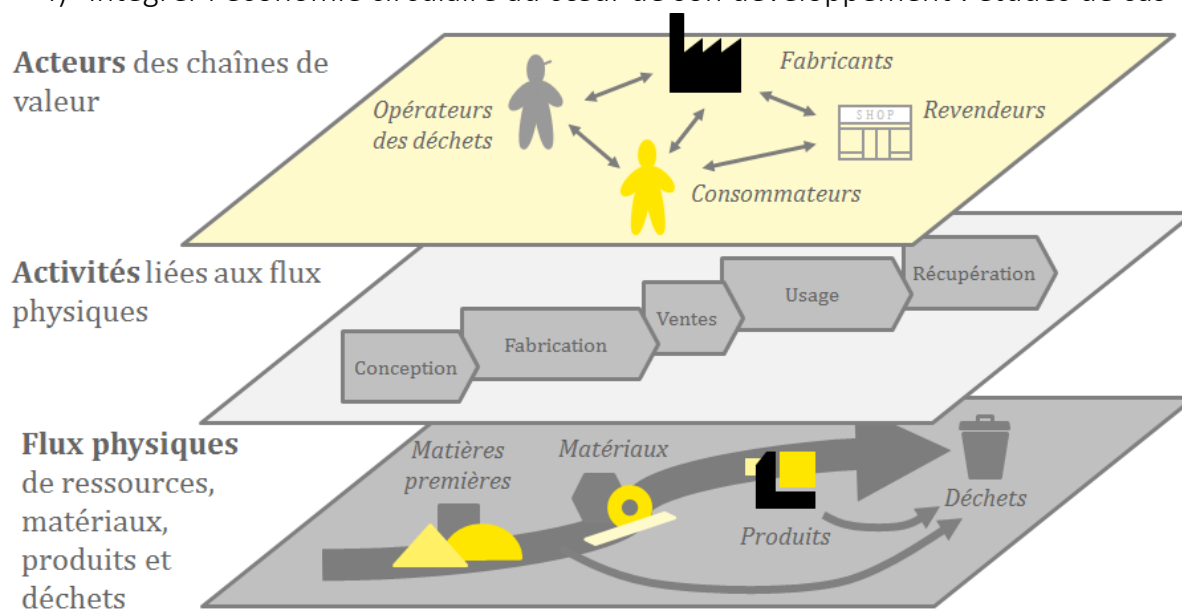


Figure 22 Acteurs et chaînes de valeurs en économie circulaire

Trois éléments à prendre en compte:

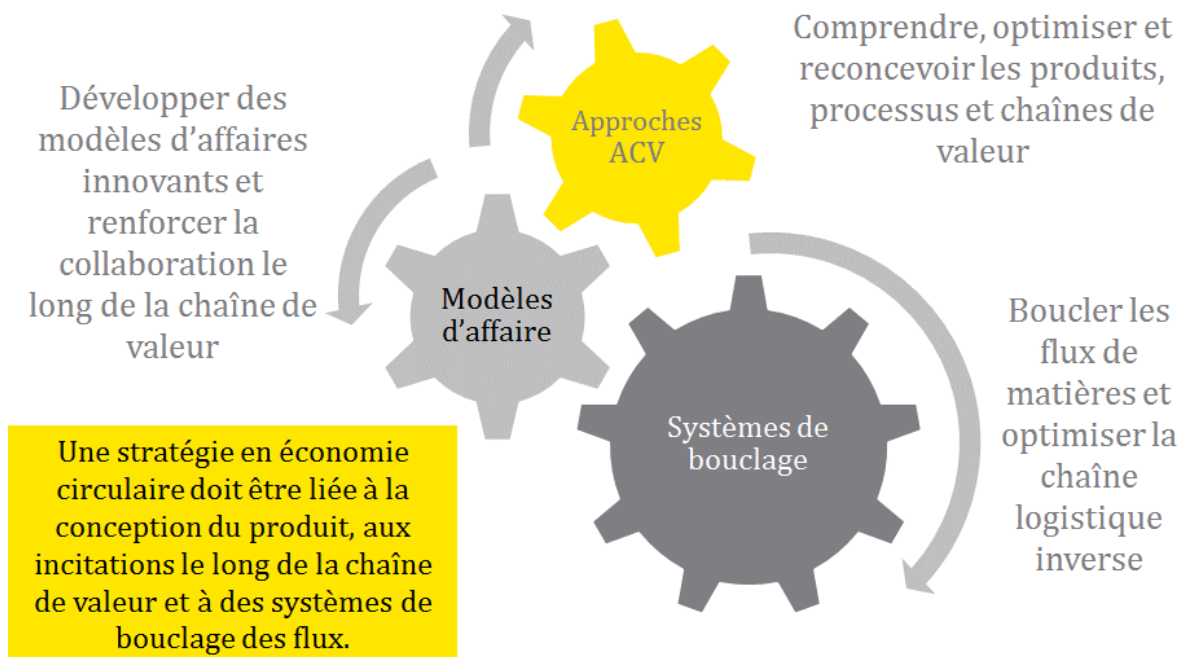


Figure 23 Que faut-il pour passer à une économie circulaire?

Dislaub

Dislaub est une filiale de Cristal Union, groupe coopératif sucrier française possédant une distillerie située à Buchères dans l'Aube. Créée en 1946, la principale activité était la distillation et la production d'alcool agricole à partir des alcools bruts issus de betterave. Suite à une demande de leurs clients dans les années 1990, Dislaub a commencé à collecter et à recycler l'alcool et les solvants usés issue des usages industriels.

Aujourd'hui la distillerie de Dislaub produit 45 000 tonnes de solvants régénérés par an grâce à ses procédés de régénération où les impuretés sont séparées des solvants valorisables par décantation et distillation. Cette valorisation de matière redonne une seconde vie aux solvants usés au lieu de les envoyer à incinération, réduisant par la même occasion les coûts de leurs clients et les émissions de gaz à effet de serre. De plus, les impuretés des procédés de régénération sont aussi envoyées vers une valorisation énergétique dans leur chaudière biomasse sur site. Le recyclage de solvants représente aujourd'hui la moitié de leur chiffre d'affaire.

Types d'actions d'économie circulaire pour le climat

- La régénération des solvants usés évite des émissions de gaz à effet de serre issus du traitement des déchets et incinération. Le tonnage des déchets traités est d'environ 85 000 tonnes par an.
- Substitution de 80% de consommation d'énergie fossile gaz par la mise en service d'une chaudière biomasse. La biomasse utilisée est issue de plaquettes forestières (37 000 t/an) situées dans un périmètre d'environ 100 km autour de Dislaub. Elle permet d'éviter 10 000 tonnes de CO₂ à l'année par rapport à une consommation à partir de gaz.

- Réduction de transport de camions avec un service nettoyage de la citerne développé et proposé par Dislaub

Retour d'expérience

- Ecoute des clients et concentration sur leurs besoins d'abord avant d'identifier d'une opportunité de repositionnement stratégique avec l'économie circulaire
- Innovation et transformation du fonctionnement de la distillerie pour maintenir le site et les emplois
- Maîtrise de l'équilibre entre les solvants usés et la vente des solvants régénérés pour assurer une production efficace : un double rôle pour les acheteurs - vendeurs

Défi pour l'économie circulaire

- Beaucoup de solvants aujourd'hui sont utilisés dans des usages dispersifs non récupérables. On estime à 120 000 tonnes la quantité de solvant qui entre dans un deuxième cycle de régénération actuellement en Europe, contre plusieurs millions de tonnes de solvants ne faisant qu'un seul cycle.
- Il y a 2-3 mois pour l'autorisation du dossier à cause du statut de déchet. La réglementation n'est pas harmonisée entre la France et l'Allemagne.

YPREMA

YPREMA est une PME indépendante qui traite des matériaux de déconstruction, des mâchefers d'incinération et des terres inertes et les valorise et transforme en matériaux technique pour des travaux publics. Créée en 1989, YPREMA répond à deux problématiques :

- la région parisienne est déficitaire en matériaux de construction, avec un besoin de 30 millions de tonnes par an alors que les carrières franciliennes ne produisent que 18 millions de tonnes. Les contraintes d'urbanisme et les contraintes réglementaires limitent les possibilités d'ouverture de nouvelles carrières et ainsi la disponibilité des ressources naturelles.
- le traitement des déchets de chantiers de déconstruction et l'épuisement des capacités de stockage de déblais

YPREMA propose de collecter tous types de déchet de déconstruction et de les revaloriser. Des déblais, des blocs de déconstruction de couches de chaussée mixtes (enrobés + assises, bordures de trottoirs...) et des terres inertes sont triés et transformés en différents produits comme des graves et cailloux de béton, des graves et cailloux industriels et des terres traitées à la chaux. Les produits d'YPREMA sont performants et respectent les mêmes normes de qualité que les produits issus de matières premières. La ferraille dans les déchets de déconstruction est séparée et vendue à des ferrailleurs pour recyclage. YPREMA fournit un bon d'Acceptation Préalable (BAP) à leurs clients pour prouver que leurs déchets font l'objet d'un tri préalable.

Avec un système d'écologie industrielle, YPREMA utilise aussi des mâchefers issus d'un incinérateur d'ordures ménagères à côté de leur site pour produire en matériau remblai. Les eaux d'égout issues de la maturation des mâchefers chez YPREMA sont renvoyées à l'incinérateur pour éteindre les mâchefers.

Sur leur site à Trappes, les déchets de déconstruction étaient envoyés dans un centre d'enfouissement et les granulats nécessaires aux chantiers étaient produits dans les carrières de roche massive et meuble. Par rapport à cette situation, les mesures prises par le service d'écologie industrielle d'YPREMA a permis de réduire de 95 % les impacts sur le changement climatique.

Sur le site de Massy, environ 270 000 tonnes de déchets sont réceptionnés et valorisés chaque année. L'optimisation du chargement des camions de transport et l'utilisation de matières premières secondaires au lieu de matières premières primaires a permis d'éviter l'émission de 6 844 tonnes équivalent CO2 chaque année. YPREMA a aussi des Espaces Artisans qui offrent le service d'une déchèterie et au même endroit la vente de matériaux naturels ou recyclés. Les artisans et petites et moyennes entreprises du BTP peuvent déposer leurs déchets puis répartir avec des matériaux.

Types d'actions d'économie circulaire pour le climat

- Réduction des distances de transport pour les clients d'YPREMA grâce à la proximité des sites et optimisation du double fret : à l'aller décharger des déchets de chantier de déconstruction et au retour s'approvisionner en matériaux pour le même chantier
- Eviter les prélèvements des matières premières primaires dans les carrières
- Recyclage des ferrailles et autres matières collectées et triées

Retour d'expérience

- Créer des services de proximité, pratiques et adaptés aux besoins des clients (par exemple, Espaces Artisans avec la collecte de tout type de déchet, service de réception avec des démarches administratives très simples, etc.) pour inciter les clients à décharger leurs déchets pour revalorisation
- Importance du bon contrôle, du tri et de la traçabilité des déchets
- Importance de promouvoir et sensibiliser tous les acteurs du BTP de l'intérêt et de la qualité des matériaux recyclés.
- Penser autrement et innover avec des solutions atypiques, par exemple avec l'écologie industrielle, le transport fluvial avec un cheval, développement d'une franchise industrielle pour transmettre le savoir-faire, etc.

Défi pour l'économie circulaire

- Des producteurs de déchets peuvent aussi envoyer leurs déchets à un centre d'enfouissement technique où il n'y a pas de récupération ni de recyclage des matières. Il faut s'assurer que les déchets de déconstruction soient récupérés et revalorisés.
- Les cahiers des charges pour les travaux publics et privés ont seulement commencé récemment à demander le tri des déchets de déconstruction de l'utilisation de matières premières secondaires dans leurs projets BTP.

Eurovia

Eurovia est une grande entreprise de la construction, de l'entretien et de la maintenance d'infrastructures routières, ferroviaires et d'aménagement urbain. Leurs activités et savoir-faire étendent la chaîne de valeur de l'extraction et fabrication de granulats dans des carrières ; de la production industrielle (par exemple, des liants et enrobés bitumineux, des équipements pour la route, etc.) ; de la construction des infrastructures ; et de l'entretien et de la maintenance des infrastructures. Avec le contrôle de toute la chaîne de valeur en France, Eurovia est le premier recycleur des déchets inertes du BTP (30% du volume national total des matériaux recyclés). Pour répondre notamment à la complexification de l'accès à de nouvelles sources de granulats naturels (car il est difficile d'obtenir d'un permis d'exploitation de nouvelle carrière), Eurovia a développé depuis dix ans un système de tri et de recyclage des déblais de chantier et de déconstruction de chaussées (installations de tri, de recyclage, optimisation des flux logistiques...).

Une filiale d'Eurovia, Durance Granulats a établi une plateforme d'accueil-tri-recyclage dans une de ses carrières : le site de La Malespine. Les entreprises qui amènent leurs déblais inertes de chantier (matériaux de terrassement, matériaux de déconstruction, bennes à gravats des déchetteries...) peuvent aussi repartir avec des matériaux de construction naturels ou recyclés. Environ 70% des déblais inertes sont réutilisés comme granulats, et le reste est utilisé pour recouvrir une décharge en bordure de la carrière. Les « indésirables » dans les déblais inertes de chantier sont aussi triés et revalorisés (métaux, plastiques, bois...). Au total presque 17% de la production totale d'agrégats d'Eurovia était issue de matières recyclées en 2014.

Types d'actions d'économie circulaire pour le climat

- Réduction des distances de transport pour les clients d'Eurovia grâce à la proximité des sites et optimisation du double fret : à l'aller, déchargement des déchets de chantier de déconstruction et au retour approvisionnement en matériaux pour le même chantier
- Eviter les prélèvements des matières premières primaires dans les carrières
- Recyclage des ferrailles et autres matériaux collectés et triés

Retour d'expérience

- Importance de la logistique pour réduire les distances de transport

Défi pour l'économie circulaire

- La perception de qualité de matériaux recyclés bien que la performance technique soit équivalente aux matériaux naturels.
- Les cahiers des charges pour les travaux publics ont seulement commencé récemment à demander le tri des déchets de déconstruction de l'utilisation de matières premières secondaires dans leurs projets BTP

Neopost

Neopost est un fabricant de machines à affranchir. En raison d'une obligation postale, les machines à affranchir sont seulement louées ou louées à bail (leasing) et Neopost est obligé de récupérer les machines pour détruire certains composants critiques afin d'éviter toute fraude. Depuis plus de 15 ans, Neopost a rénové et remis en état leurs machines à affranchir dans leur usine de Le Lude, France.

En 2010, Neopost a décidé d'aller plus loin sur la valorisation des produits repris. Grâce à l'éco-conception, Neopost a développé une nouvelle gamme de produits pour encore mieux préparer leur produit au remanufacturing (remise à neuf) en s'appuyant sur la démontabilité et recyclabilité. Une ambitieuse stratégie de remanufacturing a été préparée en 2011 puis déployée entre 2012 et 2014. Cette stratégie cordonnée inclut une stratégie de commercialisation (Neopost vend leurs produits (neuf ou remanufacturés) avec les mêmes fonctions au même prix) et une logistique inverse (introduction d'un régime de rachat pour inciter la récupération des produits usés).

Après récupération d'une machine, les pièces visiblement abimées ou obsolètes sont changées. Cela concerne par exemple le capot, certaines cartes électroniques, des pièces d'usure, etc. Puis, le logiciel est mis à jour, et la machine est réassemblée et testée pour garantir son fonctionnement. Entre 50% et 75% du produit de Neopost (en poids) provient de pièces réutilisées. L'empreinte carbone des modèles de remanufacturing et de reconditionnement permettent de réduire les émissions gaz à effet serre jusqu'à 40% en comparaison avec un produit neuf ; et les coûts de production sont jusqu'à 50% inférieurs.

Types d'actions d'économie circulaire pour le climat

- Réduction de consommation de matière
- Réduction d'énergie pour produire des matières premières
- Réduction du transport de la logistique amont
- Réduction des émissions gaz à effet serre évités d'incinération

Retour d'expérience

- Coordination et cohérence du nouveau modèle économique avec l'éco-conception du produit, comme par exemple le choix des matériaux (durée de vie, compatibilité, maintenabilité) ou de la modularité et de la facilité de désassemblage ; la stratégie marketing ; et le système logistique inverse
- Capacité à prendre possession du produit en fin de vie et maîtrise des flux de retour (quoi, quand et où), par exemple prévisions des retours des produits usés ; industrialisation des procédures
- Communication aux clients et aux acteurs tout au long de la chaîne de valeur – importance de convaincre et de motiver les acteurs internes et externes de la création de valeur du nouveau modèle économique
- Adaptation nécessaire partout dans les principales fonctions de l'entreprise, en particulier dans les ventes, la production et l'approvisionnement.

Défi pour l'économie circulaire

- Un système efficace pour la récupération et collecte des produits usagés
- Application de l'économie de fonctionnalité pour inciter les clients et les acteurs tout au long de la chaîne de valeur

Bartin Recycling Group : Recyclage et valorisation des voitures-voyageurs du RER de la RATP

Depuis quatre ans, l'usine du Martin Recycling Group de Torvilliers déconstruit et recycle des voitures-voyageurs du RER de la RATP. Ce démantèlement complexe (désamiantage, recyclage de l'acier, du cuivre et de l'aluminium) permet de développer d'importantes boucles d'économie circulaire et de limiter les émissions de gaz à effet de serre liées à l'extraction de matières premières. Nécessitant la mise en œuvre d'une solution globale, il s'appuie sur la maîtrise d'une chaîne complète d'expertises en matière de logistique, de déconstruction, de désamiantage, de valorisation des matériaux recyclables et, enfin, de traitement des déchets ultimes.

Plus de 300 anciennes voitures-voyageurs de la RATP auront été démantelées et recyclées d'ici 2017, avec une valorisation matière de 97 % des 16 000 tonnes de matière concernées. Ce projet permet d'éviter l'émission de plus de 20 000 tonnes de CO2 tout en générant de nombreux emplois locaux.

III. Scénarios : contributions des politiques d'économie circulaire à la lutte contre le dérèglement climatique

1) L'économie circulaire au service de la transition énergétique bas carbone

Augmenter l'efficacité énergétique dès la phase de production

La **symbiose industrielle**, l'un des piliers de l'économie circulaire, bouleverse le mode de production établi depuis la révolution industrielle. Selon cette discipline, les flux industriels d'un territoire doivent être analysés et mutualisés pour parvenir à l'optimisation des ressources et de l'énergie, comme le ferait un écosystème biologique dans lequel « les végétaux synthétisent des substances qui alimentent les animaux herbivores, lesquels sont mangés par les animaux carnivores, dont les déchets et les cadavres servent de nourriture à d'autres organismes »³³.

Ce nouveau mode industriel permet ainsi d'augmenter l'efficacité énergétique des process, et donc de réaliser des économies d'énergie, condition sine qua non à la transition énergétique. Concrètement, cela se traduit sur les territoires par l'échange de sous-produits, la réutilisation de l'eau, la valorisation des excédents de chaleur, la production d'énergie en commun à partir de ressources renouvelables, le partage de l'utilisation d'un équipement ou d'une flotte de véhicules, autant d'exemples d'actions qui sont aujourd'hui menées en France par une quarantaine de démarches, grâce à la structuration de réseaux d'acteurs dédiés. Au Royaume-Uni, le programme national qui a été lancé il y a plus de 9 ans, le NISP, a notamment permis d'éviter l'émission de 40 millions de tonnes de CO2 et de 47 millions de tonnes de mise en décharge.

L'une des pratiques de la symbiose industrielle consiste notamment à **valoriser l'énergie fatale**, c'est-à-dire l'énergie résiduelle produite au cours du processus industriel mais qui reste non utilisée. Selon EDF, sur les 450 TWh que représente la consommation énergétique industrielle française chaque année, 140 TWh ressortent sous forme d'énergie fatale. L'ADEME estime que les économies d'énergie récupérables correspondent à 52 TWh sur les utilités industrielles et 7 TWh sur les process³⁴. A titre de comparaison, les livraisons d'électricité déclarées par RTE pour l'ensemble de l'Île de France en 2011 sont de 67 TWh. A ces chiffres s'ajoutent ceux du potentiel du secteur résidentiel, non comptabilisé à ce jour.

On peut utiliser cette énergie fatale afin d'alimenter un réseau de chauffage urbain, comme c'est le cas à Dunkerque, où la chaleur issue de process industriel permet d'alimenter le réseau à hauteur de 70% des besoins ; celle issue d'un data center à Val d'Europe représente à terme plus de 26.000 MWh, soit 5 400 tonnes de CO2 évitées et 600 000 m2 alimentés, par an³⁵.

³³ Robert A. Frosch et Nicholas E. Gallopoulos, « Des stratégies industrielles viables », Pour la science, n°145, novembre 1989, p. 106-115.

³⁴ «Créer et partager le progrès énergétique : La valorisation des énergies fatales industrielles au bénéfice du territoire », Direction Marketing et Développement durable, avril 2014.

³⁵ Dalkia, documents internes

En Europe, le Danemark est pionnier en matière de réseaux de chaleur : plus de 60% des logements y sont connectés, tandis qu'en France, cela ne concerne que 5% des logements.

Les réseaux se déclinent également en réseaux d'énergie frigorifique : les réseaux mis en place au Japon distribuent une part plus importante de froid que de chaud. En 2007, les réseaux ont distribué 15400 TJ de froid (0,37 Mtep), contre 9600 TJ de chaleur (0,23 Mtep)³⁶.

En ce qui concerne la récupération de chaleur des eaux usées, la Suisse est en avance avec 30 installations qui récupèrent la chaleur des eaux usées, soit l'énergie nécessaire pour chauffer 30.000 appartements³⁷. Le potentiel total d'énergie qui pourrait être récupéré à partir des eaux usées en Suisse serait de 2.000.000 kWh/an, soit l'équivalent en énergie de la consommation d'eau chaude de 12% de la population du pays, selon SuisseEnergie³⁸.

Pour le moment en France, l'évaluation et l'exploitation du potentiel de l'énergie fatale restent insuffisantes, comme pour la plupart des actions d'écologie industrielle.

Dans la phase de production, la mise en œuvre de l'économie circulaire permet également d'augmenter l'efficacité énergétique grâce aux démarches **d'éco-conception**. L'éco-conception est la prise en compte, dès la conception des produits et des services, de leurs impacts environnementaux. Grâce à elle, la consommation d'énergie par unité produite est réduite, et l'efficacité énergétique des produits est améliorée. Cela permet non seulement de contribuer à la réalisation des objectifs français en matière de transition énergétique et de changement climatique, mais également de soutenir la compétitivité de l'énergie française.

La Commission Européenne a d'ores et déjà pris conscience du potentiel de l'éco-conception et a établi un cadre pour la fixation d'exigences en la matière, au travers de la directive cadre 2009/125/CE, applicable aux produits liés à l'énergie. Selon la Commission Européenne, les 9 premières mesures adoptées au titre de cette directive devraient réduire la consommation d'électricité de 340 Twh d'ici 2020, soit l'équivalent de la production de 77 centrales électriques classiques. Si l'ensemble des mesures sont mises en œuvre, cela devrait permettre une économie annuelle à l'échelle de l'Union Européenne à l'horizon 2020 de plus de 1000 Twh, soit près de 2/3 de la consommation de la France.

Les branches opérationnelles de l'économie circulaire appliquées dès la phase de production révèlent un potentiel d'efficacité énergétique qui est indissociable d'un projet de transition énergétique global.

Gains d'énergie évitée grâce à l'optimisation de l'usage de la matière

Les coûts croissants liés à l'exploitation des matières premières constituent un enjeu stratégique majeur pour les industries européennes. A terme, ces coûts à la fois physiques, sociaux et environnementaux deviendraient trop importants pour que l'industrie puisse

³⁶ « Les réseaux de chaleur et de froid au Japon | Réseaux de Chaleur et Territoires – Le blog ». En ligne : <http://reseauxchaleur.wordpress.com/2010/09/23/lesreseauxdechaleuretdefroidaujapon/>

³⁷ « Evaluation du potentiel de récupération d'énergie thermique dans les réseaux d'assainissement de la région Provence Alpes Côte d'Azur », Antea Group, Planair SA, Avril 2011

³⁸ « Chauffer et rafraîchir grâce aux eaux usées, Guide pour les maîtres d'ouvrage et les communes », SuisseEnergie

continuer à se développer³⁹. Face à ces nouvelles contraintes, des concepts novateurs, parties intégrantes du modèle de l'économie circulaire, ont fait leur apparition, et participent activement à éviter la consommation d'énergie liée à l'usage de la matière. En diminuant l'énergie associée à la production, à l'utilisation, au transport et à l'élimination des produits, ces démarches contribuent à la transition énergétique.

C'est d'une part **l'économie de fonctionnalité**, qui consiste à « produire une solution intégrée de biens et de services, basée sur la vente d'une performance d'usage⁴⁰ » et contribue ainsi à allonger la durée de vie et d'usage des produits.

³⁹ Donella H Meadows, Dennis L Meadows, Jørgen Randers[et al.], *Les limites à la croissance (dans un monde fini) le rapport Meadows, 30 ans après*, Paris, Rue de l'échiquier, 2012.

⁴⁰ Définition de l'économie de la fonctionnalité - Club économie de la fonctionnalité

Serge Ferrari et Texyloop : un non tissé recyclé pour toiture végétalisée

L'entreprise Serge Ferrari considère que plusieurs stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre sont possibles en se basant sur l'économie circulaire. La compensation carbone (offsetting) présente plusieurs problèmes selon Romain Ferrari, directeur de l'entreprise :

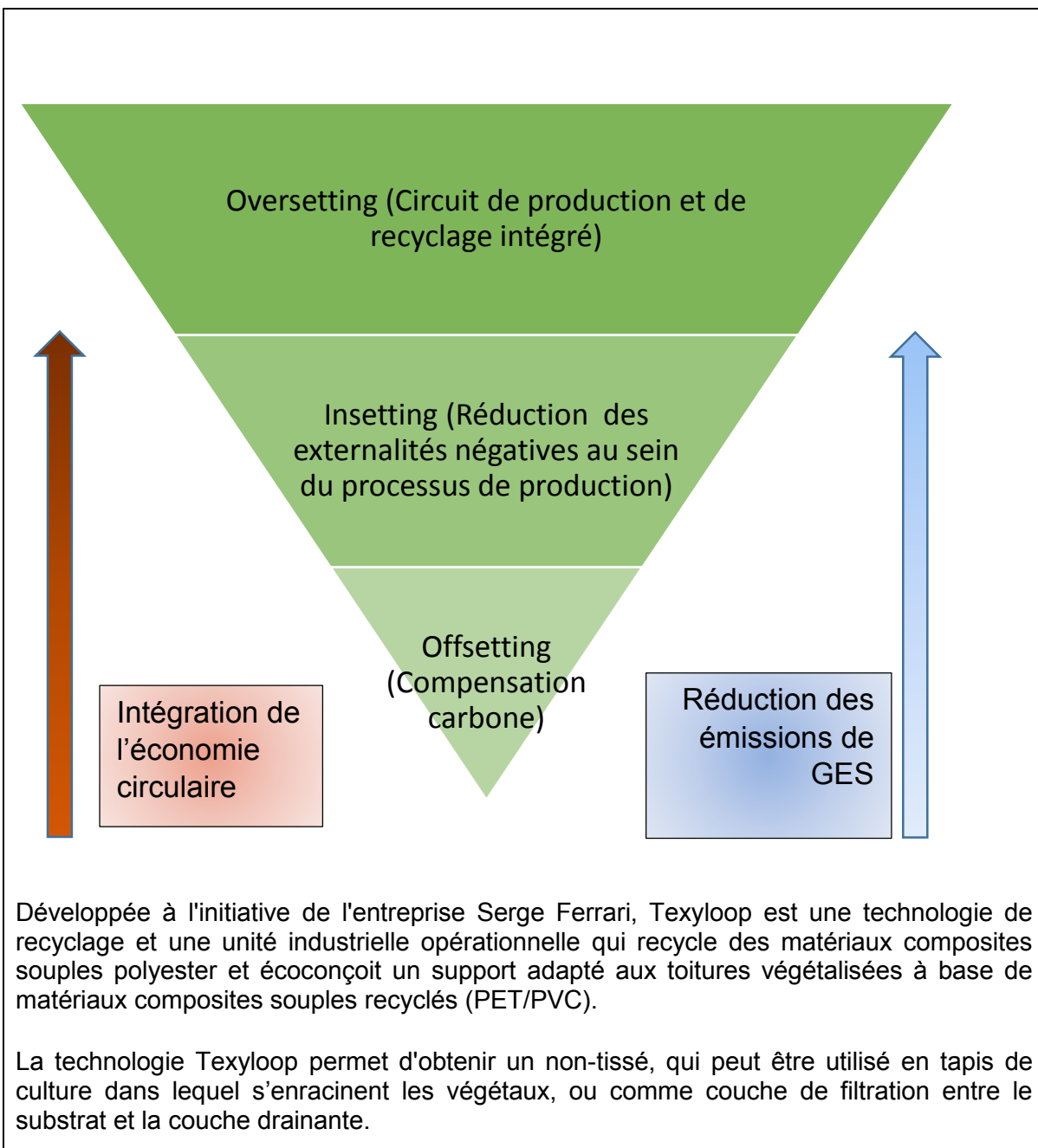
« Tout d'abord la compensation carbone peut être mise en doute concernant la fiabilité et la qualité de l'approche: Que penser en effet des démarches courantes de compensation carbone « ex-ante » qui consistent à acheter une compensation sur des rejets déjà émis, achat qui dans les faits servira à financer des projets à venir qui ne produiront (dans le meilleur des cas) leurs effets (de compensation) que de nombreuses années après la date de référence des émissions !

Ensuite, la compensation carbone pose un problème de sens. Si la compensation permet au moins de mobiliser l'attention et d'inciter à envisager une action, elle risque en revanche de déculpabiliser les auteurs des impacts et donc de retarder la mise en œuvre de vraies actions positives : celles qui conduisent à la réduction des émissions par les changements de comportements. Au pire, elle entretient une illusion de solutions, et permet à chacun d'être plus vert que vert tout en augmentant ses émissions ! Ceci a aussi pour effet de rendre toujours moins compétitifs les investissements nécessaires à l'accompagnement des ruptures comportementales visant à réduire les émissions. Aussi la compensation réalisée dans les pays en voie de développement laisse un sentiment profond de déni de responsabilité spatio-temporelle : compenser là où les émissions sont historiquement les plus faibles ... »

Il existe ensuite la stratégie de réduction des impacts (ou Insetting) dont le but est de minimiser les externalités négatives de son circuit de production et de consommation, à travers la réduction de la consommation, choix de procédés moins polluants, etc.

Une stratégie bien plus intégrée, en économie circulaire, existe. L'approche dite de « l'oversetting » a été considérablement déployée au sein de l'entreprise Serge Ferrari, il s'agit d'investir de sa propre initiative dans le développement d'une boucle de recyclage de produits en fin de vie. C'est la raison d'être du lancement de Texyloop.

	Consommations ou Emissions 2014	Réduction apportée par l'activité de recyclage (900t)	Consommation directement évitée (ou oversetting) en %
Energie (GWh)	63	-8,88	-14%
CO2 (t Equiv.) Process	10875	-2295	-21%
Déchets Non Dangereux	2046	-246	-12%



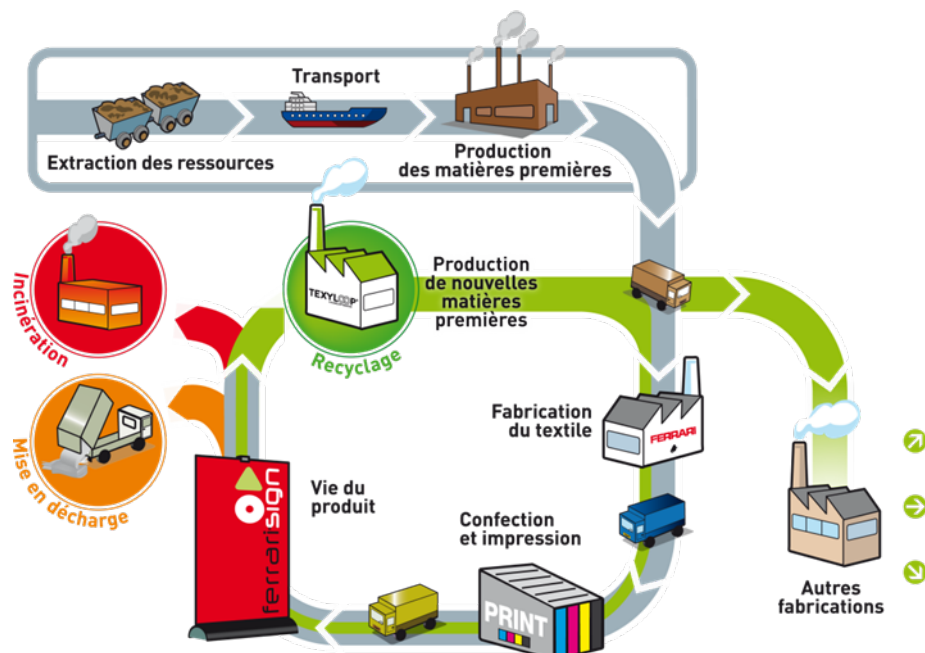


Figure 25 Circuit de production de Serge Ferrari. Source: Serge Ferrari

Une étude indépendante réalisée par le bureau d'étude Eveja montre que la réalisation des supports de toitures végétalisées à partir de fibre recyclée Taxyloop permet de réduire de 34 % les rejets de gaz à effets de serre liés à la production de l'infrastructure.

Catégorie d'impact	Unité	Une tonne de bâche recyclée par Taxytool	Une tonne de bâche incinérée	Bénéfice environnemental
Consommation d'énergie	MJ-Eq	6,81E+04	1,04E+05	3,55E+04
Consommation d'eau	litres	2,76E+02	4,50E+02	1,74E+02
Epuisement des ressources	kg Sb eq	9,64E-03	1,86E-02	8,92E-03
Rechau. clim. pot. 100 ans	kg CO2 eq	4,03E+03	6,58E+03	2,55E+03
Toxicité humaine	kg 1,4-DB eq	8,50E+03	1,68E+04	8,26E+03
Déchets non dangereux	kg	3,41E+02	6,14E+02	2,73E+02
Déchets dangereux	kg	2,57E-01	3,19E-01	6,16E-02

A l'heure où les projets de végétalisation en milieu urbain se multiplient pour atténuer les phénomènes d'îlots de chaleur, la technologie Taxyloop détient un potentiel de développement à exploiter.

En effet, lorsqu'une stratégie commerciale classique est basée sur la vente d'un maximum de produits et donc sur une durée de vie réduite des produits soumis aux obsolescences programmée et symbolique, a contrario, un business model intégrant l'économie de fonctionnalité incite les producteurs à fabriquer des produits plus durables et pouvant être

facilement réparés et recyclés, leur permettant de minimiser les coûts d'entretien et de gestion des déchets dont ils ont la charge. Le producteur s'inscrit ainsi dans une logique d'économie circulaire et cela permet de générer naturellement des incitations à réduire les flux de matières extraites de la nature, et donc autant d'énergie évitée en transformation de matière, tout en conservant une création de valeur équivalente ou supérieure.

Du côté des consommateurs, le comportement économique est également optimisé, puisque l'économie de fonctionnalité leur offre une meilleure perception du coût global et réduit le nombre de produits consommés, grâce à un meilleur taux d'usage des produits mis à disposition.

L'économie de fonctionnalité permet donc de réduire les flux de matière et d'énergie et d'augmenter la productivité des ressources tout en réduisant in fine les externalités négatives environnementales associées à la production industrielle.

En raison de la diversité des démarches relevant de l'économie de fonctionnalité il est encore difficile, à ce stade, d'établir une analyse macroéconomique des bénéfices de ce modèle. Cependant, au niveau microéconomique, de nombreux cas d'entreprises permettent de vérifier ces bénéfices : les exemples de Michelin, Xerox, Dow Chemicals, Peugeot, Elis, Cofely,...) permettent de constater que les économies de ressources matérielles (énergie et matières premières) sont de l'ordre de 30 à 50%. Chez Xerox par exemple, l'offre de gestion déléguée des impressions a permis une réduction d'1/3 des émissions annuelles de gaz à effet de serre.

Par ailleurs, le développement de la consommation collaborative ces dernières années participe lui aussi au modèle de l'économie circulaire. Il permet de révéler le véritable potentiel d'exploitation des objets. Lorsque dans un modèle linéaire la plupart des produits commercialisés sont sous-utilisés, c'est-à-dire que leur durée d'usage le long de leur cycle de vie est bien inférieure à leur durée de vie technique, la réutilisation, le réemploi et la réparation, parties intégrantes du modèle de l'économie circulaire, permises par le mouvement de la consommation collaborative, allongent la durée de vie des produits.

Le réemploi, c'est-à-dire la pratique de la revente du don et du troc, permet de rapprocher la durée d'usage de la durée de vie technique, et ainsi permettre de réduire de 3,2 millions de tonnes les déchets des ménages, soit 10% de leurs déchets⁴¹ tout en réduisant le nombre de biens neufs à produire, évitant ainsi les coûts énergétiques de production et de transformation de la matière associés. Quant à la pratique de la mutualisation (emprunt et location de court terme), bien qu'elle concerne un nombre plus réduit de produits (principalement les automobiles et équipements de loisirs), elle permettrait de doubler la durée d'usage des produits et d'éviter 3,2 millions de tonnes de déchets⁴².

Lorsque le réemploi n'est pas possible, la réparation peut intervenir. De nos jours, dans 40 à 50% des cas les appareils sont remplacés alors qu'ils sont encore en état de fonctionner ou techniquement réparables⁴³. Les démarches d'économie circulaire d'ores et déjà mises en œuvre par certaines entreprises permettent de diminuer ce taux et d'allonger là encore la durée de vie de la matière. En effet, les pratiques de remanufacturing se généralisent dans

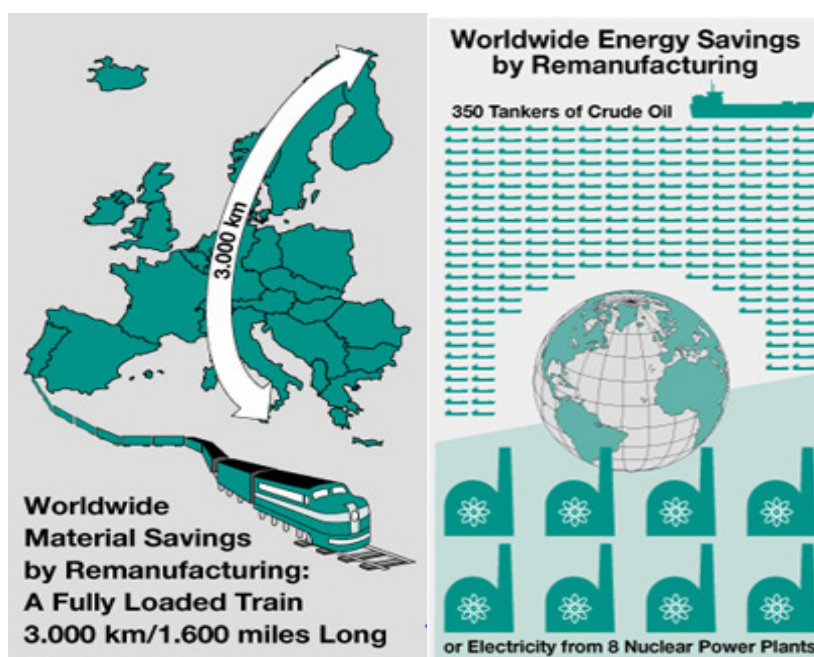
⁴¹ Demailly Damien et Novel Anne-Sophie, « Economie du partage : enjeux et opportunités pour la transition écologique », *Nouvelle prospérité*, juillet 2014, (« IDDRI »).

⁴² *Ibidem*.

⁴³ Selon une étude TNS Sofres et Gifam in Conseil économique social et environnemental, *Transitions vers une industrie économe en matières premières mandature 2010-2015: séance du 14 janvier 2014*, Paris, Direction des journaux officiels, 2014.

les entreprises, et permettent d'évaluer le potentiel de cette pratique. En France, Renault est pionnier avec son usine de Choisy-le-Roi, et la pratique se développe également chez les opérateurs téléphoniques tels que Orange ou Bouygues Telecom.

En termes chiffrés, le remanufacturing d'un organe à l'usine Renault de Choisy-le-Roi permet d'économiser, par rapport à la production d'une pièce neuve, 80% d'énergie, 88% d'eau, 92% de produits chimiques, 70% de déchets.⁴⁴ Au niveau mondial, l'énergie économisée grâce à l'activité de remanufacturing serait équivalente à la production d'électricité de huit centrales nucléaires ou 10,7 millions de barils de pétrole et l'économie de matières premières liée au remanufacturing pendant un an permettrait de remplir 155 000 wagons formant un train long de 3000km⁴⁵.



Source : « APRA - Automotive Parts Remanufacturers Association - in Europe welcomes you », [En ligne : <http://www.apra-europe.org/main.php?target=environment>]. Consulté le 16 mai 2014.

Une fois que le produit n'est plus utilisable, conformément à la hiérarchie de traitement des déchets, **le recyclage intervient** et permet lui aussi d'optimiser l'usage de la matière. Il permet d'éviter l'énergie associée à l'extraction de matières premières vierges, à leur transformation et leur transport, mais aussi de détourner des flux de déchets de l'incinération et de la mise en décharge, processus nécessitant une importante consommation d'énergie. Le bilan environnemental du recyclage réalisé par l'ADEME depuis 2004⁴⁶ montre que le recyclage permet chaque année d'éviter de mobiliser 12 millions de tonnes de matières

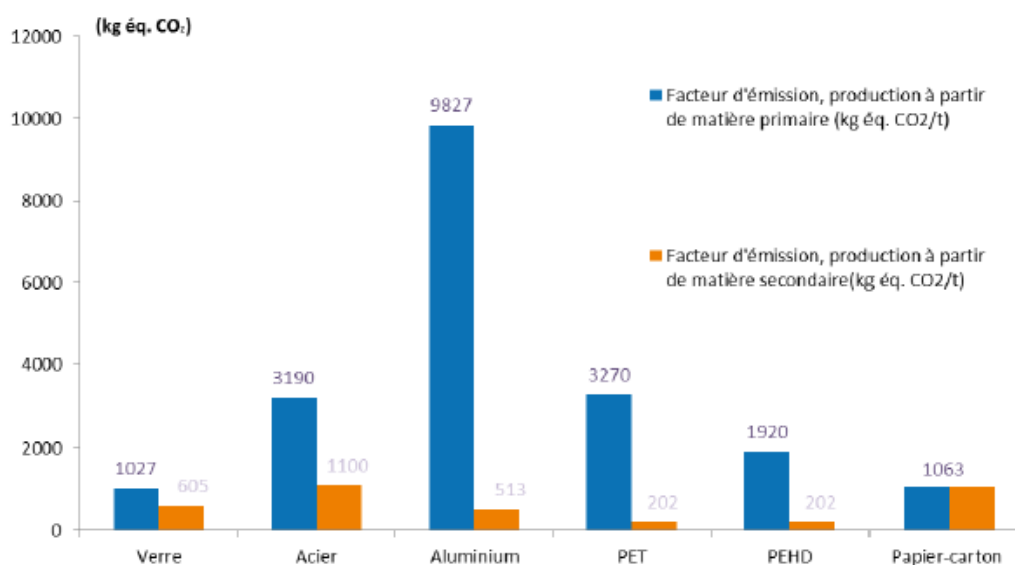
⁴⁴ « De l'économie circulaire appliquée à l'industrie automobile. Le cas pratique de l'usine de Choisy-le-Roi - Ellen MacArthur Foundation », [En ligne : <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/fr/news/de-leconomie-circulaire-appliquee-a-lindustrie-automobile-le-cas-pratique-de-lusine-de-choisy-le-roi>]

⁴⁵ Selon une étude du Fraunhofer Institute de Stuttgart « APRA - Automotive Parts Remanufacturers Association - in Europe welcomes you »

⁴⁶ « Chiffres-clés déchets : édition 2014 – ADEME »

premières, d'économiser 2,5 millions de TEP d'énergie non renouvelable, d'éviter le rejet de 19 millions de tonnes d'équivalent CO₂ (soit les émissions domestiques de CO₂ de 11,7 millions d'habitants) et d'économiser 171 millions de m³ d'eau.

Le recyclage permet tout d'abord d'éviter l'utilisation de matières premières vierges grâce à la récupération des matériaux : éviter l'émission de GES associés à la fabrication de ces matières premières vierges. Il sert aussi à produire de l'énergie qui remplace l'énergie dérivée des combustibles fossiles. En effet, les émissions résultant de l'utilisation des déchets comme source d'énergie sont généralement inférieurs à celles produites à partir de combustibles fossiles. Les bénéfices climatiques associés au recyclage proviennent enfin des émissions directes ou indirectes évitées en n'incinérant ou en n'enfouissant pas la matière.



Ce graphique a été réalisé à partir de la Base Carbone® de l'ADEME. Les facteurs d'émission présentés ne concernent que la production et ne prennent donc pas en compte les autres étapes du cycle de vie des matériaux et notamment pas leur fin de vie. Il s'agit par ailleurs de facteurs moyens qui peuvent varier en fonction des propriétés recherchées pour les matériaux et donc de l'utilisation qui en sera faite.

Figure 26 Comparaison des facteurs d'émission associés à la production de matière première primaire et secondaire par matériaux d'emballages ménagers en France (en kg éq. CO₂ émis par tonne de matériau produite).⁴⁷

A titre d'exemple, la transformation du minerai de bauxite en alumine puis l'électrolyse de l'alumine requièrent énormément d'électricité alors que la fusion d'aluminium recyclé consomme 95 % moins d'énergie. 47 % de l'aluminium utilisé en France est issu du recyclage, soit 490000 tonnes refondues en 2011.

⁴⁷ Source: Vivian Dépoues, Cécile Bordier, Le recyclage des déchets et la lutte contre le changement climatique: cas d'étude des emballages ménagers, CDC Climat Recherche 2015, à partir de la Base Carbone® de l'ADEME 2014

Selon la Caisse des Dépôts et des Consignation Climat Recherche :

« 93 % des émissions de GES évitées grâce au recyclage des emballages ménagers (soit 1,89 Mt éq.CO2) proviennent de l'utilisation de matière première secondaire en substitution de matière vierge dont la production n'a pas lieu. »⁴⁸

Création d'énergie grâce à la valorisation énergétique des déchets

Le modèle de l'économie circulaire dispose également d'un levier important pour la transition énergétique puisqu'il recourt à la valorisation énergétique des déchets, qui représente un potentiel important de création d'énergie secondaire, là où le modèle linéaire ne tendrait qu'au stockage et à la mise en décharge. Cependant, il est essentiel de noter que le modèle de l'économie circulaire vise à optimiser l'usage de la matière et pour cela, il est essentiel de respecter la hiérarchie de traitement des déchets, laquelle permet de dégager le plus de valeur ajoutée possible à chaque étape du cycle de vie du produit, et notamment dans ce dernier stade que constitue la valorisation énergétique des déchets non recyclables.

Celle-ci doit privilégier les techniques de valorisation de la biomasse, qui représentent un potentiel énergétique important. Pour mesurer le potentiel d'une valorisation énergétique des déchets en France, **le potentiel de biogaz** en Europe est un bon indicateur : on estime qu'il pourrait remplacer à terme, soit dans plusieurs dizaines d'années, les importations de gaz naturel en provenance de Russie⁴⁹. En 2012, la production d'énergie de biogaz dans l'Union européenne, à partir des gisements agricoles, mais également des décharges et des stations d'épuration, a dépassé les 12.000 ktep. L'Allemagne, leader en Europe, a produit plus de la moitié de cette énergie, en atteignant 6000 ktep. En deuxième position, la production du Royaume-Uni, à base de biogaz de décharge, représentait 1750 ktep en 2010, soit 20% de la production européenne ; et l'Italie, troisième, 507 ktep. Face à ces pays, la France accuse un retard conséquent, puisque sa production n'a atteint que 400 ktep en 2012, alors que son potentiel est estimé à 16.200 ktep, ce qui en ferait le gisement le plus important d'Europe.

Les unités spécialement conçues pour la valorisation énergétique (unités décentralisées de biogaz agricole, unités centralisées de codigestion et mulitproduit, unités de méthanisation de déchets solides), représentent désormais plus des deux tiers de la production d'énergie primaire de l'Union européenne, soit 66,6% en 2012, mais seulement 12,9% de la production d'énergie primaire de la France, qui doit impérativement développer ce potentiel⁵⁰.

La biomasse solide constitue elle aussi un volet de la valorisation énergétique intéressant, et joue d'ailleurs un rôle croissant dans la production de chaleur et d'électricité de l'Union européenne. Elle regroupe le bois, les déchets de bois, les granulés et d'autres déchets végétaux ou animaux. Selon Observ'ér, ce potentiel dans l'Union Européenne serait estimé à 157 Mtep. Les chiffres provisoires du Service de l'observation et des statistiques (SOeS) du ministère du développement durable révèle que la production d'énergie primaire biomasse solide a augmenté de 9,3%, près de la barre des 10 Mtep, mais pourtant la

⁴⁸ Ibid.

⁴⁹ Selon une étude de l'Institut pour l'Energie et l'Environnement de Leipzig (Insitutfür Energetik undUmwelt)

⁵⁰ « Etat des énergies renouvelables en Europe », Edition 2013, 13^e bilan Eurobserv'ér

France dispose encore d'un potentiel forestier sous-exploité, et donc d'un potentiel important pour la valorisation de la biomasse solide.

Enfin, bien que les autres solutions de valorisation énergétique soient à privilégier, **l'incinération** est également génératrice d'énergie, et ne constitue donc pas une solution pour se débarrasser des déchets. La directive-cadre sur les déchets 2008/98/CE, applicable aux Etats membres depuis le 12 décembre 2010, incite d'ailleurs les exploitants à améliorer l'efficacité énergétique de leurs centrales d'incinération. En exploitant son potentiel de récupération d'énergie des déchets, l'Europe pourrait alimenter 17 millions de ménages en électricité et 24 millions en chauffage, sachant qu'il faut 5 à 7 tonnes de déchets pour obtenir l'équivalent d'une tonne de fioul. A titre d'exemple, l'énergie produite dans les trois centres d'incinération du Syndicat de traitement des déchets ménagers de l'agglomération parisienne (Syctom) chauffe 300.000 équivalents-logements chaque année. Cependant il est important de noter que le rendement énergétique de l'incinération est inégal en fonction du type d'énergie produite dans les usines d'incinération : si la production de chaleur connaît un bon rendement, avec 70 à 80% de la chaleur de combustion récupérés après incinération, soit environ 1500 kilowatts/heure thermiques par tonne d'ordures, la production d'électricité elle ne connaît qu'un rendement de 20 à 25%, soit environ 300 à 400 kilowatts-heure. La solution de la cogénération, utilisant la chaleur résiduelle de la vapeur sortant de la turbine de production d'électricité, représente un bon compromis, et connaît un rendement de 50 à 60%⁵¹.

En valorisant à 50% tous les déchets ménagers en France, il est estimé qu'on obtiendrait environ 1% de la consommation énergétique du pays. Cette voie ne constitue donc qu'une solution temporaire permettant de limiter, voire d'éliminer la mise en décharge, mais doit cependant constituer un volet de la mise en place d'une économie plus circulaire.

Il est ainsi indiscutable que l'économie circulaire est un élément clef dans la lutte contre le dérèglement climatique, et ce bien au-delà de son volet déchet, qui n'intervient que dans le dernier stade de la vie du produit. Un modèle d'économie circulaire dans son intégralité doit être appliqué à tous les stades du cycle de vie des produits afin d'optimiser les process, l'usage et la création d'énergie secondaire, en respectant impérativement la hiérarchie des déchets telle qu'énoncée par la Commission européenne, qui permet de dégager le maximum de valeur ajoutée de l'énergie et de la matière, lesquels apparaissent intrinsèquement liés. Selon la Commission européenne, la politique de l'Union Européenne - et donc de la France - visant à réduire les émissions de carbone et à augmenter l'efficacité énergétique sont indissociables des efforts visant à augmenter la productivité des ressources. La mise en place d'un modèle général d'économie circulaire permettrait incontestablement d'économiser de l'énergie. Rappelons enfin qu'une baisse de 1% de la consommation énergétique de l'Union Européenne permettrait de se passer de l'équivalent de 50 centrales au charbon ou encore de 25.000 éoliennes⁵².

⁵¹ Dossier : Le traitement des déchets, « L'incinération, le pouvoir calorifique des ordures », sur www.planete-energies.com

⁵² Commission européenne, « Une Europe efficace dans l'utilisation des ressources – initiative phare relevant de la stratégie Europe 2020 ».

FEDEREC rappelle dans une note⁵³ qu'avec une tonne de vieux papiers, il est possible d'obtenir 900 kilos de papier recyclé, alors qu'il faut 2 à 3 tonnes de bois pour fabriquer une tonne de papier classique. Une tonne de papier recyclé épargne ainsi 17 arbres, 20 litres d'eau et surtout l'équivalent de 1 000 litres de pétrole. Une tonne de plastique recyclé permet d'économiser 830 litres de pétrole.

2) De l'économie linéaire à l'économie circulaire : une transition bas carbone désirable

L'économie circulaire ne se restreint pas à la lutte contre le réchauffement climatique et vise plus généralement à développer un modèle économique durable conscient de la finitude des ressources. Les limites au système productif linéaire dépassent l'enjeu environnemental. De nombreux économistes rejoignent désormais les conclusions du rapport *Meadows* considérant qu'un découplage entre croissance économique et consommation de ressources est indispensable.

La mondialisation des échanges et la spécialisation des économies locales et nationales ont contribué à aggraver la dépendance de certaines régions vis-à-vis d'approvisionnements extérieurs. Les incertitudes liées au dérèglement climatique et à la montée des tensions géopolitiques dans certaines parties du monde questionnent la résilience d'économies trop interdépendantes.

Certains pays (Chine, Japon, Allemagne) et certaines entreprises (Michelin, Xerox, Interface) « pionnières » ont déjà amorcé leur transition vers l'économie circulaire afin d'optimiser l'utilisation des ressources. D'abord motivées par des raisons économiques, ces stratégies s'inscrivent dans une volonté d'adaptation aux enjeux de sobriété du XXI^e siècle.

L'économie circulaire est vectrice de nombreuses solutions aux enjeux économiques et sociétaux actuels. La difficulté inhérente à définir les contours de ce modèle est justifiée par sa volonté d'apporter une réponse globale. Nous souhaitons ici mettre en valeur certains des bénéfices de l'économie circulaire au-delà des aspects environnementaux, bien qu'une énumération reste trop partielle et découpée pour appréhender le caractère systémique de ce concept.

Création nette d'emplois

Depuis plusieurs décennies, l'amélioration de la productivité du facteur travail compte parmi les priorités politiques des pays développés au nom de la recherche de compétitivité internationale. L'inefficacité des réponses apportées à la hausse du chômage structurel et la hausse tendancielle du prix des matières premières imposent de reconsidérer les politiques industrielles et de l'emploi menées jusqu'alors. L'étude bibliographique conduite par l'Institut de l'économie circulaire⁵⁴ répertorie de nombreuses études prospectives démontrant le potentiel de création d'emplois de l'économie circulaire. La mise en place d'une politique proactive sur l'efficacité des ressources permettrait de créer plus de deux millions d'emplois

⁵³ FEDEREC, « Pour renouveler la dynamique de l'économie circulaire FEDEREC propose une prime à l'utilisation de matières recyclées »

⁵⁴ Institut de l'économie circulaire, Quel potentiel d'emplois pour une économie circulaire ?, 2015

en Europe⁵⁵. L'optimisation de l'utilisation des ressources se traduit par la mise en place de boucles économiques vertueuses créatrices d'emplois non délocalisables et réduisant les dépenses en matières premières.

27 Réduire les émissions de GES et créer des emplois grâce à l'économie circulaire

Un nombre croissant d'études montrent qu'une économie circulaire présente des opportunités de création de valeur et de croissance économique ainsi que des possibilités de création d'emplois au sein de l'UE. Nous mentionnons ici les estimations de création d'emplois potentielles suivantes résultant d'une transition vers une économie circulaire d'après des études récentes :

- En Europe, plusieurs études ont démontré un potentiel de création de plus de 2 millions d'emplois du fait d'une meilleure utilisation des ressources (GWS, 2011 et Cambridge Econometrics, 2014)
- 1 à 2 millions d'emplois supplémentaires en 2030 (Commission Européenne, 2014, calculs de Cambridge Econometrics et BIO Intelligence Service)
- 1,4 à 2,8 millions d'emploi dans l'UE d'ici 2020, d'après le résultat selon lequel « chaque point de pourcentage de réduction de l'utilisation de ressource se traduit par une création de 100 000 à 200 000 emplois » (Di Pietrantino, DG EMPL 2012)
- Plus d'un million de nouveaux emplois dans l'UE (Dervojeda, et al. 2014)
- Plus d'un million de nouveaux emplois pour le remanufacturing et le réemploi en Europe (WEF, 2014)
- Plus de 200 000 emplois bruts et une réduction du chômage de l'ordre de 54 000 pour le Royaume-Uni d'ici 2030. Une généralisation des activités d'économie circulaire pourrait plus que doubler ces chiffres (WRAP et la Green Alliance, 2015).
- 54 000 nouveaux emplois pour les Pays-Bas (TNO, 2013)
- Environ 500 000 emplois pour l'industrie de remanufacturing américaine dans les secteurs de l'industrie automobile, des équipements électriques et électronique et des équipements de construction (FEM, 2014)

Redynamiser les territoires

Le bouclage des flux de matière et d'énergie est intrinsèquement lié au principe de proximité. A l'exception de certains procédés de recyclage coûteux nécessitant une massification importante de déchets à fort potentiel, le réemploi et le recyclage sont limités à un périmètre géographique restreint du fait des contraintes économiques. Une récente étude anglaise⁵⁶ démontre que l'économie circulaire est particulièrement créatrice d'activités et d'emplois dans les zones les plus touchées par le chômage. En France, la mise en place de stratégies d'écologie industrielle, notamment à Grande-Synthe ou dans le Bassin de Lacq, a permis de faciliter la transition économique dans certaines zones d'activités souffrant des changements du tissu industriel.

⁵⁵ Cambridge Econometrics et al., 2014. Modelling the Economic and Environmental Impacts of Change in Raw Material Consumption, 60p.

⁵⁶ Morgan, Mitchell. 2015. Opportunities to tackle Britain's labour market challenges through growth in the circular economy, Green Alliance/WRAP.

Économie plus résiliente

Réduire la dépendance d'un territoire ou d'une entreprise vis-à-vis des approvisionnements en matières premières permet de renforcer la résilience de leur économie. La dernière étude⁵⁷ de la *Fondation Ellen MacArthur* et de l'*institut McKinsey* estime que l'Europe pourrait économiser 900 milliards d'euros d'ici 2030 si les secteurs des transports, de l'alimentation et du logement évoluent vers un modèle d'économie circulaire. Le scénario le plus ambitieux développé prévoit un bénéfice global de 1 800 milliards d'euros pour l'économie européenne, avec d'importants investissements consentis dans la recherche et l'efficacité matière.

La dépendance énergétique de l'Union Européenne atteignait 54 % de sa consommation totale en 2011⁵⁸. De plus, elle consomme près de 20 % des métaux à l'échelle mondiale alors qu'elle en produit moins de 5%. L'adoption rapide d'un modèle plus économe en ressources est indispensable.

Amélioration de la sécurité alimentaire des populations

La spécialisation et l'intensivité du modèle agricole actuel posent des questionnements similaires. La monoculture, accompagnée de l'utilisation croissante d'engrais et de produits phytosanitaires, et l'élevage intensif hors-sol, accentuent la pression sur les écosystèmes naturels pour répondre à l'augmentation de la consommation alimentaire mondiale. La dégradation des sols agricoles et l'apparition de résistances chez les ravageurs aux produits phytosanitaires représentent pourtant de vrais risques, qui remettent en cause la viabilité de ce modèle.

Dans le même temps, le gaspillage alimentaire représente près d'un tiers de la production mondiale et des études montrent qu'une production suffisante peut être assurée plus durablement⁵⁹. La mise en place d'une agriculture locale plus diversifiée et de circuits courts peut préserver agriculteurs et consommateurs vis-à-vis des fluctuations des prix internationaux. Le maintien de zones agricoles revêt une importance particulière, notamment dans les zones urbaines en croissance. La meilleure valorisation des déchets organiques, comme c'est le cas en Autriche, permettrait de limiter la dépendance des agriculteurs aux engrais chimiques ou minéraux. L'agriculture urbaine, très largement pratiquée dans certaines parties du monde, gagnerait enfin à être plus largement expérimentée en Europe.

28 Etude de cas du scénario économie circulaire appliqué en Suède, Club de Rome

Selon le Club de Rome, une politique nationale d'économie circulaire en Suède entraînerait une :

- Réduction de 70% des émissions de CO₂ par an
- Réduction de la moitié du chômage par la création de plus de 100 000 emplois.
- Amélioration de la balance commerciale jusqu'à 3% du PIB



⁵⁷ Fondation Elle MacArthur, Institut McKinsey, 2015. Growth within : a circular economy vision for a competitive Europe

⁵⁸ Eurostat

⁵⁹ Badgley et al. 2006 Organic agriculture and the global food supply.

- 3) Deux paramètres à prendre en compte : garantir le découplage absolu, prévenir l'effet rebond

Des limites physiques : le recyclage ne suffit pas, le découplage absolu est nécessaire

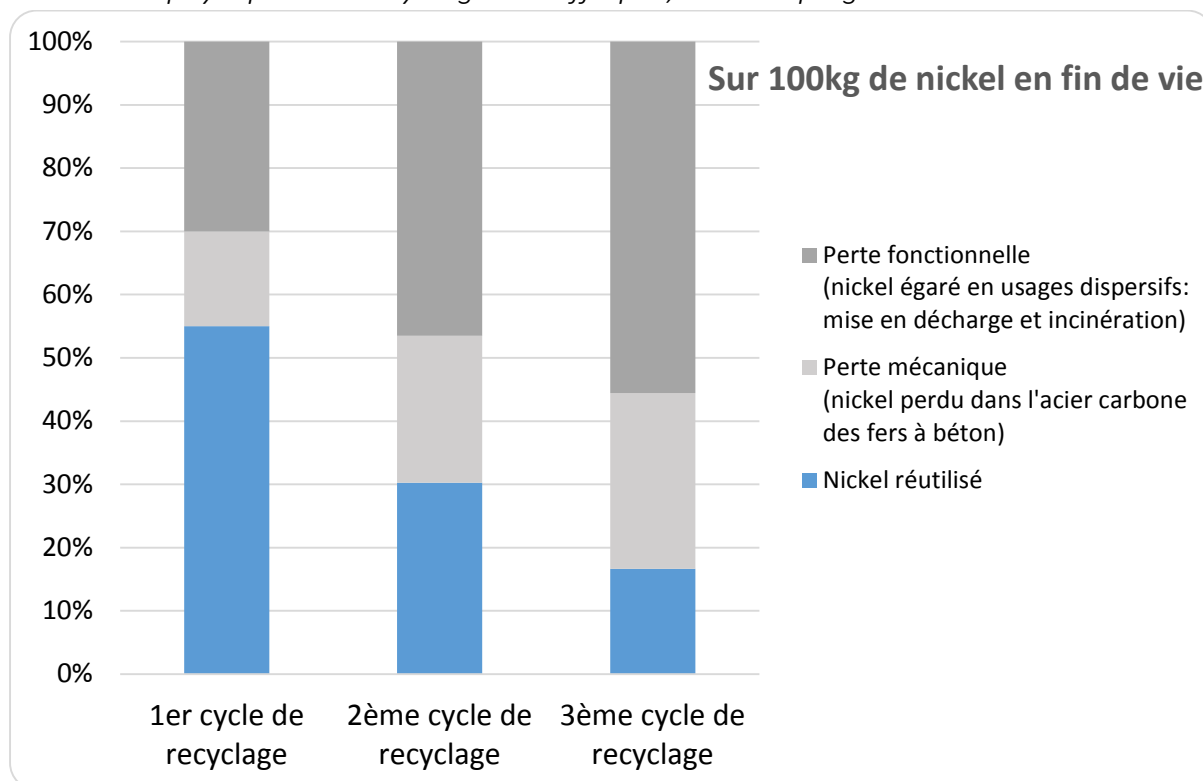


Figure 29 Les limites du recyclage. Source : Bihouix 2014⁶⁰

30 François Grosse: *Les limites du recyclage dans un contexte de demande croissante de matières premières*

« L'analyse dynamique des flux des matières premières montre qu'en situation de croissance des consommations, il n'existe généralement pas de gestion durable des matières premières : au-delà de 1 % de croissance annuelle des consommations d'une matière, même le recyclage de la quasi-totalité des déchets n'a qu'un effet dérisoire sur la pérennisation des ressources (les gisements de minerai) et donc aussi sur les impacts cumulatifs de la chaîne d'extraction et de transformation.

Il s'ensuit que la clef d'une économie circulaire est la proportion de matières recyclées contenues dans nos biens neufs, et non la proportion de nos déchets qui est recyclée. »⁶¹

⁶⁰ Bihouix, Philippe. *L'âge des low-tech : Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris: Seuil, 2014.

⁶¹ Grosse, François. "Les limites du recyclage dans un contexte de demande croissante de matières premières." *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* 76, no. 4 (2014): 58

Effet rebond

L'écologiste François Schneider définit l'effet rebond comme « l'augmentation de consommation liée à la réduction des limites à l'utilisation d'une technologie, ces limites pouvant être monétaires, temporelles, sociales, physiques, liées à l'effort, au danger, à l'organisation... »⁶². Dit autrement, l'effet rebond désigne une situation dans laquelle ce qui est initialement économisé (que ce soit en termes d'énergie, de temps, de ressources physiques ou financières) grâce à l'utilisation d'une nouvelle technologie devient en partie voire totalement compensé à la suite d'une adaptation du comportement de la société.

A titre d'illustration, supposons qu'une avancée technologique permette de réduire sensiblement la consommation énergétique par unité de production. Le prix de revient industriel du service et / ou produit, répercuté sur le prix de vente dans un contexte concurrentiel, diminue *de facto*. Cette baisse du prix peut se traduire par un accroissement de la demande, donc de la quantité produite, ayant pour effet direct d'annuler les économies d'énergie initiales. Dit autrement, le gain relatif par unité de production est compensé par un volume de production accru (gain absolu négatif ou perte absolue). Lorsque le bénéfice obtenu est compensé par l'utilisation accrue du même produit ou service on parle d'effet rebond « local » ou direct.

Pour autant, l'augmentation de consommation ne se fait pas nécessairement avec le même type de produits ou services. Une maison mieux isolée permet de réduire sa facture énergétique et le gain financier qui s'en suit pourra être réinvesti dans l'achat d'un véhicule ou de vacances à l'autre bout du monde. Lorsque le bénéfice obtenu est compensé par l'utilisation accrue d'un ou plusieurs autres produits ou services on parle alors d'effet rebond « global » ou indirect.

Outre l'effet rebond, l'autre écueil auquel est confrontée l'économie circulaire est celui d'une détérioration de son bilan environnemental en raison des étapes supplémentaires qu'elle requiert. Par exemple, il est nécessaire de déployer des systèmes très complexes (comme par exemple la spectrométrie ou la thermographie) pour reconnaître les différents polymères plastiques composant les déchets plastiques de post-consommation comme les emballages alimentaires et ménagers. Dans certains cas, il est nécessaire de consommer beaucoup d'énergie pour séparer les constituants d'un même déchet. Ainsi, la séparation par électrolyse de l'acier de l'étain **des boîtes de conserve et canettes est très** énergivore. De la même manière, la logistique requise pour collecter les déchets à recycler peut avoir un impact défavorable sur le bilan global de l'opération de recyclage, notamment quand le maillage des infrastructures de recyclage est inégalement réparti sur l'ensemble d'un territoire. Enfin, les conditions climatiques sont également à prendre en compte. Produire des tomates sous serre au Danemark consommera plus d'énergie que de le faire en Espagne.

Quel que soit le cas, il s'agit donc de regarder le bilan global de la stratégie adoptée pour valider sa supériorité. Ainsi, la séparation par électrolyse de l'acier de l'étain **des boîtes de conserve et canettes est certes énergivore mais permet au global d'économiser 60%** de l'énergie nécessaire à la production du même minerai vierge. A cet effet de nombreux

⁶² L'Ecologiste, Edition française de The Ecologist, n°11 Octobre 2003, Vol 4, n°3, p45

outils analytiques de comptabilisation des impacts, comme l'analyse de cycle de vie, existent et permettent d'arbitrer quelle stratégie est ou non bénéfique, et surtout, dans quelle mesure.

Nous avons observé dans quelle mesure l'économie circulaire apporte des solutions concrètes aux enjeux du réchauffement climatique en particulier et du développement durable en général, au travers de démarches opérationnelles telles que le recyclage, le réemploi, la réutilisation, l'éco-conception, l'économie de la fonctionnalité et l'écologie industrielle et territoriale. Pour autant, pour que ces solutions soient et restent une réponse efficace aux enjeux auxquels nous faisons face, il est nécessaire qu'elles ne soient pas compensées par un effet rebond, qu'il soit local ou global, et / ou par une détérioration du bilan global en raison d'étapes supplémentaires impactantes.

IV. 10 pistes pour intégrer l'économie circulaire dans la lutte contre le dérèglement climatique

MESURER, COMPRENDRE, ÉVALUER

1) Promouvoir les plateformes de coopération internationale entre pays développés et en développement

Un retour d'expérience concernant plus d'un millier de villes dans le monde qui se sont engagées dans des programmes orientés vers le développement durable a été réalisé et montre que la clef de la réussite du projet est constituée d'une chaîne formelle dans la qualification des résultats de la recherche avant de les intégrer dans la base de partage commune.⁶³

Après avoir discuté les défis identifiés dans les mécanismes de traduction de l'académique vers le politique (manque de consensus scientifique, temporalités, efficacité du transfert de connaissances), le modèle de recherche collaborative adopté et testé par l'International Council for Local Environmental Initiatives est décrit. Il s'agit d'un modèle qui se base sur des coopérations locales entre villes et universités avec un partage des résultats au sein d'une plate-forme commune visant une mutualisation de la recherche et la diffusion vers l'ensemble des participants, en particulier vers les villes qui n'ont pas les moyens de se lancer dans des programmes propres.

Ainsi, fort des retours d'expériences issus de ce type d'initiative, la promotion de plateformes de coopération internationale est une priorité.

La déclaration finale du G7 du 8 juin 2015 prévoit le lancement d'une « Alliance pour l'utilisation efficace des ressources »⁶⁴. L'annexe à la déclaration précise notamment les thématiques qui pourraient être abordées au sein d'ateliers :

- Économies circulaires, conception écologique, économies collaboratives et remanufacturage
- Symbiose industrielle, c'est-à-dire l'échange de services, services collectifs et ressources dérivées entre les secteurs industriels, notamment dans des villes écoindustrielles
- Achats et produits durables, marchés publics verts, chaînes d'approvisionnement locales et prise en compte de l'utilisation efficace des ressources dans les décisions des organismes publics »

Pour autant, les pays pauvres et les pays en développement sont parties intégrantes des flux de matières premières s'organisent au niveau mondial. La coopération des pays du G7 est une première étape, beaucoup reste néanmoins à accomplir. A l'instar des négociations

⁶³ ZBOREL T., HOLLAND B., THOMAS G., BAKER L., CALHOUN K., RAMASWAMI A., Translating Research to Policy for Sustainable Cities What Works and What Doesn't ? Journal of Industrial Ecology, Special Issue on Sustainable Urban Systems, December 2012.

⁶⁴ Déclaration finale du G7, Ministère des Affaires Etrangères, 8 juin 2015 ; <http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/diplomatie-economique-et-commerce/actualites-liees-a-la-diplomatie-23093/2015/article/sommet-du-g7-participation-de>

climatiques, la prise en compte de la problématique des ressources naturelles ne peut se faire sans inclure dès le départ les pays en développement.

2) Employer l'approche consommation en complément de l'approche territoire pour les accords de réduction des émissions de gaz à effet de serre

Comme nous l'avons vu, la méthodologie de comptabilité des émissions de gaz à effet de serre selon l'approche territoire n'offre qu'une vue partielle du poids carbone des économies nationales. Beaucoup des émissions des pays développés sont en fait situées dans les pays en développement, et le respect des engagements du protocole de Kyoto depuis 1990 s'est réalisé via une désindustrialisation partielle des pays développés et au dépend d'une augmentation des émissions dans des pays en développement et au prix d'un ralentissement de l'activité économique des pays développés subi depuis 2008.

L'économie circulaire propose ainsi une approche en cycle des engagements climatiques des Etats, qui relève du principe d'équité et permettrait d'évaluer réellement les politiques climatiques mises en place.

3) Améliorer les bases de données régionales et territorialiser les problématiques

Pour mieux établir la connaissance des métabolismes territoriaux, les modèles statistiques au niveau des Etats sont largement partagés au niveau européen ou global afin d'étudier l'impact de la société sur son milieu (Eurostat, 2001)⁶⁵.

Le service de la statistique du ministère de l'écologie français (SOeS, 2014)⁶⁶ a publié un guide pour la réalisation d'analyses de flux de matières et d'énergie au sein des territoires, régions et départements.

Les analyses de flux de matière préconisés à l'échelle territoriale locale donnent lieu à des réalisations sporadiques et non coordonnées, entreprises par des acteurs hétérogènes sans mutualisation. Les coûts sont de l'ordre de 50 K€ par région désireuse de se lancer dans ce type de réalisation. Soient autour de 1 M€ si l'opération est appliquée à l'ensemble d'un pays comme la France (ce qui est souhaité). Cette mesure de la matérialité de la société doit être reproduite régulièrement (tous les 3 à 5 ans) pour permettre de suivre et d'identifier les résultats des politiques publiques et industrielles mises en place.

Les agences statistiques nationales pourraient avoir la charge de produire au profit des collectivités (régions) les éléments statistiques nécessaires à l'analyse des flux de matières. Les éléments manquants (principalement les statistiques relatives aux déchets d'activités économiques) seront remontées de l'échelon local. Ces réalisations mutualisées peuvent aussi être suivies scientifiquement par le monde scientifique et académique.

⁶⁵ EUROSTAT, Economy wide material flow accounts and balances with derived resource use indicators. A methodological guide, Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2001.

⁶⁶ [SOeS, 2014] SOeS, Commissariat Général au Développement Durable, Comptabilité des flux de matières dans les régions et les départements Guide méthodologique, Références, Juin 2014.

FINANCER LA TRANSITION

4) Appliquer une taxe carbone pour engager la transition vers un modèle d'économie circulaire

La réduction des émissions de GES requiert de mobiliser des montants importants (100 milliards de dollars chaque année d'ici à 2035). A cet effet, plusieurs outils ont été développés et permettraient de réunir les fonds nécessaires.

Si 76 % des financements climatiques sont dépensés par les pays sur leur propre territoire, moins de la moitié des engagements pris à Cancun (100 milliards par an d'ici 2020) pour que les pays développés investissent dans des projets de réduction des émissions de GES a été finalisé. Le Climate Policy Initiative estime ainsi que les financements climatiques d'origine publique dépensés en 2012 par les pays développés dans les pays en développement s'élevaient à un montant compris entre 34 et 47 milliards de dollars.

C'est le cas de la récente loi française relative à la transition énergétique pour la croissance verte l'entérine : « Le Gouvernement se fixe pour objectif, pour la composante carbone intégrée aux tarifs des taxes intérieures sur la consommation des produits énergétiques inscrites au tableau B du 1 de l'article 265 du code des douanes [i.e. les produits énergétiques d'origine fossile], d'atteindre une valeur de la tonne carbone de 56 € en 2020 et de 100 € en 2030. »⁶⁷

En se basant sur la consommation actuelle des ressources énergétiques fossiles en France, nous avons donc cherché à évaluer ce que représenterait une telle taxe.

La première étape consiste à établir le bilan carbone des consommations énergétiques d'origine fossile en France. Nous nous basons pour cela sur les données pour l'année 2013 issues du document *Repères - Chiffres clés de l'énergie Édition 2014*⁶⁸ du CGDD. Les facteurs d'émission retenus sont tous issus des lignes directrices du GIEC transmises aux Etats pour les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre³ (Illustration 1). Le facteur d'émission approximé et retenu pour les *produits pétroliers et affinis* est de 3,1

Type de combustible	Consommation totale en 2013 (Mtep)	Facteur d'émission (t CO2/tep)	Emissions CO2 (MtCO2e)
Charbon	5,5	4,0	22,0
Produits pétroliers et affinis	73,2	3,1	226,9
Gaz naturel	33,4	2,3	76,8
Total			325,7

tCO2/tep. Les résultats obtenus sont affichés dans le tableau suivant.

⁶⁷ LOI n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte – Titre Ier, Article 1, VIII

⁶⁸ CGDD, 2015. Chiffres clés de l'énergie – Edition 2015. *Repères*. 50p.

Figure 31 Emissions de dioxyde de carbone liées à la consommation de combustibles fossiles en 2013

Dans un second temps, nous pouvons calculer les revenus prévisibles liés à la hausse de la contribution climat-énergie telle qu'elle est prévue par la loi TECV. Nous ne tenons néanmoins pas compte des exonérations en place et de la très probable chute de la consommation des énergies fossiles liée à la hausse rapide de la taxe carbone.

Revenus prévisionnels liés à la mise en place d'une taxe carbone (sans changement de consommation) :

Emissions CO2, pour l'année 2013 (MtCO2e)	M€ - Revenu actuel (14,50 €/tCO2)	M€ - Revenu 2016 (22 €/tCO2)	M€ - Revenu 2020 (56 €/tCO2)	M€ - Revenu 2030 (100 €/tCO2)
325,7	4 722,7	7 165,4	18 239,2	32 570,0

Ces revenus n'ont pas vocation à être atteints puisque la mise en place progressive d'une taxe carbone ambitieuse de rediriger les investissements privés vers les ressources énergétiques non polluantes. L'ordre de grandeur des résultats obtenus montre tout de même que la puissance publique se dote d'une force de frappe conséquente en termes de capacité d'investissements, qui s'avéreront par ailleurs nécessaires pour accompagner le déploiement des énergies renouvelables et l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Plutôt que d'une hausse, il est préférable d'évoquer une réallocation de la fiscalité créatrice de valeur. Pour rappel, les taxes environnementales représentent actuellement à peine plus de 4 % des prélèvements totaux en France (la moyenne est de 6 % dans l'UE) contre 52 % pour le travail. Une récente étude néerlandaise⁶⁹ montre qu'une fiscalité plus « économie circulaire » sans augmentation des prélèvements totaux permettrait de générer 650 000 emplois aux Pays-Bas tout en répondant aux défis environnementaux.

L'application d'une taxe sur le carbone ajouté⁷⁰ pourrait par ailleurs permettre de réduire la part d'émissions importées évoquée précédemment et participerait à la relocalisation d'unités de production sur les territoires des Etats.

5) Créer une prime à la tonne de CO2 évitée afin de favoriser l'utilisation de matière première secondaire

Actuellement, de manière générale, les matières recyclées sont moins compétitives face aux matières vierges favorisant ainsi l'économie linéaire. Dans ce contexte, comment développer l'utilisation des matières recyclées dans une démarche d'économie circulaire ?

⁶⁹ Groothuis, 2014. New era. New Plan. Fiscal reforms for an inclusive, circular economy, The Ex'tax Project, 166p.

⁷⁰ Laurent, Éloi, and Jacques Le Cacheux. "Carbone sans Frontières." *Revue de l'OFCE* 122, no. 3 (2012): 83–98.

La proposition, développée par FEDEREC, revient à mettre en place une prime liée au bénéfice environnemental de l'utilisation de matière issue du recyclage.

32 Le développement ralenti du béton de terre dans le secteur de la construction

Les réglementations actuelles dans le secteur du bâtiment favorisent les économies d'énergies réalisées dans le domaine de la rénovation. Une solution comme le béton de terre est employable lors de la construction, il stocke la chaleur et la restitue lentement au fur et à mesure du changement de l'exposition. Toutefois il n'est pas reconnu par la norme RT 2012 qui privilégie l'isolation et l'évitement du transfert/déperdition de chaleur et ne reconnaît donc pas la qualité du béton de terre.

D'après la société Ideamater, la construction d'un logement de 100m² en béton de terre permettrait d'éviter de 5 à 8 tonnes d'émissions de CO₂ par rapport à une construction en béton, du fait de l'utilisation réduite de ciment (en moyenne 168kg de ciment pour le béton-terre contre 4,2t pour le béton). Les réglementations existantes ne permettent donc pas toutes de promouvoir des solutions plus écologiques, et favorisent parfois des matériaux de constructions plus émetteurs de gaz à effet de serre et moins écologiques.

6) Financer la transition vers une économie circulaire en déployant des monnaies complémentaires territoriales

Cette proposition formulée par Michel Aglietta, contenue dans la deuxième partie rapport intitulé « D'autres monnaies pour une nouvelle prospérité » et remis le 8 avril 2015 par Jean-Philippe Magnen et Christophe Fourel, permettrait de contribuer au financement de l'économie circulaire et de redynamiser les circuits de proximité :

« Les monnaies locales ou complémentaires portent le lien social de la monnaie en favorisant des échanges réciproques dans des espaces géographiques relativement petits. Elles sont adaptées à l'économie circulaire. Ces monnaies sont complémentaires dès lors qu'elles ne constituent pas des systèmes de paiements fermés sans possibilités de conversion en d'autres formes de réserve de valeur. Les monnaies complémentaires peuvent être achetées et vendues contre la monnaie légale ou toute autre devise à des taux de change éventuellement variables, mais bien définis. Leurs systèmes de paiements sont donc connectés aux systèmes de paiements des monnaies légales ; ce qui implique une régulation par les émetteurs. En effet, si une monnaie locale est libellée dans une unité de compte qui n'est pas la monnaie légale et si les avoirs dans ces monnaies n'ont pas à être convertibles au pair en monnaie légale, le contrôle de l'offre est laissé à l'émetteur qui est une entreprise non financière.

L'émetteur joue un rôle crucial dans le système de paiement qui fonctionne comme un système tripartite où les comptes des participants sont tenus par l'émetteur et où donc les paiements sont des transferts de créances sur la dette de l'émetteur. Ces paiements entraînent des risques de crédit, de liquidité et d'opération. Le système de paiement est équivalent à un système de paiements au détail en ce qu'il s'agit de nombreux paiements de valeur unitaire faible. Pour limiter les risques, le règlement est effectué généralement sur une base brute en temps réel. Les instructions de paiements sont donc traitées une à une. L'économie circulaire peut donner une impulsion aux monnaies locales en ce qu'elle incite à développer la fonction de moyen d'échange en densifiant les transactions réciproques dans

un territoire. Une plus grande vélocité de la monnaie peut accroître l'activité économique sur la base de flux de biens et services produits et consommés localement. »⁷¹

ENGAGER LA TRANSITION

7) Inscrire les approches en cycle de vie dans les politiques nationales et la commande publique

Les politiques nationales menées par les Etats sont essentielles pour booster l'économie circulaire. De nombreuses incitations économiques telles que les taxes, les dépôts, la gestion des déchets, sont régulées à l'échelle nationale, régionale ou municipale. Par conséquent, il est nécessaire de demander aux Etats de mettre en place des programmes d'action nationaux pour l'économie circulaire.

Le travail de sensibilisation des entreprises et la montée en compétences des entreprises nécessitent le déploiement d'une logistique réelle et concrète destinée à la montée en compétences.

Une première étape serait l'engagement de ces acteurs à proximité des entreprises des formations professionnelles destinées à faire évoluer les entreprises vers la prise en compte de l'ensemble des coûts du cycle de vie des produits et la valorisation de la proximité dans une optique de répondre dans un second temps aux appels d'offres publics mettant en avant ces critères. Profiter de cette mise en place pour la prise en compte des flux logistiques réels des entreprises telle que précédemment proposée.

33 L'intégration très faible des clauses environnementales ou sociales

Le nombre d'acheteurs publics en France est estimé à environ 100 000. Autorisées seulement depuis 2006, les clauses environnementales ou sociales sont susceptibles d'influencer la commande publique lorsqu'elles sont incluses dans les appels d'offres. Malgré cette « autorisation », on constate la sous-représentation des critères environnementaux ou sociaux dans les marchés publics⁷². Les contrats comportant ce type de clauses sont passés de 1,6% en 2007 à 6% en 2013 selon les chiffres de l'Observatoire économique de la commande publique du Ministère de l'économie⁷³.

⁷¹ Michel Aglietta, *Monnaie et développement durable, Mission d'étude sur les monnaies locales complémentaires et les systèmes d'échange locaux* – Deuxième partie, 2015

⁷² Vincent Aurez, Laurent Georgeault, *Inscrire les politiques publiques dans l'économie de fonctionnalité : une nouvelle donne en faveur de l'économie circulaire*, Note d'orientation – Institut de l'économie circulaire, 2015

⁷³ Source: Ministère de l'Économie, Direction des affaires juridiques, Observatoire économique de la commande publique. Données chiffrées : recensement des marchés publics.

Marchés publics - Clauses Spécifiques	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total des marchés de plus de 90 000 € recensés							
dont clauses sociales	1,60%	1,50%	1,90%	2,50%	4,20%	4,30%	6,10%
dont clauses environnementales	1,30%	2,10%	2,60%	5,10%	5,50%	5,40%	6,70%

8) *Démultiplier les expérimentations locales*

Les démarches territoriales d'écologie industrielle à des échelles très locales, zones d'activité, intercommunalités ou encore pays, sont orientées vers les échanges de matières, d'énergie et aussi de capacités logistiques. Par exemple, dans le cas de la démarche du club d'écologie industrielle de l'Aube, une plate-forme logistique commune a été créée entre deux industriels locaux, autorisant une performance logistique meilleure et le développement des sociétés concernées en libérant du foncier au sein de leurs établissements. Il est difficilement envisageable d'initier directement pour les 20 à 30 000 zones d'activités ce genre de démarche, même si elles ne devaient concerner que les aspects logistiques. De plus, la faiblesse des périmètres traités jusqu'à présent (20 à 25 entreprises par démarche) et le caractère ponctuel de ces réalisations limitent (voire interdisent) les synergies liées aux transports (remplir les camions suite aux livraisons).

9) *Etendre les programmes de Responsabilité Elargie du Producteur*

Etendre, renforcer et harmoniser les programmes de Responsabilité Etendue du Producteur existants, dans le but de prévenir la production de déchets. Ces programmes récompensent les producteurs de produits circulaires avec des taux réduits, tout en créant de nouveaux emplois et en générant des fonds à investir dans la gestion des déchets. Un exemple récent d'organisation de responsabilité du producteur (éco-organismes en France) ayant réussi est le REDISA en Afrique du Sud.

Les organismes internationaux pourraient fournir aux Etats une « boîte à outils » afin de renforcer l'état de l'art des programmes de REP. Elle pourrait également être à l'initiative d'études et de programmes pilotes pour une approche européenne de la généralisation de l'économie circulaire, avec une approche globale qui laisserait suffisamment de marge aux Etats pour définir leur propre politique d'économie circulaire.

10) *Garantir la cohérence entre les traités internationaux environnementaux et commerciaux.*

La proximité est un concept clef de l'économie circulaire. Sa traduction est relative selon les acteurs et les flux à considérer mais des exemples très concrets de son application ont déjà été mis en œuvre concernant le domaine de la finance.

Des projets industriels ont par exemple émis, pour se financer, des obligations dont les taux étaient fonction de la proximité géographique de l'investisseur. Plus la proximité du projet était immédiate, plus le taux était élevé. Ainsi le projet compensait ses externalités négatives de façon progressive vis à vis de ceux qui les subissaient.

Ce principe peut aussi être décliné au sein de systèmes d'échanges locaux afin de diminuer les distances parcourues des biens, par exemple dans le domaine de l'agriculture.

La prise en compte du principe de proximité dans une politique d'économie circulaire nous amène à conclure cette étude en soulignant la nécessité d'une cohérence entre traités internationaux. L'hypothèse d'une signature d'un accord sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre en 2015 couplée à une signature imaginable d'un traité commercial international interdisant tout principe de localité⁷⁴ poserait des interrogations légitimes sur la capacité des économies à réduire notamment l'impact des émissions de GES liées au transport.

⁷⁴ Maxime Combes. "TAFTA : Sous Couvert de Transparence, l'UE Sacrifie Le Climat !" *Blog Mediapart*, février 2015.

Postface de Jean-Claude Lévy : L'importance des collectivités territoriales dans la mise en place d'économies circulaires



Jean-Claude Lévy

Chargé par Madame la Secrétaire d'Etat au Développement et à la Francophonie d'une mission sur l'économie circulaire dans les pays émergents et dans les pays en développement

Conseiller spécial auprès du Délégué pour l'action extérieure des collectivités territoriales

Ministère des Affaires Etrangères et du Développement International

En décembre 2015 à Paris, la COP 21 pourrait être l'occasion de trouver un accord entre les représentants de 195 Etats qui y seront représentés, afin de limiter le réchauffement climatique de la planète à 2 °.

Si les 15 pays les plus émetteurs s'engagent réellement à ce sujet et suivent les propositions contenues dans la présente étude, l'objectif sera atteint : la commande publique, les systèmes de taxe et les cahiers de charge adaptés pour un approvisionnement bas carbone en seront alors les principaux outils. Une taxe sur les transactions financières, proposition reprise dans le rapport Canfin/Grandjean pourrait aussi constituer un outil équitable de financement de la transition. Par-delà les outils et procédures déjà attendus de la COP21, il convient d'examiner les atouts de l'Economie circulaire tel que nous l'avons défini avec Vincent Aurez en 2013⁷⁵ c'est à dire en tant que dispositif de politique publique intégrative, qui émerge notamment dans les politiques locales et dont les deux composants fondamentaux sont les circuits énergétiques et l'aménagement du territoire.

Il s'agit alors d'une *trajectoire* de l'économie circulaire, hypothèse qui selon moi appartient principalement aux pouvoirs locaux, envisagée dans la longue durée, comme Walter Stahel le suggère par ailleurs. L'hypothèse de l'économie circulaire correspond à l'émergence d'un *mouvement* complexe, philosophique et dynamique. Ce mouvement a *une direction* dans l'espace et le temps – ce dernier n'est pas linéaire, ni circulaire. Et ce mouvement dure peut-être depuis des civilisations et des territoires « premiers » - l'instar des « arts premiers » du Musée du même nom à Paris, vers les civilisations qui se déroulent aujourd'hui par le monde.

⁷⁵ Jean-Claude Lévy, Vincent Aurez, *Economie circulaire, écologie, et reconstruction industrielle ?*, CNCD 2013

Ce mouvement épouse donc une trajectoire historique inscrite dans la très longue durée, principalement portée à la sobriété, quant à l'utilisation des ressources naturelles et des matières premières, pour aller vers des civilisations attentives au développement des écosystèmes et de la biodiversité, tout en garantissant un haut niveau de développement humain tel que défini par les Nations Unies.

Il n'est certainement pas réductible à une visée économique contemporaine – fût-elle circulaire, néanmoins pour l'instant extrêmement réductrice. En regard de la crise écologique, économique et politique, qui interroge tous azimuts les populations de la planète entière, c'est l'habitabilité même de celle-ci qui frappe parfois cruellement de nombreuses ethnies, des peuples, des nations contemporaines, qui se heurtent aujourd'hui à une sorte d'ethnocentrisme des économistes : *« On peut considérer aujourd'hui que l'histoire économique, après Max Weber et l'ethnographie économique, après Malinowski, convergent dans une dénonciation de l'ethnocentrisme de la science économique lorsqu'elle impute des motivations universelles à un « homo oeconomicus » imaginaire. Loin d'atteindre alors une clé universelle les économistes ne feraient que projeter sur les comportements d'autrui leurs propres raisonnements, historiquement et culturellement situés. »* (Florence Weber. P. 42, *Présentation de Marcel MAUSS, Essai sur le don. Ed. PUF, 2012*).

Ce mouvement singulièrement critique se doit en conséquence d'épouser une trajectoire principalement portée à la sobriété, quant à l'utilisation des ressources naturelles et des matières premières, pour aller désormais vers des civilisations attentives au développement des écosystèmes et de la biodiversité, tout en garantissant un haut niveau de développement humain, tel que les Nations Unies tentent de le faire émerger.

UNE TRAJECTOIRE ECOLOGIQUE, ECONOMIQUE ET POLITIQUE

Cette trajectoire se déroule déjà concrètement, avec plus ou moins de bonheur au XXI^e siècle. Elle est formellement - matériellement - observable et analysable (1), quoiqu'à des états inégaux de développement, sur plusieurs territoires circonscrits...

Il n'est pas inutile d'aller en Chine pour voir cela, ou à Kalunborg au Danemark, ou encore par exemple au Québec, à la fromagerie de Charlebois : mais ceci est aussi pareillement observable de façon significative en France, sur l'éco-site de Vert-le-Grand (2), dans l'Essonne, à la Bio-raffinerie de Bazancourt-Pomacle (3), en Champagne, ou tout près de Revel au sein de la Société d'Intérêt Collectif d'Organic Vallée.

Nous voyons bien comment, à l'échelle de 3 ou 4 générations, partant de la coopération agricole, à Bazancourt comme à Organic vallée, un capital industriel ou agro-industriel peut contribuer à établir un territoire susceptible d'être désigné comme une étape de cette trajectoire écologique et néanmoins économique en question.

ENTRE CIEL ET TERRE, LE COUPLE ENERGIE/TERRITOIRE

L'économie circulaire rencontre la question du climat et du réchauffement climatique d'origine anthropique (ou non), et elle s'inscrit :

- d'une part sur des territoires bien tangibles, au sein de la biosphère, à la source, au cœur de l'usage modéré et de la restitution optimale des flux naturels de la matière organique (carbone, hydrogène, oxygène, azote, phosphore, soufre) ou inorganique,
- et d'autre part à la faveur d'un mouvement qui ne saurait advenir sans la mobilisation de l'énergie, qui se pose nécessairement, elle-aussi, au cœur de l'usage et de la transformation des flux-matière considérés.

Qu'il s'agisse d'écologie industrielle, d'éco-conception, de bio-économie, d'économie de fonctionnalité, etc., ou de la formule un peu tautologique « écologie industrielle et territoriale », la lutte contre le réchauffement climatique confine à modifier la biochimie du couple énergie/territoire, en faveur d'une dépense énergétique moindre, de telle sorte que

les diverses activités économiques, industrielles, agricoles, etc., si l'on peut dire, ne portent tout simplement pas atteinte au déroulement de la vie.

BIO-ALCHIMIE DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE : VERT-LE GRAND

Le site danois de Kalunborg a par exemple fait fortune depuis une bonne quinzaine d'années, des lois sont déjà en vigueur ici ou là et en France la loi sur la Transition énergétique conduit vers la même direction. Mais en France comme ailleurs, en termes d'approche scientifique, il n'existe toutefois qu'un nombre très certainement limité de travaux financés, y compris pour des thèses, sur l'économie circulaire.

Bien que celle-ci tende à occuper, de plus en plus souvent, le devant de la scène socio-économique et médiatique, elle se joue encore et ne saurait se donner en spectacle que sous un chapiteau clos ! Le « bouclage » scientifique du concept d'économie circulaire est à peine ébauché, il n'est pas encore identifié des points de vie anthropologique et ethnologique, mais un vaste territoire est ouvert à la dimension même de la géographie de COP21. Et c'est certainement pour des raisons d'élaboration conceptuelle tout autant que de confidentialité et de concurrences économiques que son expérimentation est pour le moins discrète. C'est au demeurant parce que les investissements que l'économie circulaire sollicite - et les retours qu'elle en escompte (tant publics que privés), sont principalement hypothétiques, à grande échelle, et relèvent d'incertitudes scientifiques et de légitimes spéculations.

La connaissance ne saurait bien évidemment être le produit tendanciel de quelque cirque ou ronde médiatique, ni relever d'une séduisante alchimie pré scientifique : la trajectoire scientifique de l'économie circulaire est néanmoins maintenant incrustée dans une triple réalité scientifique, technologique et politique, d'une part dans les décharges puantes des métropoles contemporaines, d'autre part dans les bio-raffineries qui observent, analysent, préfigurent et concourent à la définition de modes de production compatibles avec la biodiversité, avec son renouvellement sinon avec son maintien.

Dans cette perspective très concrète, l'exemple de Vert-le-Grand est compatible pour éclairer à court terme la trajectoire de l'économie circulaire, à moyen terme celle du réchauffement climatique et à long terme celle d'une civilisation écologique qui se cherche ici de deux façons.

A Vert-le-Grand

Au cœur d'une décharge des déchets ménagers des millions d'habitants de l'Île-de-France à Vert-le-Grand, à moins de 30 km du centre de Paris, le Groupe SEMARDEL est une société d'économie mixte (70 % communes/collectivités publiques et 30 % privé – Caisse des dépôts, CCI, SOREC) dirigée par un élu local. La SEMARDEL et ses filiales animent depuis une trentaine d'années un site de 200 hectares consacrés au développement de l'économie circulaire, à partir de la collecte, de récupération, de l'incinération et de la valorisation des déchets : soit 110 400 Mégawatts-heure d'électricité par an (déchets ménagers), 27 274 Mwh électriques + 36 500 Mwh thermiques /an (biogaz issu du stockage de déchets) et 24 000 Mw/h/an (équivalent des plaquettes urbaines produites sur l'éco-site, partant des communes du syndicat intercommunal).

Les modes de traitement de l'éco-site permettent de valoriser de nombreuses matières

premières recyclées à destination des industriels et professionnels spécialisés. Les filiales de SEMARDEL (SEMARIV – Incinération, SEMAVERT – enfouissement, plateforme de compostage – SEMAER – transport des déchets, SEMAVAL recyclage des encombrants et des déchets d'activité) traitent 800 000 tonnes de déchets par an et en valorise plus de 300 000 t. Compte tenu du contexte agricole essonnien, la collecte sélective des déchets végétaux et la production de compost vert (20 000 t) devrait progresser vers les agriculteurs locaux. Dans le domaine de la surveillance des impacts, un réseau d'analyse a été mis en place : il dépasse les obligations réglementaires prescrites à SEMARDEL et ses filiales. En termes de bilan carbone, les émissions évitées par SEMARDEL représentent déjà 40 à 90 % des émissions générées. La SEMARDEL fonctionne selon les normes classiques du marché, autofinçant ses activités et recourant à l'emprunt pour financer les projets les plus importants.

Les réunions publiques, régulièrement organisées par le Groupe SEMARDEL avec le voisinage, permettent de communiquer sur les résultats observés. Un réseau d'alerte olfactive a été mis en place en 2004, il repose sur la participation des riverains et permet d'être réactif en cas de dérive. Il en est de même pour la surveillance des rejets atmosphériques surveillés avec un prélèvement en continu sur les dioxines et les furanes. L'impact des transports a aussi été pris en considération et un engagement fort pour la réduction de la pollution de l'air a été pris : SEMAER a fait l'acquisition de 22 poids lourds de collecte de déchets fonctionnant au gaz naturel. Enfin, Pour améliorer sa gestion opérationnelle, SEMARDEL s'est aussi engagée dans un programme poussé d'étude de la biodiversité sur l'ensemble de ses sites et mène des actions permettant, d'une part de la préserver, d'autre part de surcompenser ses impacts. SEMARDEL s'est porté acquéreur de forêts et mène des actions de préservations spécifiques de leur biodiversité.

CONCLUSION

L'hypothèse de l'économie circulaire ne saurait être enfermée dans un site ou une institution, qui serait alors par miracle le dépositaire d'une vérité quadruple, scientifique, économique, politique et administrative. Le modeste exemple de Vert-le-Grand, porté par des collectivités territoriales et par des entreprises industrielles, ponctue explicitement la construction sociale, le sens de la trajectoire dessinée ici par l'Institut de l'économie circulaire - conjointement avec EY : plus qu'un état de crise écologique, économique et sociale, la voie de l'économie circulaire répond certainement de façon générale et à l'exercice d'une mutation de notre mode de production, de consommation et d'échange notamment vers une société «bas-carbone ».

Jean-Claude Lévy

14 septembre 2015

(1) Cf. *L'économie circulaire : un désir ardent des territoires transition écologique*, Jean-Claude LEVY, Vincent AUREZ, déc. 2014, Ed. des Ponts et Chaussées

(2) SEMARDEL, Vert-le-Grand, www.ordif.com/public/structure/groupe-semardel

(3) *Bio-raffinerie 2030, Une question d'avenir* : www.editions-harmattan.fr

Remerciements

L'Institut de l'économie circulaire et EY tiennent ici à remercier l'ensemble des interlocuteurs rencontrés pour leur disponibilité et la qualité de leurs contributions.

Alain Geldron, ADEME

Anne de Bethencourt, Fondation Nicolas Hulot

Antidia Citores, Surfrider Foundation

Antoine Pereira da Vale, Yprema

Arab Hoballah, Programme des Nations Unies pour l'Environnement

Céline Gueguen, CITEPA

Christophe Jozon, Eurovia

Claire Douence, Union Nationale des Distilleries Vinicoles

Claude Laveu, EDF

David Amar, C2C Community

Emilie Machefaux, ADEME

Gabrielle Desarnaud

Jacques Degroote, Algonesia

Javier Torres, EDF

Jean-Christophe Barre, La bécane à Jules

Jean-Luc Da Lozzo, Organic' Vallée

Jérôme Boutang, CITEPA

Julien Vincent, CITEPA

Marine Braud, Agence Française de Développement

Maximilien Rouer, Greenflex

Mélanie Blondiaux – Marconville, Tereos

Michel Veillard, Projet perpétuel Renouveau

Mouloud Chegrani, Ideamater

Nicolas Imbert, Green Cross

Nora Medger, FEDEREC

Pierre Racicot, VRlc

Romain Ferrari, Serge Ferrari

Sébastien Helet, DISLAUB

Vivian Depoues, CDC Climat Recherche

A PROPOS DE L'INSTITUT DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

L'Institut de l'économie circulaire est une association multiacteurs dont l'ambition est de :

- ▶ Fédérer et impliquer tous les acteurs et experts concernés dans une démarche collaborative
- ▶ Mutualiser les compétences et ressources, de manière à mener des réflexions collectives sur les sujets associés à l'économie circulaire
- ▶ Faciliter les échanges de savoir et d'expérience entre tous les experts et acteurs impliqués
- ▶ Promouvoir et dynamiser la recherche, l'expérimentation et les réalisations concrètes sur l'économie circulaire
- ▶ Faciliter la création de synergies entre les acteurs afin de favoriser l'émergence de projets multipartites
- ▶ Faire évoluer la législation et la réglementation pour dynamiser l'économie circulaire
- ▶ Communiquer afin d'assurer la promotion de l'économie circulaire et améliorer ainsi sa compréhension par le plus grand nombre

A PROPOS D'EY

EY est un des leaders mondiaux du conseil, de l'audit, de la fiscalité et du droit, des transactions. Partout dans le monde, notre expertise et la qualité de nos services contribuent à créer les conditions de la confiance dans l'économie et les marchés financiers.

Constituée en 1994, l'équipe Environnement et Développement durable d'EY en France a pour vocation d'accompagner les projets de transformation et de mettre en place le pilotage de la performance intégrée. Forte de plus de 80 consultants entièrement dédiés, notre équipe regroupe des compétences en ingénierie technique, économie, finance, marketing, droit, communication et d'expériences préalables en entreprises, institutions publiques et ONG. Elle collabore avec un réseau international de 700 consultants, auditeurs et avocats. Spécialisés par secteur d'activité, ils accompagnent les entreprises et les structures publiques. De toutes tailles et de tous secteurs, plus de 500 clients leur font confiance, dont plus de la moitié du SBF 120.



EYrnst & Young et Associés
Tour First
1, place des Saisons
92400 Paris - La Défense Cedex

Tél. : +33(0)146936000
www.ey.com/fr