

Décembre 2013

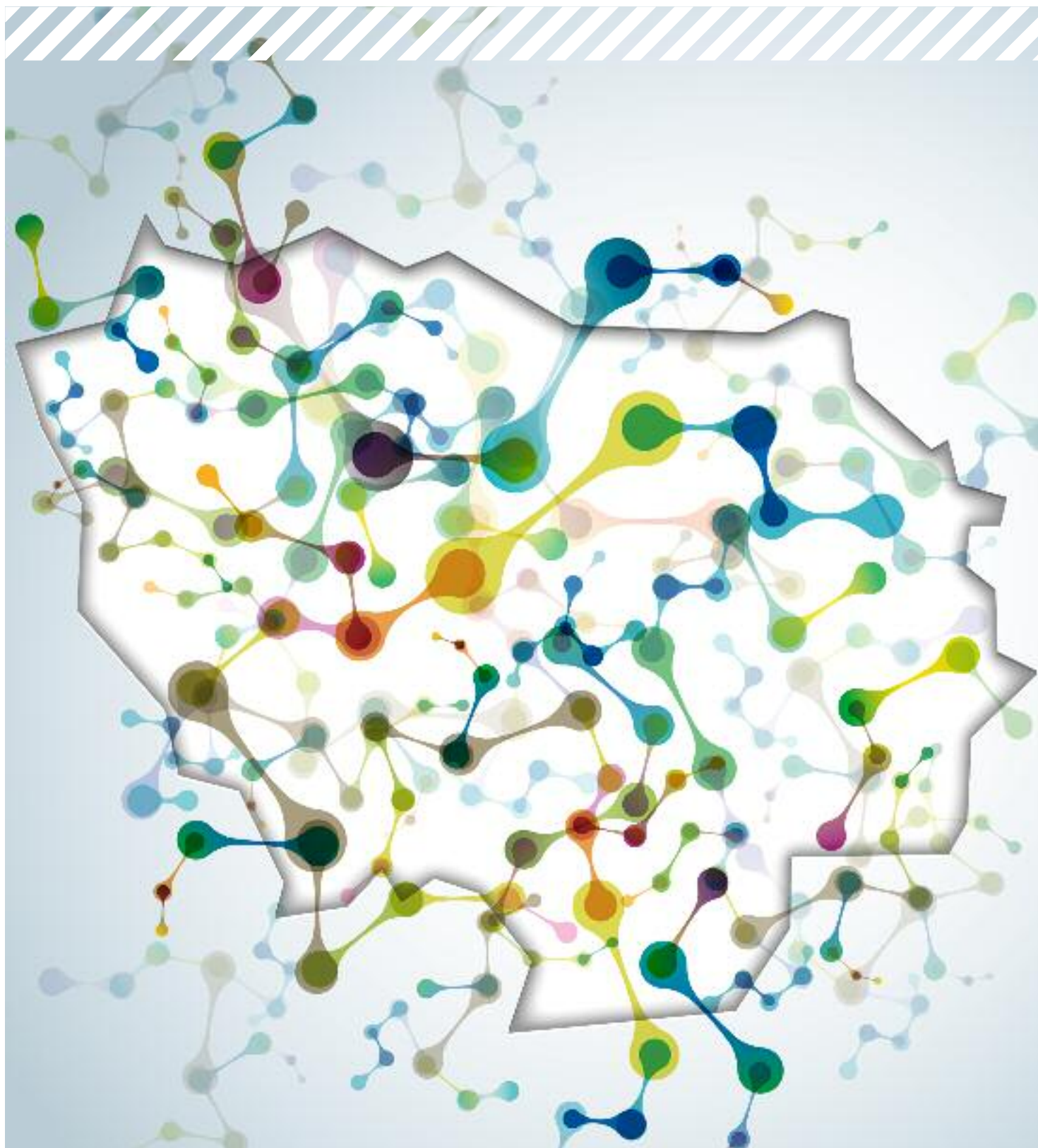
# Économie circulaire, écologie industrielle

Éléments de réflexion à l'échelle de l'Île-de-France



INSTITUT  
D'AMÉNAGEMENT  
ET D'URBANISME

ÎLE-DE-FRANCE





# Économie circulaire Écologie industrielle

Éléments de réflexion  
à l'échelle de l'Île-de-France

Décembre 2013

**IAU Ile-de-France**

15, rue Falguière 75740 Paris cedex 15  
Tél. : + 33 (1) 77 49 77 49 - Fax : + 33 (1) 77 49 76 02  
[www.iau-idf.fr](http://www.iau-idf.fr)

Directeur général : François Dugeny

Départements Environnement Urbain et Rural et Economie et Développement Local

Directeurs : Christian Thibault et Anne-Marie Romera

Étude réalisée par Sandrine Gueymard et Cristina Lopez

Comptabilité de flux de matières réalisée par Noémie le Grand

Infographie réalisée par Pascale Guery

N° d'ordonnement : 00.00.00

Crédit illustration couverture : Pascale Guery



# Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introduction</b> .....  | <b>03</b> |
| <b>1. Éléments de contexte et fondements de l'économie circulaire</b> .....                  | <b>05</b> |
| <b>1.1 La consommation de ressources pèse sur la dynamique de croissance</b> .....           | <b>05</b> |
| Entre quantités disponibles et besoins à couvrir, une adéquation problématique .....         | 05        |
| Des progrès techniques encore insuffisants pour stabiliser la consommation de ressources .   | 07        |
| Des métaux rares essentiels pour « décarboner » l'économie .....                             | 08        |
| <b>1.2 Le recyclage, un enjeu stratégique</b> .....  | <b>09</b> |
| Des gisements de déchets qui augmentent avec la croissance .....                             | 09        |
| Une filière de production de matières en plein développement .....                           | 10        |
| Des politiques publiques qui accompagnent la dynamique de recyclage .....                    | 12        |
| <b>1.3 Au-delà du recyclage, tendre vers une économie circulaire</b> .....                   | <b>13</b> |
| Quels sont les principes de fonctionnement de ce nouveau modèle économique ? .....           | 14        |
| Les bénéfices économiques pour les entreprises .....   | 15        |
| Le rôle central des pouvoirs publics .....   | 16        |
| Les premiers pas de la France en matière d'économie circulaire .....                         | 18        |
| <br>   |           |
| <b>2. Métabolisme économique francilien : quels potentiels d'économie circulaire ?</b> ..... | <b>19</b> |
| <b>2.1 Les flux de matières mobilisées par les activités économiques</b> .....               | <b>19</b> |
| Une comptabilité de flux de matières en développement à l'échelle régionale .....            | 19        |
| Un écosystème économique particulièrement ouvert vers l'extérieur .....                      | 20        |
| Des dépendances structurelles vis-à-vis de certaines matières .....                          | 21        |
| Des aires d'approvisionnement différenciées en fonction des ressources .....                 | 23        |
| Les potentiels de l'économie circulaire au regard de l'analyse de flux .....                 | 23        |
| <b>2.2 État des lieux sur la production de déchets et leur valorisation</b> .....            | <b>24</b> |
| Un gisement conséquent .....   | 24        |
| Modes de traitement : des efforts de valorisation à encourager .....                         | 24        |
| Des dynamiques de développement diverses selon les filières de recyclage .....               | 30        |
| <b>2.3 Des enjeux spécifiques en matière de circularité, le cas du secteur BTP</b> .....     | <b>33</b> |
| <b>2.4 Des signaux encourageants pour la mise en place de l'économie circulaire</b> .....    | <b>35</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3. Écologie industrielle :<br/>quels retours pour l’Ile-de-France?</b>                         | <b>38</b> |
| <b>3.1 Des initiatives territoriales de plus en plus nombreuses<br/>à l’étranger et en France</b> | <b>38</b> |
| <b>3.2 Des projets d’écologie industrielle très diversifiés</b>                                   | <b>40</b> |
| Le partage d’infrastructures ou d’équipements   | 40        |
| La mutualisation de services ou d’offres de services proposés aux salariés                        | 40        |
| L’échange de flux industriels   | 40        |
| La création de nouvelles activités  | 40        |
| <b>3.3 Quelques expériences pilotes en Ile-de-France</b>  | <b>43</b> |
| <b>3.4 Retours d’expériences et enseignements</b>   | <b>45</b> |
| Une bonne connaissance des flux<br>et la présence d’une ou plusieurs possibilités de symbiose     | 45        |
| Intérêt économique au changement et à l’échange   | 45        |
| Le développement d’une culture de coopération et de confiance mutuelle                            | 46        |
| La présence d’une structure d’intermédiation et d’animation du projet                             | 46        |
| Bénéficier d’un cadre réglementaire favorable   | 46        |
| Volonté, impulsion et implication des acteurs publics locaux                                      | 47        |
| <b>Conclusions et pistes de recommandations</b>   | <b>48</b> |
| <b>Bibliographie de référence</b>   | <b>52</b> |

# Introduction

L'économie circulaire, tout comme l'écologie industrielle, sont des concepts qui prennent une place de plus en plus importante dans les débats et les réponses apportées aux enjeux économiques et environnementaux. La feuille de route de la dernière Conférence Environnementale en a d'ailleurs fait un axe prioritaire de développement, et plus particulièrement pour les régions.

Si les concepts sont innovants, ils font néanmoins référence à des questionnements économiques anciens et à des politiques communautaires et nationales d'ores et déjà en place. Ces stratégies visent toutes à découpler la dynamique de croissance économique, de la consommation des ressources, à moyen et long terme. Le chapitre 1 de cette étude pose les fondements de l'économie circulaire et rappelle les enjeux sur les ressources à l'échelle globale. Un bref état des lieux des stratégies en place et des marges de progression existantes est également établi, à la lumière des principes d'action de l'économie circulaire.

Le chapitre 2 propose quant à lui d'illustrer ce concept à l'échelle de l'Île-de-France et d'identifier les potentiels circulaires de l'écosystème économique francilien. À défaut de méthodologie ad hoc pour appréhender ces marges de manœuvre de manière systémique, nous avons réuni ici plusieurs registres d'informations qui éclairent de manière partielle mais néanmoins complémentaires, les potentiels de l'économie circulaire régionale. Le premier se fonde sur la comptabilité de flux de matières et donne à voir, en masse et par grande catégorie de ressources, le fonctionnement et les dépendances de l'écosystème économique régional. Le deuxième éclairage proposé repose sur les performances de valorisation des déchets, à l'aval de la chaîne de valeur, dans une perspective « classique » de développement de filières industrielles. Une attention particulière est portée aux enjeux spécifiques du secteur du BTP. Enfin, un état des lieux des orientations des principales politiques régionales qui participent d'ores et déjà plus ou moins directement à la mise en place de l'économie circulaire fournit un dernier élément d'éclairage.

Mais au-delà des éclairages proposés à ce stade, c'est sans doute dans la recherche de nouvelles articulations entre acteurs économiques, que résident les futurs potentiels en matière d'économie circulaire. Ainsi, le chapitre 3 présente les principes fondateurs des projets territoriaux d'écologie industrielle et les illustre par différents exemples nationaux et internationaux. Y seront également développés les principaux enseignements et retours d'expériences.

Enfin, nous verrons, tout au long de cette étude, que d'autres leviers restent encore à expérimenter. Car la mise en œuvre d'une économie circulaire requiert surtout un changement de paradigme sur l'ensemble des modes de production et de consommation.

Ce document, bien que non exhaustif, se propose de réunir des premiers éléments de cadrage régionaux sur l'économie circulaire. Nous espérons qu'il permettra de poser un cadre de référence transversal, qui servira à nourrir les discussions tant d'un point de vue méthodologique que d'un point de vue plus opérationnel, sur les priorités à donner et sur les leviers d'action à mettre en œuvre pour définir et élaborer une stratégie régionale d'économie circulaire.





# 1. Éléments de contexte et fondements de l'économie circulaire

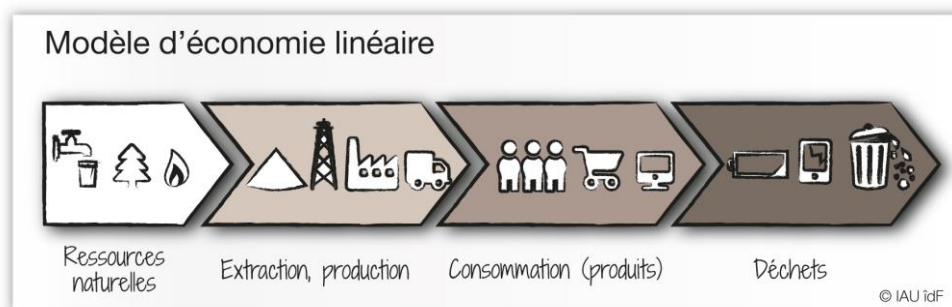
On ne saurait définir une stratégie régionale d'économie circulaire, sans la penser dans le contexte international dans laquelle elle s'inscrit. Le développement économique de ces dernières décennies se caractérise à la fois par une utilisation intensive de ressources renouvelables et non renouvelables et par la globalisation des échanges commerciaux. Tirée par l'émergence de nouvelles économies et par l'augmentation de la population, la dynamique de croissance a progressivement conduit à une concurrence de plus en plus forte sur les ressources et à une détérioration de leurs conditions d'accès (quantité, qualité, prix). Il est devenu de plus en plus stratégique, pour l'ensemble des acteurs économiques, d'améliorer la gestion et l'efficacité des ressources et de sécuriser l'approvisionnement sur le plus long terme.

C'est dans ce contexte, que le concept d'économie circulaire a émergé. Il s'inspire des principes de fonctionnement des écosystèmes naturels où « Rien ne se perd, tout se transforme ». Pour le système économique, il s'agit de permettre une croissance économique et la couverture des besoins que cela suppose, sans augmenter la consommation de ressources. Nous verrons que cette amélioration significative dans la productivité des ressources implique nécessairement de transformer en profondeur non seulement les processus de production mais aussi nos pratiques de consommation pour passer d'une économie de production et de consommation de masse à une économie sobre et économe.

## 1.1. La consommation de ressources pèse sur la dynamique de croissance

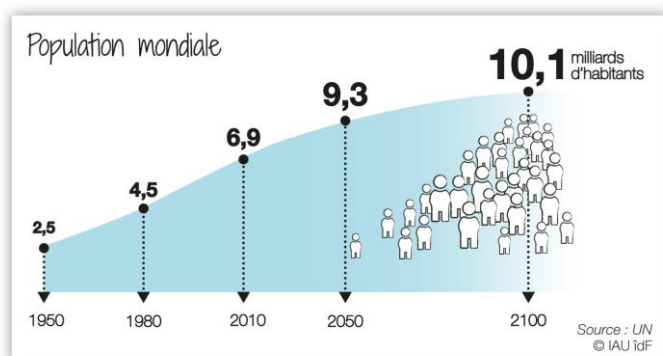
### Entre quantités disponibles et besoins à couvrir, une adéquation problématique

Le fonctionnement du modèle économique actuel est pour l'essentiel l'héritage de l'industrialisation. Il suppose, pour soutenir la dynamique de croissance, l'augmentation de la production et de la consommation (dite de masse). La consommation de ressources s'organise et traverse la chaîne de valeur sur un mode linéaire : Les ressources sont extraites pour la fabrication de produits, vendus à un utilisateur final, qui se défait du bien lorsqu'il ne remplit plus sa fonction ou qu'un autre modèle le remplace sur le marché.



Cette dynamique de croissance est pour certains économistes, insoutenable, compte tenu de la croissance de la population mondiale et du développement économique des pays émergents et en voie de développement. Cette alerte sur la non-soutenabilité du système a été posée, dès 1972, pendant le choc pétrolier, par le Club de Rome. Ces économistes y affirmaient, dans un ouvrage intitulé « Limits to Growth », que si les tendances écono-

miques et environnementales se perpétuaient, beaucoup de ressources naturelles seraient épuisées ce qui limiterait, voire empêcherait toute croissance future.

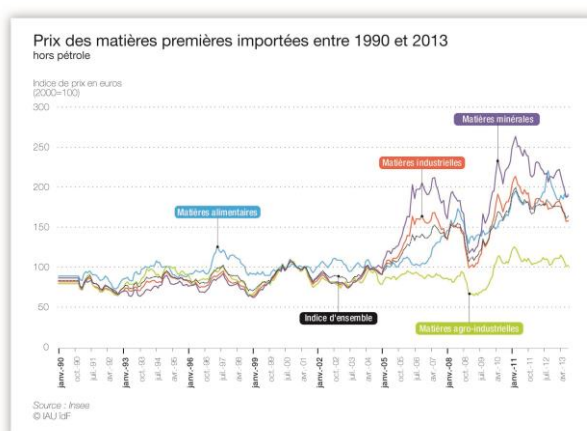


Quarante ans plus tard, le débat se poursuit sur le modèle économique soutenable, capable de résoudre l'adéquation entre ressources disponibles et couverture des besoins des générations présentes et surtout futures. La mise en place d'une économie sobre en ressources est ainsi devenue un enjeu majeur à la fois pour la préservation de notre environnement mais aussi pour le développement économique. Cette dynamique de croissance vertueuse est d'autant plus difficile à trouver qu'elle s'inscrit dans un environnement de plus en plus contraint. Les conditions d'accès et la disponibilité de la ressource se détériorent, et les besoins à couvrir augmentent avec l'émergence d'une classe moyenne dans les pays émergents<sup>1</sup> et plus globalement, avec la croissance de la population mondiale.

Au cours du 20ème siècle, le monde a multiplié sa consommation de combustibles fossiles par 12. En 25 ans, le volume des ressources extraites a augmenté de 65 %. Selon l'OCDE, il était de 60 milliards de tonnes en 2007 et pourrait atteindre les 100 milliards en 2030, si les tendances actuelles se poursuivent<sup>2</sup>.

Même si l'alimentation et l'agriculture pèsent encore pour beaucoup dans l'extraction de matières à l'échelle globale (40 %, en 2007), la part des minéraux de construction (30 %), des combustibles fossiles (20 %) et des métaux et minerais métalliques (8 %) ne cesse d'augmenter. Les ressources non renouvelables comptent ainsi pour 60 % dans le volume des matières extraites.

Sur le marché des matières premières, cette tension entre une offre contrainte et une demande de plus en plus importante, est visible. Le marché est tendu, spéculatif et les prix de toutes les matières premières, depuis 1990, évoluent à la hausse, de manière très volatile.



1 - Dans 10 ans, la classe moyenne (dépense par jour et par tête comprise entre 10 et 100 USD) comptera entre 3 à 4 milliards de personnes contre 2,1 aujourd'hui et 1,2, il y a 10 ans (Source : CAS, Quelle France dans 10 ans)

2 - Source OECD, Sustainable Materials Management - Making Better Use of Resource, OECD Publishing, octobre 2012

## Des progrès techniques encore insuffisants pour stabiliser la consommation de ressources

La soutenabilité du modèle économique actuel, suppose que le progrès technique peut permettre de découpler la croissance et la consommation de ressources et d'améliorer la productivité matière<sup>3</sup> à la condition d'affecter un juste prix aux biens environnementaux.

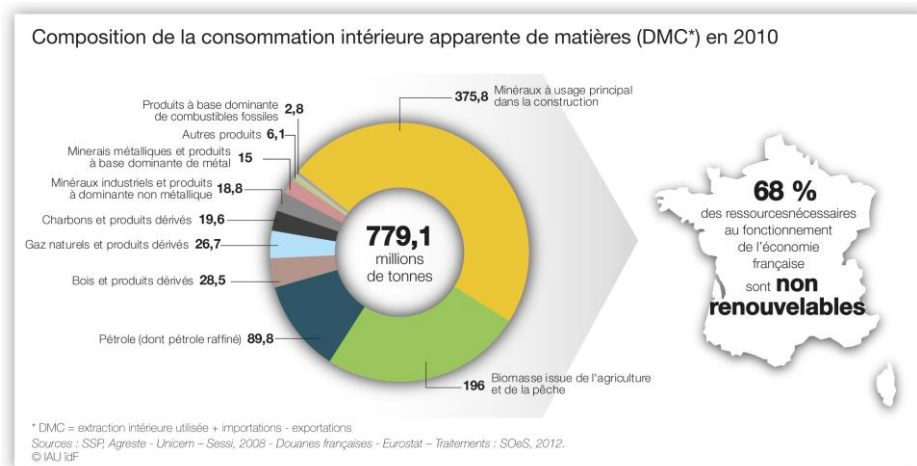
Et effectivement, la tertiarisation de l'économie mais aussi, l'amélioration des procédés industriels, ont permis une amélioration significative de la productivité des ressources. Depuis une quarantaine d'années, les pays de l'OCDE ont réduit ainsi de 42 % la quantité de ressources mobilisées par unité de PIB.

En France, depuis 1990, la consommation de matière<sup>4</sup> s'est stabilisée grâce aux innovations techniques mais aussi à l'utilisation de quantités croissantes de matières recyclées. Les échanges de ces flux de matières s'organisent à 80 % à l'intérieur du territoire.

Cette relative stabilité dans la consommation des ressources est néanmoins biaisée par la délocalisation de certaines industries, très consommatrices de ressources. Si l'on considère dans le calcul, ces flux indirects, c'est-à-dire la quantité de matières extraites, incorporés dans nos importations, la quantité de matières mobilisée par l'économie française est 2,5 fois supérieure.

Cette délocalisation d'industries polluantes est visible dans l'augmentation du volume de nos importations et dans l'évolution de leur nature. A la dépendance aux combustibles fossiles (à 99 %), s'ajoute désormais celle aux produits métalliques (99 % issus d'importations en 2010 contre 56 % en 1990) et aux minéraux industriels (77 % en 2010).

Ainsi, l'économie française a stabilisé sa consommation de ressources mais c'est aux dépens de son indépendance en matière d'approvisionnement. Ce risque est accentué par le fait que 68 % des ressources nécessaires au fonctionnement de l'économie française sont non renouvelables et qu'elles s'échangent sur un marché de plus en plus concurrentiel à l'échelle mondiale.



3 - La productivité matières est égale au PIB divisé par la consommation intérieure apparente de matières (DMC). Son augmentation traduit un moindre besoin en matières pour produire une même quantité de valeur ajoutée. la quantité de matière mobilisée pour chaque unité de PIB.

4 - La consommation de matières en France varie depuis 1990 autour de 14 tonnes / hab et par an (Moyenne UE entre 14 et 15 tonnes/hab/ an). Quant à la l'intensité matière par unité de PIB, elle a diminué de 30% depuis 1990. Source : Commissariat Général au Développement Durable, Matières mobilisées par l'économie française de 1990 à 2011 : une relative stabilité perturbée par la crise économique, Publication Chiffres & Statistiques n°410, avril 2013

## Des métaux rares essentiels pour « décarboner » l'économie

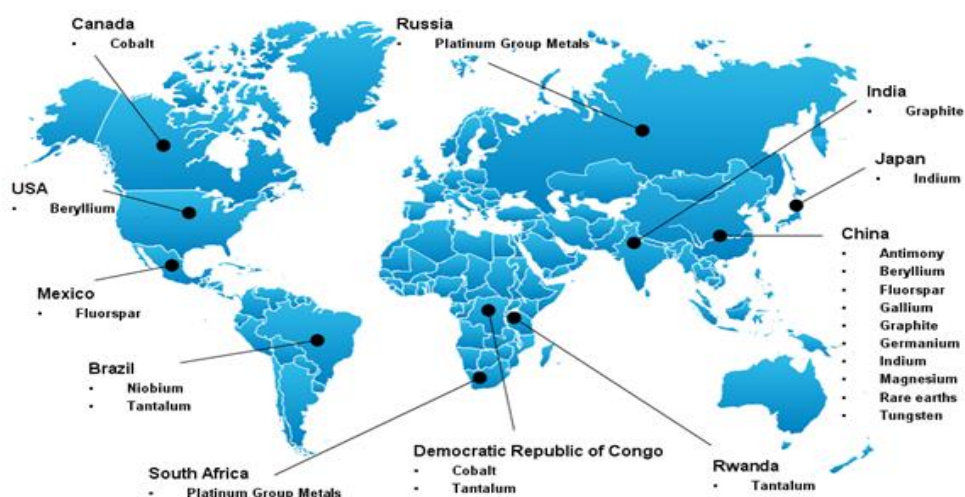
Les enjeux en matière de ressources, ne doivent pas seulement être regardés au regard des volumes. L'accès à des matières premières minérales vendues à des prix abordables est indispensable au bon fonctionnement de l'économie.

Des secteurs tels que la construction, l'industrie chimique, l'automobile ou l'aérospatial, ou encore l'industrie des machines et équipements, sont tous tributaires de l'accès aux matières premières.

Certaines ressources, bien que marginales en quantité, sont considérées comme « critiques » car elles cumulent à la fois un risque de pénurie dans les dix prochaines années, un rôle important dans la chaîne de valeur et un nombre restreint de producteurs dans le monde.

L'UE en a recensé 14<sup>5</sup>, des métaux rares pour l'essentiel. Ces ressources sont non seulement essentielles au développement de certaines filières industrielles « d'avenir » mais elles sont aussi peu substituables et peu recyclées.

### Production concentration of critical raw mineral materials



L'exemple le plus fréquemment cité, dans ce domaine, est celui des terres rares, essentielles notamment à la fabrication des turbines pour éoliennes, des ampoules basse consommation, des véhicules hybrides, et des fibres optiques. La production est concentrée à 97 % en Chine et il n'existe actuellement aucun procédé de recyclage ou de substitution commercialement viable pour les terres rares.

Consciente de ses dépendances stratégiques, la commission européenne a dès 2008 mis en place une initiative « matières premières » pour sécuriser l'accès à des ressources minérales pour l'essentiel<sup>6</sup>. Cette initiative a été suivie, en 2011, par une feuille de route pour « Une Europe efficace dans l'utilisation des ressources ».

Ce plan d'action prévoit à la fois, un meilleur suivi des flux de matières au sein de l'UE, la mise en place de partenariats avec des pays tiers pour sécuriser l'accès aux métaux stratégiques, et le soutien à l'innovation en matière de productivité des ressources et de recyclage. Depuis janvier 2011, la France s'est également dotée d'un Comité pour les métaux stratégiques (Comes) qui vise les mêmes enjeux.

5 - European Commission, Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions : On the implementation of Raw Materials Initiative, COM(2013) 442 final, juin 2013

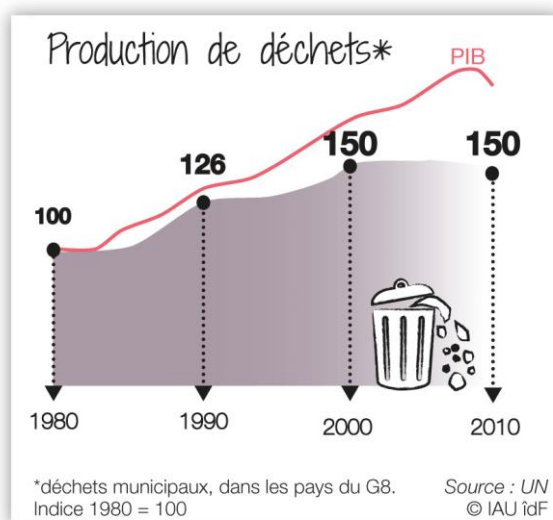
6 - Commission Européenne, Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions: sur la mise en œuvre de l'initiative matière premières, COM(2013) 442 final, juin 2013

## 1.2. Le recyclage, un enjeu stratégique

Dans ce contexte contraint d'accès aux ressources, le développement du recyclage permet de sécuriser un approvisionnement en ressources, à proximité. Car si l'accès à la majorité des ressources diminue, le volume des déchets lui augmente, de manière constante. Les analyses statistiques montrent en effet que la quantité de déchets évolue avec le niveau de vie des populations.

### Des gisements de déchets qui augmentent avec la croissance

Même si des efforts importants ont été faits pour réduire la production de déchets, (notamment des ménages dans les pays de l'UE), le volume total n'a pas cessé d'augmenter.



La production mondiale de déchets était estimée à 12 milliards de tonnes, en 2008<sup>7</sup>. Cela équivalait à 20 % du volume de ressources extrait la même année<sup>8</sup>. Un tiers de ces déchets étaient produits par les pays OCDE. Cette corrélation entre le niveau de vie et la quantité de déchets est le fait à la fois de l'augmentation de la consommation de biens avec celle du revenu mais aussi la conséquence d'une amélioration du suivi de ces flux avec le développement économique des pays.

La disponibilité des données sur les déchets est très variable selon les pays, les normes en vigueur mais aussi l'origine des déchets. A cette hétérogénéité s'ajoute une classification complexe (nature, dangerosité, producteur, type de matériau) qui rend difficile le suivi et la comparaison internationale.

Parmi les flux, ceux mis en décharge par les ménages et traités par les collectivités, sont ceux pour lesquels, on dispose de plus de données alors qu'ils ne représenteraient, selon l'OCDE, que 10 % du volume total produit. L'essentiel du volume des déchets est produit par les activités économiques.

En France, en 2010, sur les 355 millions de tonnes de déchets produits, 91 %<sup>9</sup> ont été générés par les activités économiques. Comme dans la plupart des pays OCDE, les déchets de la construction et de la démolition représentent de loin la plus importante part de ce volume. Sur les 325 millions de tonnes de déchets d'activités économiques, en 2010, 73,3 % provenaient de ce secteur, juste devant le secteur tertiaire (7,2 %) et l'industrie

7 - Cela équivalait à 20% du volume de ressources extrait la même année (60 milliards de tonnes). Source: OCDE, Productivité des ressources dans les pays du G8 et de l'OCDE : rapport établi dans le cadre du Plan d'action 3R de Kobe, Publication OCDE, 2011

8 - La différence entre ces deux grandes masses, est soit rejeté dans l'atmosphère (c'est le cas des combustibles fossiles) soit ajouté au stock des activités économiques, soit sous forme d'infrastructures, de biens d'équipement ou de consommation

9 - Source : Commissariat Général au Développement Durable, 355 millions de tonnes de déchets produits en France en 2010, Publication Chiffres & Statistiques n°385, janvier 2013

(6,3 %). Dans l'industrie, c'est essentiellement, l'industrie du bois, celle du papier-carton, de l'imprimerie et la métallurgie qui produisent les volumes les plus importants au cours de leurs processus de production<sup>10</sup>.

## Une filière de production de matières en plein développement

Le recyclage connaît depuis 1990 un développement sans précédent. Plusieurs facteurs expliquent ce développement. D'une part, la production de déchets augmente en aval de l'écosystème économique et les dispositifs mis en place, au fil des années, en augmentent la capacité de collecte et de tri. D'autre part, les innovations technologiques, ainsi que la rareté des ressources, rendent de plus en plus rentable le recyclage des matières. Enfin, ce secteur d'activité a été fortement accompagné cette dernière décennie par les politiques européennes et nationales, notamment quand le recyclage s'avérait une opération non rentable<sup>11</sup>.

Les déchets sont essentiellement valorisés via 2 principaux procédés. Ils sont d'une part transformés en électricité ou en chaleur via l'incinération, le stockage ou la méthanisation (valorisation énergétique). Et ils sont d'autre part transformés en matières premières de recyclage, notamment pour les métaux ferreux et non ferreux, plastiques, bois, déchets d'équipements électriques et électroniques, papier,... (valorisation matière).

Les données statistiques sont plus nombreuses et plus fines pour les déchets ménagers mais les évaluations de fédérations professionnelles, montrent qu'il existe également un important volume de déchets d'activités économiques, et des filières en plein développement dans la valorisation matière. Ces secteurs dédiés au recyclage sont également, en plein développement, à la fois :

- dans l'évolution du volume produit : en 2011, la production française de matières premières recyclées a progressé de 7,8 % par rapport à 2010 ;
- dans la progression constante du chiffre d'affaires : à l'exception de 2009, il n'a pas cessé de progresser sur ces 20 dernières années (en 2010, un chiffre d'affaires de 12 Mds €) ;
- dans l'augmentation des échanges commerciaux : le secteur est l'un des principaux postes d'exportation en France. La vente de matière recyclée a ainsi dégagé en 2010, un excédent de 3 milliards d'euros dans la balance commerciale. Mais pour l'essentiel des échanges se font à l'échelle nationale et européenne (avec principalement l'Allemagne, la Belgique, l'Italie, l'Espagne) ;
- dans la diversification des activités des entreprises du recyclage : alors qu'en 1999, 52 % des entreprises de recyclage étaient mono-activité ; seulement 16 % d'entre elles le sont en 2011 ;
- dans l'augmentation quasi-constante des investissements : Au cours des treize dernières années, la progression moyenne annuelle des investissements est de 6,5 % (5 % du CA total) ;
- enfin dans la création d'emplois : depuis 1999, les effectifs de l'industrie du recyclage ont progressé de 20 %. Selon Federec, le secteur employait en 2011, 130 000 personnes. C'est surtout l'augmentation de la production des matières premières recyclées qui a conduit les filières à recruter. Selon une étude de l'UE, le recyclage de 10 000 tonnes de déchets induirait ainsi jusqu'à 250 emplois, contre 20 à 40 pour un traitement par incinération et seulement 10 pour une mise en décharge<sup>12</sup>.

En 2010, le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie estimait que 64 %<sup>13</sup> du volume total des déchets produits en France étaient valorisés. Ce traitement

---

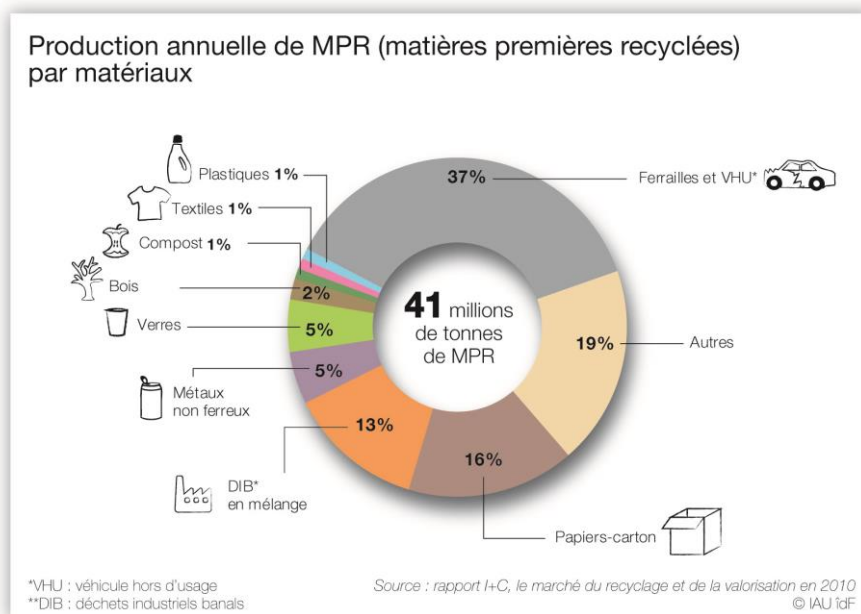
10 - Source INSEE, *La production de déchets non dangereux dans l'industrie manufacturière en 2008*, Émilie Ernst, division Industrie et études transversales, n° 1335, février 2011

11 - Faible gisement ou trop diffus, coût du traitement trop onéreux, prix de la matière première vierge moins cher,...

12 - Source : European Commission, *Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste (COM(2005), December 2005*

13 - Les disparités sont néanmoins grandes en fonction de la nature et du type de matériau. Par exemple, près de 70% des déchets produits en France sont minéraux, et 26% non minéraux et non dangereux. Pour ces deux types de déchets (non dangereux), on estime que le taux de valorisation est de 60%. Ce taux n'est que de 40% pour les déchets dangereux même

(incinération, recyclage) aurait permis de produire l'équivalent en énergie thermique du chauffage de 1,2 millions d'habitants, et en énergie électrique, l'équivalent du besoin de 3,3 millions d'habitants<sup>14</sup>. Les déchets inertes (non dangereux) issus du secteur de la construction qui représentent de loin le plus important volume, ont été utilisés pour les deux tiers en terrassement. Enfin, 41 millions de tonnes de matières premières de recyclage (MPR) ont été produites en 2010, soit 64 % de plus qu'en 2000<sup>15</sup>.



Le dynamisme du secteur s'est également traduit par une demande de plus en plus forte des industriels pour ces matières. En 2008, le taux d'utilisation, en France, de ces MPR dans les processus de production, était en moyenne de 42% (contre 38,1% en 2000).

Cette part est néanmoins très variable selon les matières : avec, en 2010, 41 % pour l'acier, 46 % pour les métaux non ferreux, 60 % pour les papiers et cartons, 5 % pour les plastiques et 50 % pour le verre<sup>16</sup>.

Dans les métaux non ferreux, c'est sans doute le cuivre recyclé qui a connu l'évolution la plus marquante. Il est passé de 24,8 % en 2001 à 35,6 % en 2010<sup>17</sup>. A l'inverse, les plastiques recyclés ont un taux d'utilisation qui plafonne à 5 % du fait d'un faible gisement collecté et de l'exportation d'une part significative de ces plastiques.

Car les flux d'échanges en matière de déchets et de MPR sont de plus en plus globalisés, surtout pour les métaux ferreux, métaux non ferreux et plastiques, alors qu'ils s'organisent plutôt à l'échelle européenne pour le papier carton et à l'échelle locale pour le verre et le bois.

Depuis 1990, le volume des importations de MPR évoluent même plus rapidement que la production en France<sup>18</sup>. Cette dynamique s'accompagne également d'une augmentation

s'ils ne représentent qu'une faible part du volume total (3%). Source : Commissariat Général au Développement Durable, 355 millions de tonnes de déchets produits en France en 2010, Publication Chiffres & Statistiques n°385, janvier 2013

14 - Source : ADEME, Déchets édition, les Chiffres clés 2012, septembre 2013

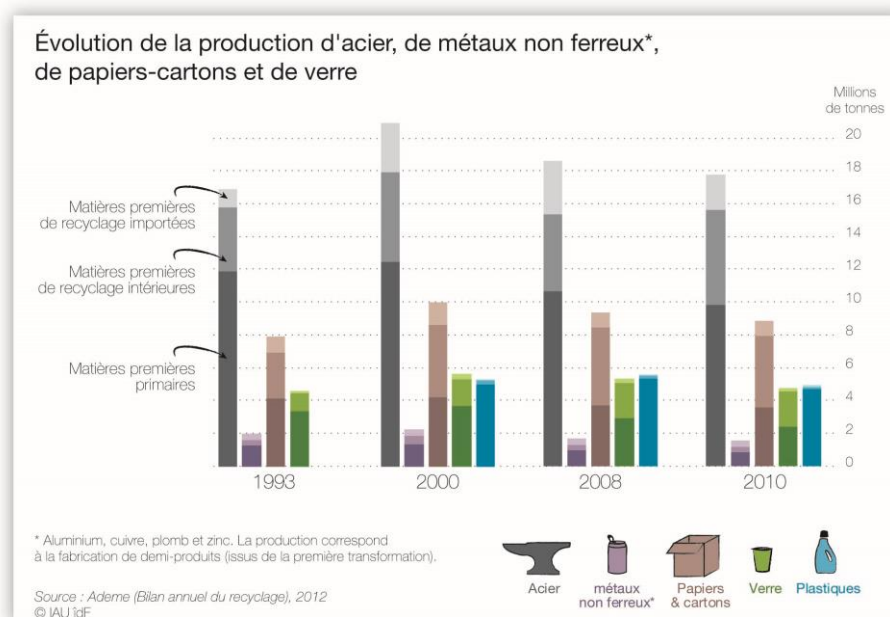
15 - En 2012, le volume est estimé à 44.3 millions de tonnes. Source FEDEREC, Rapport annuel 2012, mars 2013

16 - Source : ADEME, Bilan du recyclage 2001-2010, Volume 1 : Synthèse, septembre 2012

17 - En volume, c'est l'aluminium qui représente les 2/3 de la production de métaux non ferreux recyclé. Source : ADEME, Bilan du recyclage 2001-2010, Volume 1 : Synthèse, septembre 2012

18 - Entre 1990 et 2010, l'utilisation de MPR, collectées en France, est passée de 8 millions à 12 millions de tonnes (soit une augmentation de 50%), alors que celle des MPR importée a presque doublé, passant de 2,6 millions à environ 5 millions de tonnes en 2008, Source MEDDE

des exportations de déchets en particulier vers la Chine<sup>19</sup>. Les volumes de déchets exportés par l'UE sont passés de 6,3 millions de tonnes en 2001 à 12,2 millions de tonnes en 2010. La France est le troisième plus grand exportateur après les Pays Bas et l'Italie.



## Des politiques publiques qui accompagnent la dynamique de recyclage

Le recyclage est une filière industrielle en plein développement mais c'est aussi un enjeu important pour les Etats. Le développement de ce secteur d'activité permet de sécuriser les dynamiques de développement.

Le risque de rupture d'approvisionnement augmente sur le marché des matières premières. Car le marché est globalisé, volatile, et des restrictions d'exportations sur des matériaux stratégiques ont déjà eu lieu. La Chine par exemple a décidé de restreindre ses exportations de terres rares. Ces restrictions sont stratégiques et sont une façon de se positionner et de développer des industries de plus en plus sophistiquées, et des produits à haute valeur ajoutée. La Chine a d'ores et déjà limité les quantités disponibles à l'exportation de terres rares pour sécuriser son approvisionnement à moyen terme.

Les matières premières de recyclage sont actuellement, au même titre que les ressources primaires, un enjeu industriel majeur. Avec l'augmentation du prix des matières premières, et les tensions entre l'offre et la demande de ressources, le recyclage apparaît de plus en plus comme une alternative de plus en plus rentable qui minimise les risques de rupture d'approvisionnement, en sécurisant un gisement à proximité.

Pour développer ces filières de recyclage, les pouvoirs publics disposent de plusieurs instruments économiques. Ils peuvent agir via la réglementation (en fixant des objectifs, des seuils réglementaires, en légiférant sur le principe pollueur payeur, en rendant obligatoire l'application de normes de valorisation) ou via une approche « prix » (mise en place de taxes, subventions, redevances,...) pour privilégier sur le marché des activités au détriment d'autres.

L'UE a principalement utilisé la voie réglementaire et a mis en place des filières surtout là où les règles de marché ne le permettaient pas. C'est le cas des filières dites REP à Responsabilité Elargie du Producteur. Le dispositif exige que les fabricants nationaux, et les importateurs de produits prennent en charge, notamment financièrement, la collecte sélec-

19 - Source : European Commission, *Transboundary shipments of waste in the EU. Developments 1995-2005 and possible drivers*, february 2008



tive puis le recyclage ou le traitement des déchets issus de leurs produits. Ils peuvent assumer leur responsabilité de manière individuelle ou collective, dans le cadre d'un éco-organisme. En pratique, la plupart des producteurs choisissent cette solution.

La France a, depuis 1992, mis en place, 15 filières de ce type et fixé, dans le cadre du Grenelle de l'environnement, des objectifs ambitieux en matière de valorisation<sup>20</sup>. Les marges de progression ciblées concernent essentiellement :

- l'augmentation des gisements collectés : bon nombre de gisements de déchets sont encore diffus, sous-estimés ou méconnus, en particulier dans les villes. Les déchets urbains recèlent de métaux et de minerais pour l'industrie et la ville est qualifiée à ce titre de mine urbaine (« Urban mining ») ;
- l'augmentation du taux de valorisation à la fois sur les déchets non dangereux mais aussi dangereux : de grandes marges de progression existent encore dans la valorisation des déchets ménagers et en particulier dans les plastiques et métaux non ferreux. La France se situe tout juste dans la moyenne observée à l'échelle de l'UE ;
- le taux d'utilisation de ces matières dans l'industrie (notamment pour le plastique) et dans les parts de marché à saisir à l'exportation, car la demande en matières premières de recyclage s'est accrue. L'Asie est le premier utilisateur de cuivre de récupération. Toutefois, son taux d'utilisation de MPR par rapport au total de la production est nettement inférieur à celui de l'Europe (43 %)<sup>21</sup>;
- l'innovation pour augmenter le nombre de boucles de traitement et les possibilités de substitution aux matières premières, notamment pour les ressources les plus « critiques ».

### **1.3. Au-delà du recyclage, tendre vers une économie circulaire**

Cette dynamique de valorisation de nos déchets ne peut néanmoins, à elle seule, suffire à découpler la croissance et la consommation de matières.

Tout d'abord, parce qu'on ne peut pas recycler à l'infini et que la qualité des matières se détériore au fil des traitements. Ensuite parce que les flux entrants et sortants de l'économie n'ont pas le même poids. Si on compare par exemple, la quantité produite de déchets aux besoins en matières premières de l'économie française, en 2010, le volume produit en bout de chaîne équivalait à 40 % du besoin de ressources de l'économie. Enfin, parce que les contraintes qui pèsent sur l'offre et la demande mondiale sont de plus en plus fortes. Les besoins augmentent avec la croissance de la population (et l'émergence d'une importante classe moyenne) et la disponibilité des ressources se détériore.

Ce sont ces limites, en amont et en bout de chaîne, qui ont conduit certains économistes à appeler à la refonte du modèle économique en place. Pour ces économistes, la « crise de l'environnement » ne peut pas être résolue à elle seule par l'innovation technique et l'attribution d'un juste prix aux biens environnementaux. Cette crise est le symptôme d'un seuil franchi, d'une nouvelle époque de rareté qui oblige à repenser l'organisation et le fonctionnement linéaire de notre modèle économique.

L'économie circulaire s'inspire des principes de fonctionnement des écosystèmes naturels qui fonctionnent en boucle fermée, en minimisant les pertes d'énergie et de matières.

En d'autres termes, ce nouvel « écosystème économique » se fixerait comme priorité de minimiser la dispersion de substances nocives pour l'environnement, pour devenir étanche

---

20 - Source : site internet du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, *Prévention des risques, Gestion des déchets, Recyclage*

21 - Source : ADEME, *Bilan du recyclage 2001-2010, Volume 1 : Synthèse, septembre 2012*

et moins polluant. La priorité du système en place est d'augmenter la productivité des ressources.

## **Quels sont les principes de fonctionnement de ce nouveau modèle économique ?**

Appliquée au modèle économique, cela suppose de faire de chacun de nos déchets, une ressource mais aussi d'économiser la matière dans les processus de production et de consommation. L'objectif n'est pas seulement d'augmenter la valorisation de nos déchets mais de stabiliser, voire réduire la quantité de matière en circulation en couvrant les besoins.

Pour arriver à cet objectif, **quatre grands principes** doivent être appliqués :

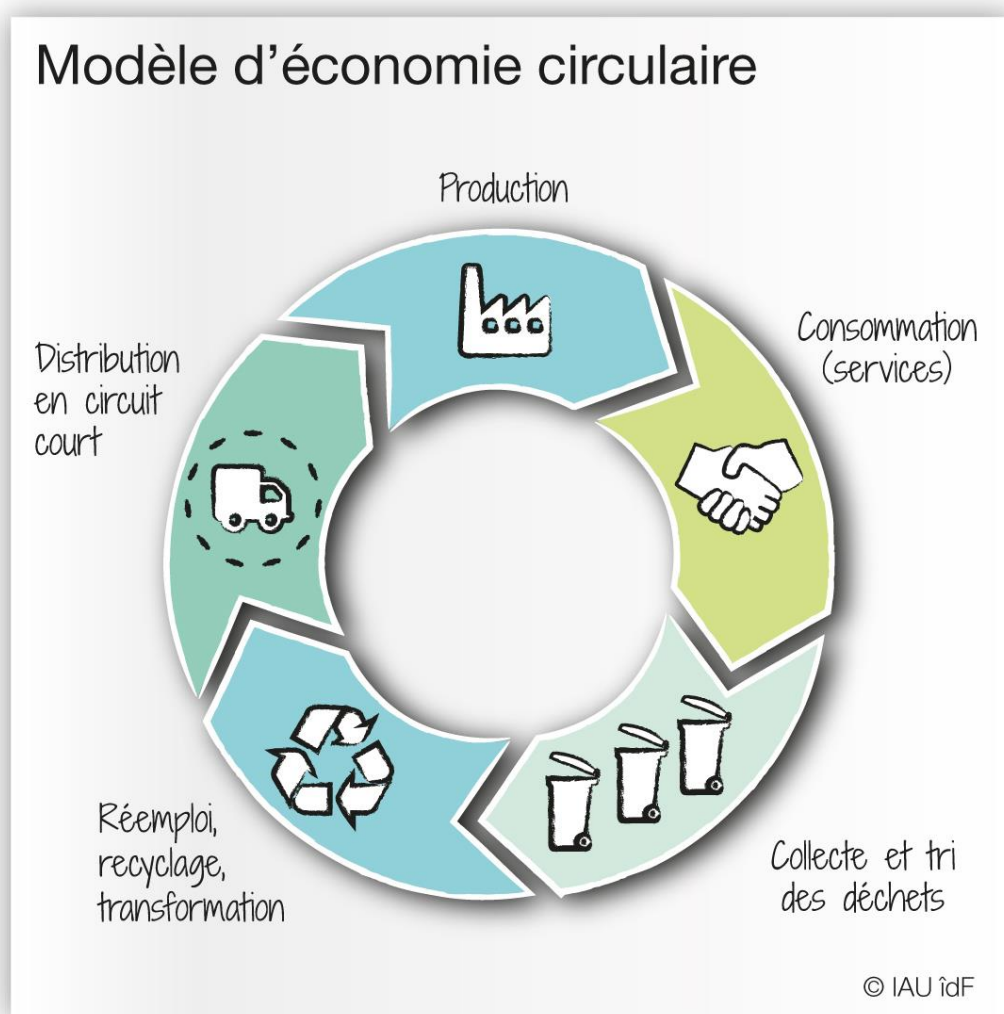
**1.** Les entreprises doivent appliquer des principes d'écoconception pour tous leurs produits. Cette nouvelle forme de conception prend en compte l'impact environnemental du produit tout le long de son cycle de vie (de l'extraction de matières qu'il requiert, à la consommation d'énergie nécessaire à sa production, jusqu'à sa mise au rebut). Cela implique de recourir aussi peu que possible aux ressources non renouvelables, d'utiliser des ressources renouvelables (en respectant leur taux de renouvellement), d'augmenter la durée de vie des produits, de minimiser les transformations possibles du bien dans les phases de remise en état ou de réemploi, de multiplier le potentiel d'utilisation en fin de vie, et en toute fin, de faciliter dès la conception du produit, son tri, et sa valorisation finale.

**2.** L'économie circulaire requiert également une organisation d'acteurs tout le long du cycle de vie du produit. Pour optimiser la durée de vie des matières dans le circuit et les réintégrer dans le système, les produits doivent être en ordre de priorité réparés, réemployés ou à défaut recyclés. Cette organisation autour du cycle de vie du produit, doit permettre le développement de secteurs d'activités, mais requiert, pour être optimale, une approche transversale des secteurs et de nouvelles coopérations entre acteurs (par exemple entre ceux qui conçoivent les produits et ceux qui les recycleront).

**3.** Pour diminuer la quantité de produits en stock dans l'économie, les modèles de consommation doivent également changer et passer d'une logique d'acheteur à une logique d'utilisateur. L'idée centrale de l'économie de la fonctionnalité est que la valeur d'un produit pour le consommateur réside dans les bénéfices qu'il retire de son utilisation, et non dans la possession du produit en question. Dans ce modèle, les consommateurs achètent de la mobilité plutôt qu'un véhicule, un confort climatique plutôt que du gaz ou de l'électricité, un service de nettoyage plutôt qu'un lave-linge. Lorsque la vente est nécessaire, des mesures incitatives ou des accords contractuels sont établis avec le consommateur afin d'assurer le retour du produit pour son réemploi ou le recyclage de ces composants.

**4.** Enfin, l'économie circulaire se pense également à l'échelle des territoires autour des principes de l'écologie industrielle. La ville pionnière de Kalundborg au Danemark en a donné le premier exemple dans les années 1970 en mettant en réseau les entreprises du port. L'idée est de créer des synergies entre entreprises au travers l'échange de matières (premières ou de recyclages) et d'énergie et/ou la mutualisation de services « support » comme la logistique, le transport, les services aux salariés. Ces coopérations permettent de réduire les intermédiaires, de faire des économies d'échelle et a minima de diminuer le transport induit dans les processus de production.

## Modèle d'économie circulaire



### Les bénéfices économiques pour les entreprises

Pour les entreprises, préserver l'environnement, optimiser les flux de matières et d'énergie est une façon à la fois de diminuer les risques de rupture d'approvisionnement, de diminuer les coûts de revient des produits mais aussi de se démarquer sur des marchés de plus en plus exigeants en matière de normes environnementales.

Le fait que de nombreux secteurs d'activités se soient penchés, ces dernières années, sur l'écoconception de leurs produits, en est la preuve. Selon une étude réalisée en 2010 par l'ADEME, 20 % des entreprises ont d'ores et déjà entrepris une démarche de ce type<sup>22</sup>. Certains secteurs d'activités sont précurseurs, sans doute parce qu'ils y ont été incités par la réglementation REP. Le producteur, dans ce cadre de figure, a tout intérêt à simplifier la valorisation du produit en fin de cycle de vie pour en alléger le coût de traitement. Les initiatives se multiplient et de nouvelles coopérations entre secteurs d'activités voient le jour, entre les industriels spécialistes du recyclage et les autres.

A titre d'exemple, Renault a tissé, en 2012, un partenariat avec SITA et ils travaillent ensemble à l'amélioration de la valorisation des plastiques et à la prise en compte de cette problématique dès la conception des voitures. La Clio IV a été éco conçue dans ce sens. Leur objectif commun est d'atteindre une valorisation effective de 95 % de chaque véhicule

<sup>22</sup> - Sur un échantillon de 75 000 entreprises.. Source : Première étude sur le déploiement de l'écoconception en France et sur les attentes et besoins des entreprises, par BVA pour l'ADEME, 2010

en fin de vie à l'horizon 2015. SITA travaille également avec AIRBUS pour le démantèlement des avions ou encore Nexans pour recycler les chutes de câbles.

D'autres industriels, notamment ceux de la chimie, travaillent à diminuer leur risque d'approvisionnement et développent cette compétence en interne. C'est le cas de Rhodia qui fait face depuis plusieurs années à une demande croissante de terres rares. Le groupe a lancé, en 2007, une stratégie sur la sécurisation de ses approvisionnements en matières premières, qui se décline autour du développement de partenariats avec des producteurs étrangers, l'innovation dans la conception des produits et l'efficacité des processus de production en matière de consommation de ressources et le développement du recyclage.

Enfin, Michelin qui consomme chaque année 1 million de tonnes de caoutchouc naturel et 1 million de tonnes de caoutchouc synthétique estime qu'il sera possible d'ici 10 ou 15 ans, grâce à des innovations technologiques, d'utiliser du caoutchouc recyclé pour fabriquer des pneus<sup>23</sup>. L'entreprise se démarque également par un modèle d'affaires innovant en matière d'économie de la fonctionnalité. Ils ne vendent plus les pneus, mais prennent en charge le cycle de vie du pneu chez le client. Ils ajustent le gonflage, ils conseillent les chauffeurs en conduite, ils réparent les pneus. Le client n'achète plus les pneus mais paie au kilomètre parcouru. L'entreprise a ainsi remplacé la vente du bien par son usage.

Ces stratégies de développement d'entreprises sont une façon d'être en conformité avec la réglementation mais les bénéfiques sont aussi économiques. Car les principes de l'économie circulaire permettent à terme de réduire le coût des ressources (matières, énergie) dans les processus de production et de diminuer l'exposition au risque d'approvisionnement.

Des études ont été menées pour chiffrer ces bénéfiques économiques. La plus récente a été rendue publique, lors du forum de Davos, en janvier 2013, par la fondation Ellen Mac Arthur. Cette navigatrice anglaise promeut, depuis plusieurs années, à travers sa fondation, les vertus d'une économie circulaire. La fondation a fait appel au cabinet de conseil McKinsey pour évaluer les gains, à l'échelle mondiale, de l'application de ses principes (écoconception, réemploi, recyclage, consommation d'usage) dans 4 grands secteurs de biens de consommation courante<sup>24</sup>. En réduisant la consommation de ressources au cours du cycle de vie du produit, ces secteurs pourraient générer 700 milliards de dollars d'économies. C'est le cas par exemple de la filière bière qui en utilisant des bouteilles en verre réutilisables, baisserait le coût de son emballage de 20 %.

En plus des économies de ressources, le rapport pointe plusieurs autres sources de bénéfices «secondaires» dans l'innovation, la création d'emplois à l'échelle locale et la préservation du « capital » de ressources (notamment les terres agricoles).

## **Le rôle central des pouvoirs publics**

L'économie circulaire suppose des innovations technologiques dans les chaînes de production, des changements dans les modèles d'affaires et les pratiques de consommation, elle suppose également des politiques publiques dédiées et de nouvelles formes de coopération, entre entreprises et acteurs publics.

Tout d'abord parce que transformer le fonctionnement du modèle économique suppose une démarche de long terme. Certains Etats ont déjà pris le parti d'inscrire l'économie circulaire dans leur stratégie de développement. C'est le cas de l'Allemagne (1994), du Japon (2000), de la Chine (2008), des Pays Bas (2009) et plus récemment de l'Union Européenne (2011) dans sa stratégie 2020. Les incitations législatives, l'appui à l'innovation et au déve-

---

23- Pour le moment, ces pneus sont revendus pour l'essentiel aux cimentiers. Un pneu de 50kg équivaut à 50 kg de charbon.

24 - Un bien de consommation courante est un bien de consommation dont la fréquence d'achat est élevée : nourriture, boissons, emballages, textile,... Ces biens représenteraient 60% de la dépense des ménages et absorberaient 35% des apports en matière première dans l'économie". Un secteur qui consomme par ailleurs plus de 90% de la production agricole. Source: *Towards the Circular Economy Vol.2: opportunities for the consumer goods sector, Foundation Ellen Mac Arthur, 2013*

loppement de filière de valorisation sont les leviers les plus fréquemment utilisés par les pouvoirs publics.

Ensuite, parce que la mise en place de ce modèle circulaire implique une approche systémique. A la fois, parce qu'elle suppose la promotion de ses principes tout le long du cycle de vie du produit et dans l'ensemble des secteurs d'activités<sup>25</sup>. Mais aussi parce que l'articulation entre les différentes échelles géographiques est importante. L'économie circulaire peut se décliner à la fois comme stratégie nationale, à une échelle macroéconomique. Elle peut également être le fait des collectivités territoriales. Pour Vincent Auzé, économiste à Sciences Po<sup>26</sup>, il s'agirait à l'échelle des territoires d'aider à la mise en place d'activités économiques aux procédés complémentaires pour optimiser l'autosuffisance des ressources (énergétique ou matière) tout en couvrant les besoins à l'échelle locale ou à minima d'appliquer l'écologie industrielle en partant des activités économiques existantes.

Enfin parce que la mise en place de cette démarche complexe nécessite de nouvelles infrastructures logistiques et informationnelles. Le fonctionnement d'une économie circulaire implique le croisement d'une grande quantité de données complexes. Le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) offre de plus en plus de possibilités de collecte, de croisement et tout autant de possibilités d'analyse systémique. L'objectif est que partout les acteurs économiques puissent être à même d'évaluer leurs procédés de production, et d'en connaître l'impact environnemental aux différentes échelles.

A l'échelle du territoire, cette infrastructure informationnelle devrait permettre d'évaluer l'évolution des équilibres du territoire, d'identifier les enjeux en matière de soutenabilité de la dynamique de croissance mais aussi faciliter la fluidité des circuits de matière et d'énergie entre les acteurs du territoire. Des informations continues devraient être ainsi disponibles pour mesurer l'offre et la demande en énergie, et la quantité de matière pouvant être réintroduite dans les circuits économiques. Deux principales méthodologies sont aujourd'hui disponibles pour appréhender ces enjeux :

- le métabolisme industriel (ou comptes de flux de matières CFM) qui analyse à l'échelle d'un périmètre géographique défini, les flux et les stocks de matières et d'énergie mobilisées par les activités économiques ;
- et l'analyse du cycle de vie du produit à l'échelle de l'entreprise (ACV).

L'ACV permet à l'entreprise de connaître les impacts associés aux produits et de hiérarchiser les priorités d'amélioration dans une démarche d'écoconception. Quant aux comptes de flux de matières, ils permettent aux pouvoirs publics d'appréhender les enjeux économiques au regard des flux de ressources mobilisées en amont et en aval. Cette nouvelle comptabilité permet de cerner les dépendances, les consommations de ressources essentielles, d'identifier les partenariats possibles avec des territoires d'approvisionnements et plus globalement de mieux appréhender les enjeux de soutenabilité de la dynamique de croissance. Bien que stratégique, la connaissance de ces flux de matières est assez récente. Les premiers travaux en matière de CFM datent de 1997 et le premier guide d'Eurostat date de 2001. En France, les premiers comptes datent de la seconde moitié des années 2000 et ne sont encore disponibles qu'à l'échelle nationale. Un guide méthodologique devrait néanmoins paraître en 2014 pour appliquer cette méthodologie à une échelle infranationale.

---

25 - Le gouvernement néerlandais promeut, ainsi, dans le cadre de son programme KADO, ses principes dans neuf secteurs-clés : l'agro-industrie, l'horticulture, le secteur high-tech, le secteur énergétique, la logistique, l'industrie créative, les sciences de la vie, la chimie, la gestion de l'eau.

26 - Source : Auzé, Vincent, Levy, Jean-Claude, *Économie circulaire, écologie et reconstruction industrielle?*, édition CNCD, 2013

## Les premiers pas de la France en matière d'économie circulaire

En France, le concept d'économie circulaire a commencé à être mis en avant lors du Grenelle de l'environnement en 2007.

Plusieurs services ou directions travaillent actuellement sur ce thème :

- La direction générale de la prévention des risques (DGPR) et son département politique de gestion des déchets (DPGD), sont chargés de définir les orientations de politique publique de gestion des déchets, incluant les objectifs de recyclage ;
- Le conseil national des déchets (CND) a mis en place un sous-groupe de travail « économie circulaire » ;
- Le commissariat général au développement durable (CGDD) promeut l'écologie industrielle et devrait faire paraître un guide à l'attention des collectivités territoriales ;
- Du côté des industriels, le CGDD suit les travaux du comité stratégique des éco-industries (COSEI) et plus particulièrement l'initiative des industries de la filière du recyclage portant sur la création d'un « pacte économie circulaire » ;
- Enfin l'ADEME dans le cadre des investissements d'avenir, soutient à hauteur de 210 millions d'euros le développement d'innovations et de solutions industrielles pour augmenter la réutilisation, le recyclage et la valorisation de matières, développer l'écoconception et l'écologie industrielle.

Bien qu'assez présente dans les différents services et directions de l'Etat, l'économie circulaire n'est pas encore affichée comme un axe stratégique de développement. Néanmoins quelques éléments laissent à supposer que ce sera sans doute le cas très prochainement.

Tout d'abord parce que depuis février 2013, un Institut de l'Economie circulaire a été créé pour mutualiser la veille et la recherche dans ce domaine et qu'un des objectifs affichés de l'organisation est l'adoption d'une loi-cadre sur l'économie circulaire, d'ici 2017. Un premier amendement au projet de loi Consommation, a d'ailleurs été voté en juin 2013<sup>27</sup>, qui entérine la remise d'un rapport, d'ici juin 2014, sur le développement et les perspectives de l'économie circulaire en France qui inclut les potentiels de l'économie de fonctionnalité, des économies pour les entreprises et les consommateurs et la création de nouveaux métiers et filières.

En parallèle du travail entrepris par cet Institut, le gouvernement a également inscrit l'économie circulaire comme une thématique phare de la conférence environnementale qui s'est tenue en septembre 2013. Cette conférence entérine le rôle de chef de file des régions dans la mise en place de stratégies régionales d'économie circulaire, qui devront à terme être intégrées dans les schémas régionaux de développement économique.

---

27 - Source : *Journal de l'environnement*, article « Le premier rapport sur l'économie circulaire attendu dans un an » par Stéphanie Senet, 14 juin 2013

## **2. Métabolisme économique francilien : quels potentiels d'économie circulaire ?**

La mise en place d'une stratégie d'économie circulaire suppose en tout premier lieu l'identification des enjeux et des potentiels de l'écosystème économique régional tant au regard de ses interactions aux différentes échelles qu'au regard de la diversité des champs sectoriels sollicités, en amont comme à l'aval de la chaîne de valeur. Cela implique une analyse systémique complexe, au croisement de considérations environnementales et économiques et donc de champs d'expertise cloisonnés. Ainsi, si la connaissance est disséminée, il n'existe pas non plus à ce jour de méthodologie ad hoc pour identifier ces potentiels. C'est pourquoi, nous avons fait le choix de renseigner et d'illustrer ces potentiels régionaux en s'appuyant sur l'analyse d'une part des flux de matières mobilisées par l'économie, pour rendre compte du fonctionnement particulièrement ouvert de l'écosystème économique francilien, d'autre part des marges de progression dans la valorisation des déchets à l'aval de la chaîne, relevant de logiques sectorielles. Enfin les orientations politiques appuyant et participant à l'heure actuelle à la mise en place d'un tel modèle économique ont été relevées.

### **2.1. Les flux de matières mobilisées par les activités économiques**

#### **Une comptabilité de flux de matières en développement à l'échelle régionale**

La comptabilité de flux de matières s'est installée progressivement ces 10 dernières années au niveau mondial, communautaire à l'initiative de l'OCDE et d'Eurostat. Des séries statistiques, sur 20 ans, renseignent aujourd'hui sur la dynamique de consommation de ressources.

Au niveau régional, cette comptabilité de flux physique n'est pas encore mise en place. Les indicateurs généralement utilisés pour décrire et quantifier les activités économiques, sont ceux de la comptabilité nationale classique (PIB, valeur ajoutée, taux de croissance, taux d'emploi,...). Même si de nombreuses données existent à la fois en amont (sur le prélèvement des ressources) et en aval (sur les émissions de gaz, les pollutions, les déchets), elles sont bien souvent traitées et analysées de manière sectorielle. De la même manière, l'analyse sur la productivité matière, les cycles de vie des produits, les risques d'approvisionnement sont analysés à l'échelle de l'entreprise et rarement à l'échelle territoriale. Il est donc difficile, à ce stade, d'identifier précisément les enjeux et potentiels des territoires en matière d'économie circulaire.

Pourtant, les métropoles concentrent les activités économiques, consomment de grandes quantités d'énergie et de matières premières. En aval, les villes produisent de grandes quantités de déchets dont beaucoup sont précieux et contenus dans les infrastructures et biens d'équipement des villes. Enfin, l'espace disponible pour produire se raréfie et crée de fait, des dépendances plus fortes entre les territoires en matière d'approvisionnement.

Il est donc aujourd'hui important dans l'accompagnement de la dynamique de développement économique de connaître plus précisément ces flux de matières mobilisées par les activités économiques, d'identifier les potentiels en matière d'efficacité de consommation de ressources et d'avoir une approche globale et coordonnée avec les aires d'approvisionnement.

Conscient de ces enjeux, le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie devrait faire paraître, début 2014, un guide pour élaborer une comptabilité de flux de matières à une échelle infranationale et ainsi améliorer la connaissance des flux entrants et sortants des économies régionales.

7En Ile-de-France, un premier travail a été réalisé en 2007 par la chercheuse en aménagement et urbanisme, Sabine Barles. Dans un rapport de recherche pour le compte de la ville de Paris, elle y reprend la méthodologie des comptes de flux de matières d'Eurostat, pour identifier la nature des flux qui entrent dans la région, ceux qui sont stockés, et enfin ceux qui sortent de l'économie. Nous avons repris ce travail et actualisé les données pour les comparer au fonctionnement de l'économie nationale et identifier les particularités de la région.

Néanmoins, cette approche du métabolisme francilien réalisé à titre de démonstration reste à conforter. Et l'analyse de la dynamique est à prendre avec précaution, compte tenu des différentes années d'actualisation (entre 2006 et 2010), notamment pour le volume des importations et des exportations.

### **Un écosystème économique particulièrement ouvert vers l'extérieur**

L'Ile-de-France se caractérise en amont de la chaîne de valeur par sa forte dépendance aux importations. Sur les 217 millions de tonnes de ressources mobilisées par l'économie<sup>28</sup>, en 2009, seules 33 % sont extraites du territoire. Les gros volumes de ressources extraites localement se résument pour l'essentiel aux minéraux de construction (à 83 %)<sup>29</sup>, et à la biomasse (à 15 %, blé tendre, céréales, colza, tournesol, betterave sucrière). Le reste des ressources est importé à 67 %.

En termes d'évolution, cette part des importations aurait tendance à s'accroître ces dernières années (60 % en 2003 contre 67% en 2006). Ces flux proviennent pour moitié d'autres régions (52 %), pour l'autre de l'étranger (48 %).

En termes de structure, l'économie francilienne se caractérise également par un volume important d'exportations. Un tiers (31 %) du volume total de matières de l'économie, est exporté, alors que ce ratio n'est que de 12 % à l'échelle nationale.

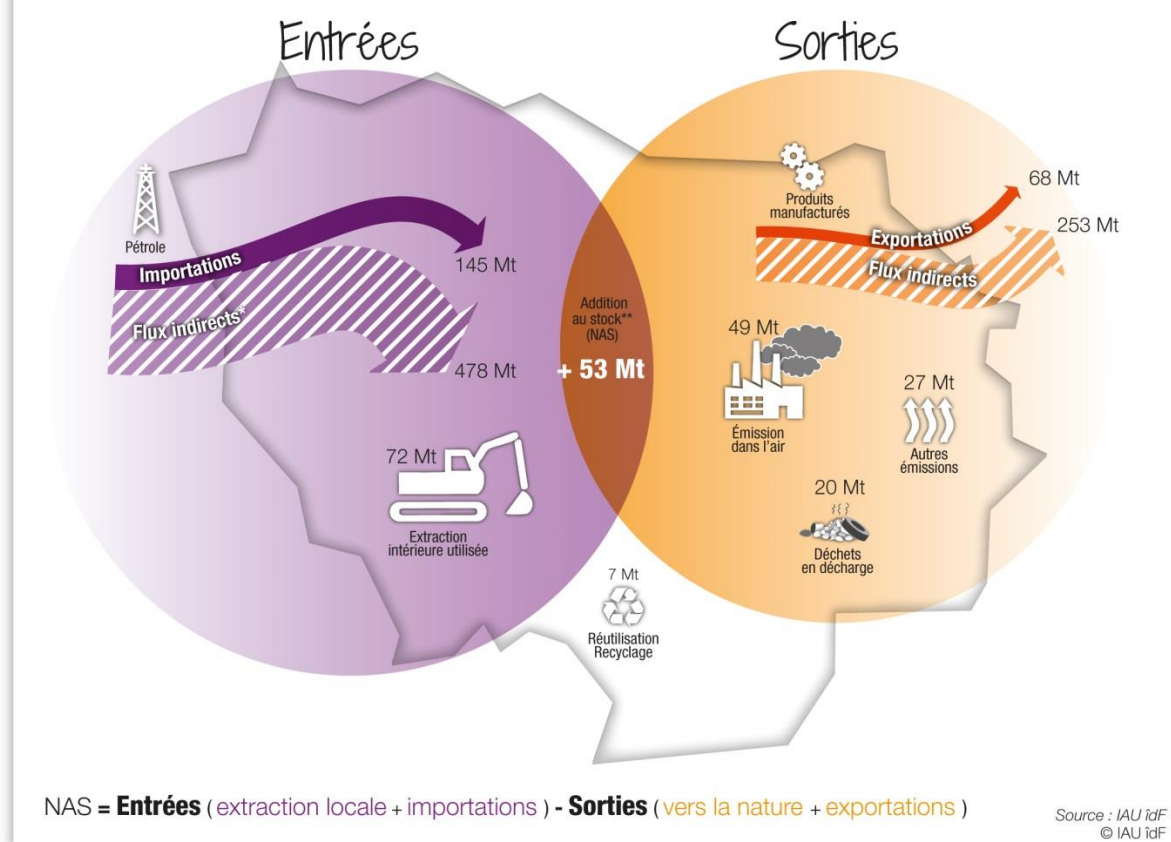
---

28 - Les ressources comptabilisées couvrent toutes les matières mobilisées par l'écosystème économique (ménages, entreprises). Seule l'eau fait l'objet d'une comptabilité à part. Les flux entrants dans l'économie comprennent les matières premières et récoltes extraites du territoire national, ainsi que les matières premières et produits importés. Les flux sortants comprennent les déchets mis en décharge et les polluants émis sur le territoire national, ainsi que les matières premières et produits exportés. Les matières sont comptabilisées en volume (millions de tonnes) et non en valeur marchande. Source : EUROSTAT : [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental\\_accounts/introduction](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental_accounts/introduction), > rubrique Comptes de flux de matières.

29 - Extraction locale hors oxygène



## Bilan des flux de matières mobilisées par l'économie francilienne en 2010



\* **Flux indirects** : matières mobilisées pour la fabrication d'un produit ou d'un service prêt à être importé ou exporté, en déduisant la masse du produit lui-même. Ces flux ne sont pas physiquement importés ou exportés.

\*\* **Addition au stock (NAS)** : mesure la croissance physique d'une économie. Elle correspond à la différence entre les nouveaux matériaux qui s'ajoutent sous diverses formes (voitures, équipements industriels et ménagers,...) et les anciens qui en sont retirés sans recyclage (mis en centre de stockage des déchets, de démolition de bâtiments, de déchets de biens durables ultimes...)

En d'autres termes, l'écosystème économique francilien importe pour sa consommation intérieure, transforme certaines ressources importées et joue également un rôle de redistributeur de flux principalement au sein du territoire national (73 %) mais aussi à l'étranger (27 %). Cette organisation des flux est à mettre en corrélation à la fois avec la tertiarisation progressive de l'économie francilienne mais aussi avec le type d'infrastructures de transports qui irriguent le territoire national et international.

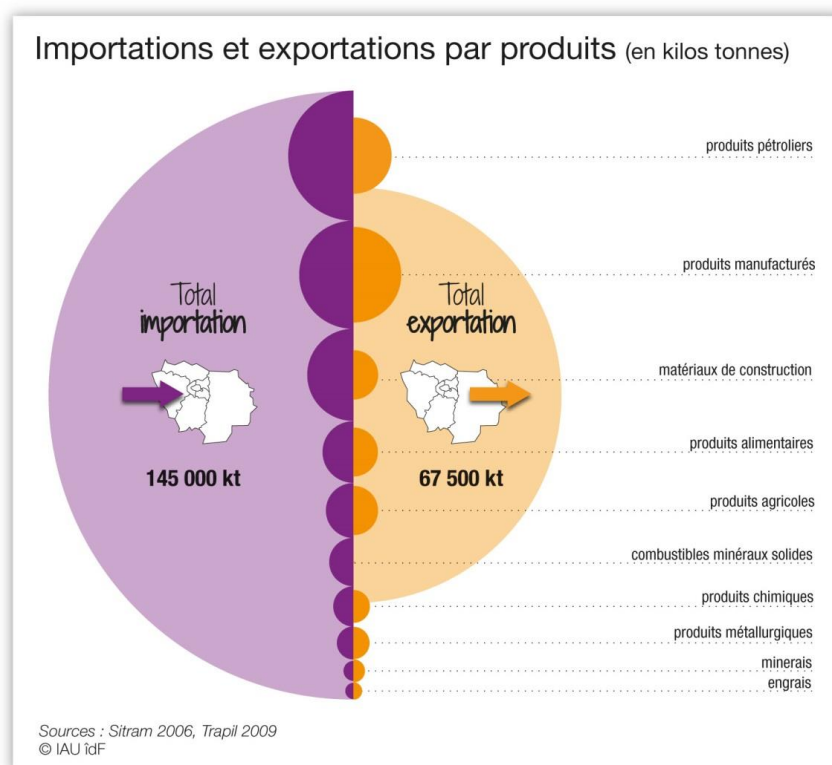
Ce fonctionnement ouvert explique, en partie, les bonnes performances en matière de productivité matière. Néanmoins, si l'on considérait dans le besoin total de ressources contenues dans les importations, les pressions indirectes induites dans les pays producteurs (les flux indirects), le volume de ressources extraites serait 3 fois plus important. Et la consommation de ressources par habitant serait de l'ordre de 41 tonnes / habitant et par an (contre 46 tonnes / habitant en France).

### Des dépendances structurelles vis-à-vis de certaines matières

La dépendance aux importations est très variable selon les catégories de marchandises<sup>30</sup>. Elle est liée au niveau de consommation de ressources pour les minéraux de construction alors qu'elle est structurelle pour les minerais métalliques et les combustibles fossiles. Les ressources fossiles pèsent pour 60 % dans le total des importations de l'étranger. Néan-

30 - Voir Nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques des transports révisée (NST / R) pour connaître le détail des matières et produits pris en compte pour chaque grande catégorie : [sitram.application.developpement-durable.gouv.fr/SitramWeb](http://sitram.application.developpement-durable.gouv.fr/SitramWeb), rubrique NST

moins, l'Île-de-France importe plus qu'elle ne consomme : un tiers est exporté vers d'autres régions françaises et à l'étranger.



Pour les matières métallurgiques, l'économie francilienne est totalement dépendante des importations. La provenance de ces matières est assez équilibrée entre le territoire national et l'étranger. Elle exporte également des quantités équivalentes de produits métallurgiques.

Quant aux produits agricoles et alimentaires, ils comptent pour 11 % dans les flux entrants dans l'économie francilienne. L'essentiel (à 85 %) de la consommation francilienne est importé, principalement des autres régions françaises. A titre d'exemple, la production totale de fruits et légumes ne représente que 15 % de la consommation. En revanche, la Région est productrice et exportatrice de céréales et de betteraves sucrières, notamment. En termes de volumes, ces flux sortants de produits agricoles sont équivalents aux importations. C'est la nature des produits qui diffère. Pour les produits alimentaires, la balance de flux est plus déficitaire, on importe quasiment le double de ce que l'on exporte.

C'est sans doute pour les matériaux de construction<sup>31</sup> que la balance de flux (entrant/sortant) est la plus déficitaire. Les potentiels en matière de circularité sont évidents, tant en matière de stock immobilisé dans les infrastructures, qu'en matière de consommation de ressources provenant de l'extérieur. Alors que l'extraction locale (de granulats essentiellement) est importante, en théorie, l'Île-de-France n'est autosuffisante qu'à hauteur de 35 %. Elle importe l'équivalent de 1,2 fois ce qu'elle extrait sur le territoire et exporte néanmoins l'équivalent de 25 % de sa consommation (de la silice et du gypse pour l'essentiel)<sup>32</sup>.

31 - Cette catégorie de marchandises inclut le verre, la fibre de verre, les briques, les isolateurs, les ciments, la chaux, le plâtre, les mélanges bitumineux, les granulats.

32 - Source : DRIRE, IAU Île-de-France, Minéraux et Matériaux industriels en Île-de-France, Panorama régional, septembre 2007

## **Des aires d'approvisionnement différenciées en fonction des ressources**

La région se caractérise donc par une complexité de flux entrants et sortants, flux qui varient également en fonction des destinations et du tissu économique du territoire.

De l'étranger, elle importe principalement du pétrole brut et raffiné et dans une moindre mesure des produits manufacturés (20 %). Elle y exporte les mêmes catégories de produits mais dans des quantités moindres.

Avec les autres régions françaises, l'Île-de-France importe pour l'essentiel des produits manufacturés (à 37 %), des minéraux de construction (à 30 %) et des produits agricoles et alimentaires (pour respectivement 10 et 11 %). Elle y exporte, également, à 46 % des produits manufacturés et des produits agricoles et alimentaires (12 et 11 % respectivement).

La nature des flux importés prend des formes différentes en fonction des territoires franciliens. Selon Sabine Barles, on consomme plus de matières alimentaires à Paris qu'ailleurs (en tonnes par habitant) car la ville est un pôle d'emploi et de tourisme, et nourrit plus que ses habitants. En revanche, on consomme légèrement plus de produits manufacturés en petite couronne. Et en grande couronne, on consomme plus qu'ailleurs des matériaux de construction : 4,8 tonnes /habitant /an contre moins de 0,5 tonne /habitant /an à Paris (en 2004).

## **Les potentiels de l'économie circulaire au regard de l'analyse de flux**

Les plus grands déficits de flux en volume et par catégorie de produits sont significatifs pour les combustibles fossiles, les produits alimentaires, et les minéraux de construction.

Même si des stratégies de transition sont en place à l'échelle régionale pour réduire, par exemple, notre dépendance énergétique aux combustibles fossiles ou développer des filières courtes alimentaires, l'écosystème francilien demeurera, par nature, largement dépendant de l'extérieur pour son approvisionnement et les débouchés de ses produits. Mais des marges de progression existent, et les stratégies en place visent à les développer.

Compte tenu de cette dépendance à des aires d'approvisionnement externes et l'importance des flux indirects, il semble, par ailleurs, essentiel dans la mise en œuvre d'une stratégie d'économie circulaire d'adopter un raisonnement « cycle de vie » et de porter une attention particulière à la traçabilité des matières de l'amont à l'aval de ces chaînes de valeur, nationales pour l'essentiel, et globalisées pour les combustibles fossiles et les métaux ferreux et non ferreux.

La comptabilité de flux de matières ne permet pas à l'heure actuelle de raisonner par secteur d'activité et d'analyser finement les ressources mobilisées par chacune des branches industrielles. Néanmoins, des leviers existent d'ores et déjà pour optimiser les potentiels « circulaires » au sein des processus de conception et production des entreprises. Pour les révéler, il s'agit de promouvoir et d'accompagner la mise en place des principes de l'écoconception sur l'ensemble des secteurs. Cela devrait être particulièrement le cas pour les industries les plus consommatrices de matières premières ainsi que celles qui mettent sur le marché de grandes quantités de biens de consommation dans le bassin francilien.

Une attention particulière devrait également être portée aux flux de ressources « rares » ou « critiques » qui en masse, passent inaperçus, et qui pour autant, compte tenu de la demande mondiale et du rôle stratégique que ces ressources jouent dans le développement de filières industrielles d'avenir, sont essentielles. La dépendance de l'économie francilienne, à cet égard, est quasi totale.

Une des « mines » de métaux rares se trouve dans nos infrastructures et biens de consommation. Car même si les processus de production s'opèrent ailleurs, nos importations génèrent tous types de déchets. En effet, environ 12 % des flux en sortie (8 % au national) de l'économie francilienne sont des déchets mis en décharge. Ils constituent ainsi, en théo-

rie, un gisement de matières premières de recyclage, de tous types et de proximité, pour l'industrie francilienne. Cet indicateur pourrait constituer un indice de notre potentiel en matière d'économie circulaire. En théorie, ce potentiel gisement couvrirait 9 % de notre besoin courant de matières premières. Alors, que trouve-t-on dans nos « poubelles » ?

## **2.2. État des lieux sur la production de déchets et leur valorisation**

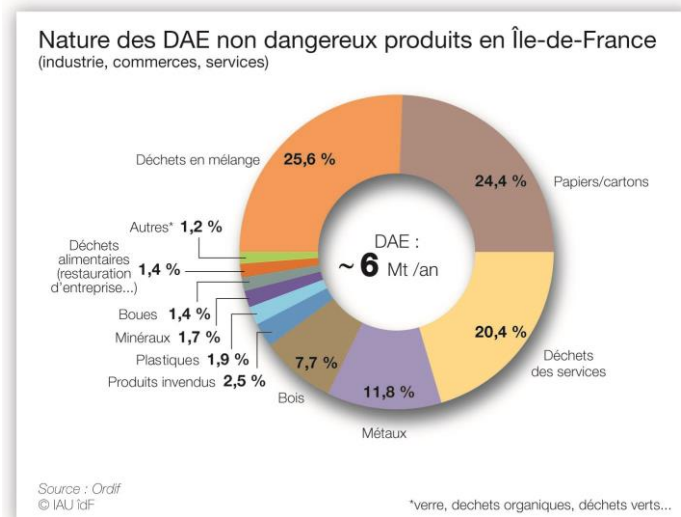
### **Un gisement conséquent**

La production annuelle des déchets en Île-de-France est estimée en 2013 à environ 40 millions de tonnes. Le volume des déchets ménagers et assimilés (DMA) collecté s'élève à environ 5,7 millions de tonnes en 2011, soit 481 kg/hab. Cette catégorie de déchets est en majorité composée de déchets non dangereux. En termes de volume, les déchets de chantiers du BTP constituent le gisement le plus important à l'échelle francilienne avec une production annuelle estimée à environ 30 millions de tonnes, soit près des deux tiers du gisement global de déchets. Plus de 80 % de ces déchets sont des déchets inertes (terres et matériaux de terrassement non pollués, pierres, bétons de démolition, verre, briques, mélanges bitumineux ne contenant pas de goudrons...) provenant pour 60 % d'entre eux des travaux publics et pour 40 % du bâtiment.

En 2010, le gisement francilien de déchets dangereux produits en Ile-de-France est estimé quant à lui à 1 048 400 tonnes collectées et traitées dont 30% sont des terres polluées, 12% des résidus d'épuration et fumées et 12% des véhicules hors d'usage. Près de 70% sont traitées en Ile-de-France, le reste étant traité dans les régions limitrophes (136 100 t) ou à l'étranger (Belgique, Pays-Bas, Allemagne, Espagne). A l'inverse, la Région accueille et traite des déchets dangereux non franciliens à hauteur de 277 500 tonnes.

La connaissance des déchets d'activité économiques (DAE) est demeurée pendant longtemps très lacunaire. En Ile-de-France, la production annuelle de l'industrie, du commerce et des services a été estimée à partir des données d'enquêtes nationales de l'INSEE et des données départementales. La production francilienne de DAE non dangereux des secteurs de l'industrie, des commerces et des services est aujourd'hui estimée à 6 millions de tonnes, dont 58% provenant des commerces, 22% de l'industrie et 20% des services.

Le profil en matière de production de déchets de la région Île-de-France est ainsi à plusieurs égards assez singulier. On constate notamment une plus forte production de déchets issus du BTP et une plus faible production de DMA par rapport à la situation France entière. Il existe néanmoins au sein de l'Île-de-France d'importantes disparités en termes de production selon les territoires, notamment associées à la densité du tissu urbain, à l'activité économique, au poids démographique et à la structuration des différentes filières de collecte et de traitement.

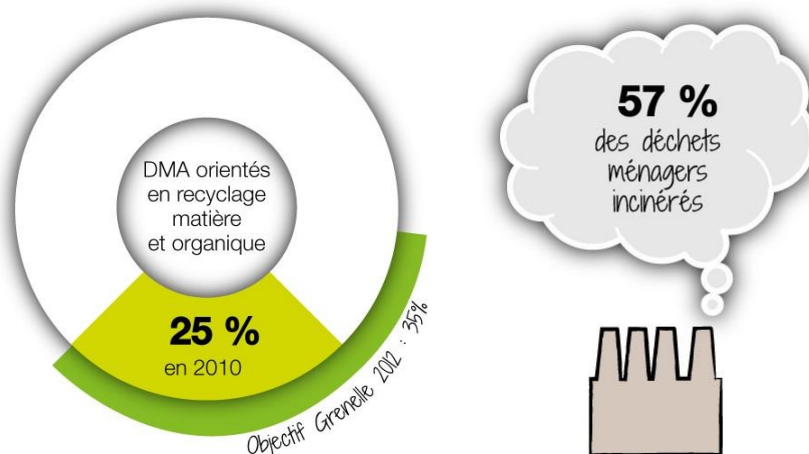


## Modes de traitement : des efforts de valorisation à encourager

### Une faible diversification des filières de traitement des déchets ménagers et assimilés

En 2010, 6 tonnes de déchets ménagers et assimilés sur 10 étaient incinérées. Pour des raisons qui tiennent à la spécificité de l'Île-de-France, à savoir des volumes de déchets conséquents et une forte densité des tissus urbains, le traitement des déchets ménagers repose, en grande partie, sur cette filière. L'incinération représente un moyen de traiter de grands volumes sur de petites surfaces. Cette situation a représenté un handicap au développement de nouvelles filières dans la mesure où la mise en place du tri sélectif et du compostage n'a réellement commencé qu'avec la loi de juillet 1992, ce qui explique en partie les faibles performances encore observées dans ces deux domaines.

L'incinération assure une capacité d'élimination d'environ 4 millions de tonnes réparties dans 19 incinérateurs d'ordures ménagères (soit 15 % du parc national d'incinérateurs et le cinquième de ses capacités). Les capacités de tri sont plutôt excédentaires par rapport aux multimatériaux reçus, du fait d'un taux de captage encore à optimiser des collectes sélectives. Les unités de compostage des ordures ménagères brutes ne fonctionnent pas au maximum de leurs capacités. La région est notoirement sous-équipée pour le compostage des déchets verts, eu égard au potentiel de déchets organiques disponible. En 2010, au total 25 % des DMA collectés en Île-de-France ont été orientés vers des filières de recyclage matière et organique en 2010.



## Un parc croissant de déchèteries

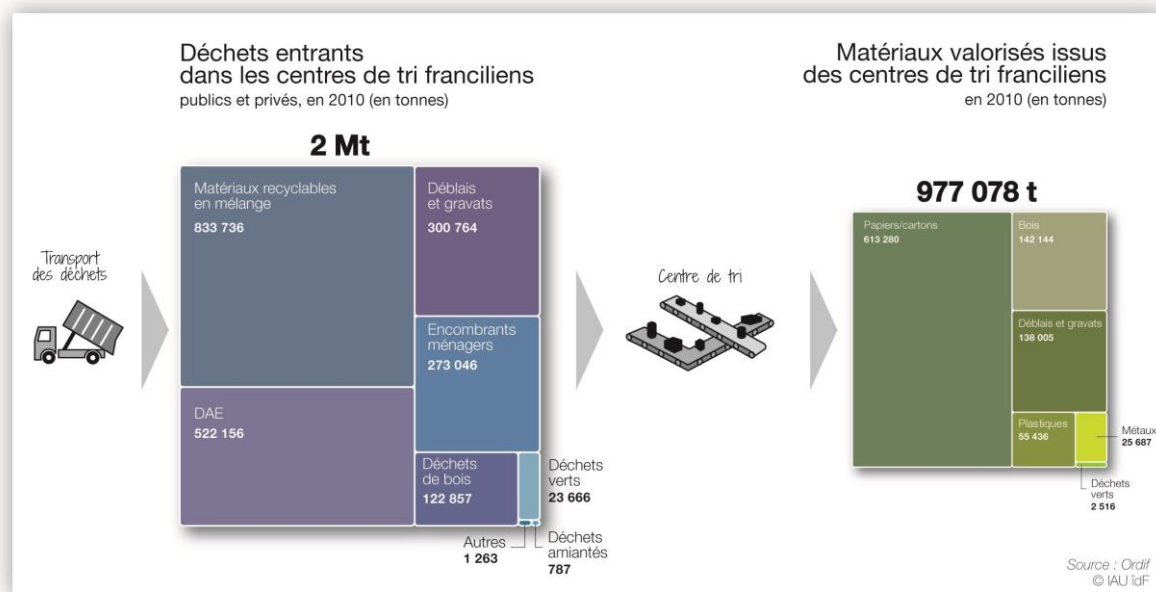
Au cours des dernières années, l'Île-de-France a fortement multiplié son nombre de déchèteries publiques, et compte aujourd'hui 167 installations. Dispositif important de collecte, les déchèteries ont un impact sur la diminution des dépôts sauvages et sur les taux de valorisation matière. Le ratio moyen de 60 kg /hab /an apporté en déchèteries en 2010 (708 000 tonnes) masque des situations très différentes selon leur accessibilité (faible ratio dans l'agglomération centrale où le taux de motorisation est réduit, faible ratio également dans les territoires ruraux, où les déchèteries sont éloignées. L'ouverture ou non aux professionnels (artisans, commerçants) et l'existence de dispositifs de collecte des déchets verts et des encombrants sont également des facteurs de disparités territoriales. On note toutefois une augmentation des quantités apportées dans ces installations, le ratio d'apport en déchèterie ayant progressé de 6Kg/hab entre 2010 et 2011.

## Différentes formes de valorisation

Selon l'article L541-1 du code de l'Environnement, la valorisation consiste au « réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir à partir des déchets des matériaux réutilisables ou de l'énergie ». On distingue usuellement la valorisation matière de la valorisation énergétique. Sur l'année 2010, la valorisation matière des déchets en Île-de-France a permis au total de valoriser 2 215 514 t.

### La valorisation par le tri

La valorisation matière via le tri permet l'utilisation de tout ou partie d'un déchet en remplacement d'un élément ou d'un matériau suite à la séparation par catégorie de matériaux effectuée dans les centres de tri. En Île-de-France en 2010, 2 078 274 t de déchets ont été réceptionnées sur les centres de tri. 977 078 t de matériaux sont parties dans des filières de valorisation. Le tonnage principal concerne les papiers-cartons (63%).



### La valorisation organique

La valorisation organique des déchets comprend le traitement par compostage et celui par méthanisation. Le compostage consiste en une fermentation aérobie contrôlée de déchets organiques qui aboutit à la production d'un amendement organique : le compost. En 2010, le compostage en Île-de-France a permis de produire 165 467 t de compost contre 189 630 t en 2008. Par ailleurs, il a pu être extrait des plateformes de compostage 80 458 t de bois et broyats de déchets verts, valorisés notamment en paillage agricole, chaufferies. La méthanisation est un procédé biologique de dégradation de la matière organique par

une flore microbienne en anaérobiose. Tout déchet organique peut fermenter et produire du méthane : déchets de cuisine, déchets de jardin, boues de stations d'épuration, lisiers d'élevage, déchets de l'industrie agro-alimentaire, papiers, cartons. En 2010, la méthanisation en Île-de-France a permis de produire 17 917 t de compost contre 23 740 t en 2008.

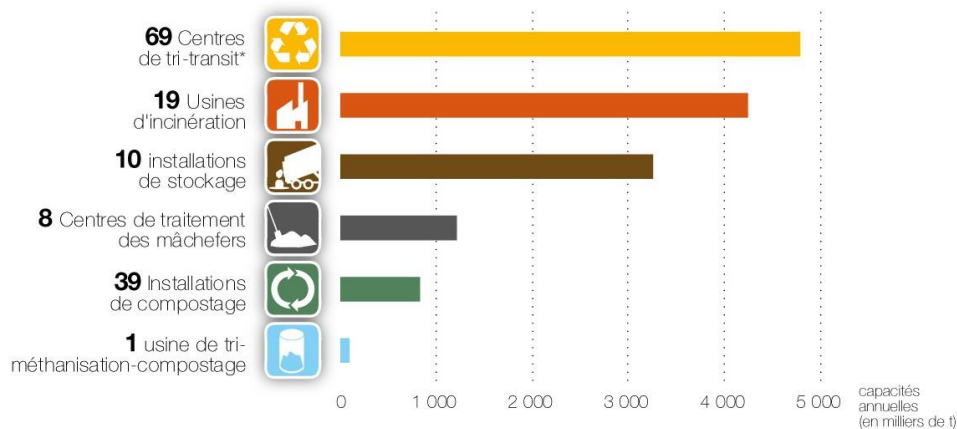
#### La valorisation par l'incinération

De l'incinération des déchets non dangereux sont obtenus des mâchefers qui peuvent en très grande majorité être valorisés en sous-couche routière notamment après maturation dans des centres dédiés, les Centres de Traitement et de Valorisation des Mâchefers (CTVM). Au cours de l'année 2010, 686 473 tonnes de mâchefers ont été orientés vers des CTVM pour ensuite être valorisés. Au sein des usines d'incinération peuvent également être extraits des métaux. En 2010, ils représentent 61 093 tonnes. Enfin, 20 656 t de RE-FIOM ont été envoyés en mines de sels allemandes (à ce jour, et au vu de la jurisprudence, ce stockage constitue de la valorisation) et 2 410 t ont été envoyés vers des procédés de régénération. Au total, l'incinération a permis de valoriser 770 632 tonnes de matériaux en 2010 en Île-de-France.

#### La valorisation énergétique

La production d'énergie grâce à la combustion des déchets par incinération ou celle du biogaz récupéré dans les installations de stockage des déchets non dangereux (ISDND) ou en usine de méthanisation constituent donc des modes de valorisation énergétique. Sur les 19 unités d'incinération de déchets non dangereux (UIDND) d'Île-de-France, 18 réalisaient de la récupération énergétique en 2010, permettant de produire de la chaleur et de l'électricité. Ont été ainsi vendus en 2010 plus de 3 289 877 MWh thermiques aux réseaux de chaleur urbains et industriels ainsi que 606 022 MWh électriques. De son côté, l'unité de méthanisation de Varennes-Jarcy effectue la valorisation électrique du biogaz produit par le processus. En 2010, 4 405 MWh d'énergie électrique issue de la récupération du biogaz sur l'unité de méthanisation francilienne ont été vendus contre 2 901 MWh en 2008. Les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) ont quant à elles produit 299 062 MWh d'énergie électrique vendus au réseau EDF, contre 279 946 MWh en 2008, ainsi que 179 MWh de biocarburant réinjectés dans une flotte de camion de collecte d'ordures ménagères. Sur l'année 2010, la valorisation énergétique des déchets en Île-de-France a permis au total de produire 4 200 GWh d'énergie soit 360 741 tonnes équivalents pétrole dont 3 290 GWh d'énergie thermique issue de l'incinération, 909 GWh d'énergie électrique ainsi que 0,18 GWh de biocarburant.

## Installations et capacités annuelles de traitement des déchets non dangereux au 1er janvier 2012



Source : Ordif, tableau de bord des déchets franciliens, édition 2012  
© IAU îdF

\*capacité autorisée annuelle minimale

### Encart 1. Valorisation matière

Le tri permet d'isoler les différentes matières valorisables et les envoyer en recyclage matière. Si le flux entrant est de la collecte sélective d'emballages (hors verre), pourront être extraits :

- Le papier : recyclable de 8 à 12 fois, en papier toilette par exemple (100 kg de vieux papier = 90 kg de papier recyclé) ;
- Le carton : recyclable environ 10 fois, pour refaire de la pâte à papier (1t de carton recyclé = 2,5 t de bois économisées) ;
- Le plastique de type PET : pour confectionner par exemple 1 pull en laine polaire grâce à 27 bouteilles ;
- le plastique de type PeHD : pour confectionner par exemple des bacs de fleurs ;
- Les métaux ferreux (acier) : refondus en aciérie et utilisés en complément de matière vierge (5-30 %d'acier recyclé) ;
- Les métaux non ferreux (aluminium) : pour la fabrication de fer à repasser par exemple, ou encore 670 canettes = 1 vélo.

Le verre n'est pas trié, puisqu'il provient de conteneurs spécifiques mono-flux, donc propres. Le verre est ainsi renvoyé directement chez les verriers. Le verre peut être refondu à l'infini.

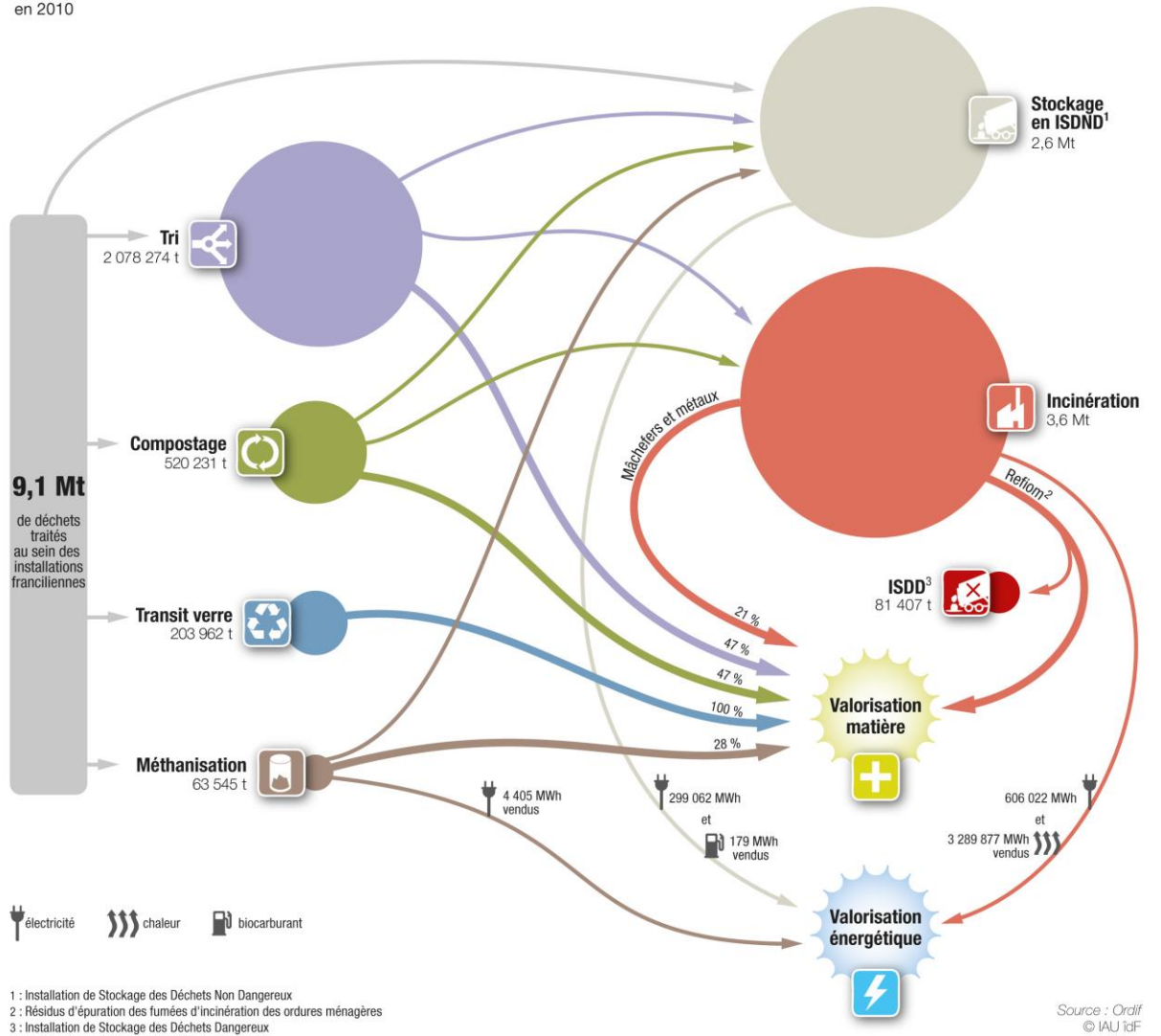
Si les flux entrants sont des encombrants ou des déchets d'activités économiques, seront extraits les métaux, le carton, les films plastiques, les palettes de bois : transformées en plaquette pour des chaufferies urbaines par exemple, et éventuellement, les textiles et matelas...

L'orientation en sortie de centres de tri vers de la valorisation (matière ou organique) représente alors 49,5 % des matériaux sortants. Si la part orientée en incinération est prise en compte, la valorisation représente alors 55,8 % du total des matériaux sortis des centres de tri franciliens en 2010.

Source : ORDIF



# Synoptique des flux de déchets en Île-de-France en 2010



## **Des dynamiques de développement diverses selon les filières de recyclage**

La dynamique de développement dans les filières de valorisation matière est largement partagée. Mais les réalités couvertes sont très diverses. Les acteurs, les modes d'organisation mais aussi les facteurs de développement sont différents d'une filière à une autre.

### **Des acteurs divers, de plus en plus grands**

Tout d'abord, les filières comptent des acteurs publics et privés, et de taille très diverses. En amont de la chaîne, notamment dans le tri et les activités de récupération, on trouve des entreprises d'insertion, et des TPE/PME. La filière compte également, plus en aval de la chaîne, et sur des gros gisements de déchets, de grandes multinationales (Veolia, SITA du groupe GDF-Suez, Paprec, Guy Dauphin Environnement,..). Ces entreprises offrent à la fois des services au niveau local (pour le détenteur de déchets), et des matières premières recyclées sur le marché international. Enfin, d'autres grands groupes industriels s'intéressent de plus en plus au recyclage. Renault, mais aussi Rhodia travaillent sur les possibilités de substitution ou de recyclage des ressources nécessaires à leur production. Ils le font soit en développement des consortiums avec des spécialistes du recyclage, soit en développant la compétence en interne<sup>33</sup>. Néanmoins, la tendance du secteur est à la concentration. Le nombre d'entreprises a été divisé par 2 en 10 ans<sup>34</sup>. Le secteur s'organise de plus en plus autour d'entreprises généralistes, de taille plus importante, capables de réaliser des investissements technologiques, logistiques importants et de traiter une multiplicité de flux de déchets.

### **Les principaux déterminants de la dynamique de développement des filières**

Les différences sont aussi significatives dans les modèles d'affaires et les facteurs de développement des filières. Quand la dynamique de certaines est poussée par les lois du marché, d'autres sont organisées par la mise en place de normes environnementales, sur le principe « pollueur-payeur ».

La dynamique de développement des filières « tirées par le marché » est déterminée essentiellement par le prix de la matière première vierge associée (ou le risque d'approvisionnement). Et même si la tendance, à moyen terme, est à la hausse, sur l'ensemble des matières, les fluctuations, à court terme, du marché, fragilisent fréquemment les filières. Il est donc important pour ces acteurs d'asseoir leur activité sur des volumes de production et des coûts de traitement « confortables ».

C'est donc dans un deuxième temps, le volume du gisement de déchet « mobilisable » qui va être déterminant dans la dynamique de développement de ces entreprises. Ces gisements, en fonction des matériaux, et du tissu économique, peuvent être concentrés dans quelques mains, ou diffus. C'est cette capacité à massifier les flux entrants (et le coût associé) qui va déterminer le seuil de rentabilité et le périmètre géographique des filières. Quand les filières de recyclage des métaux et des plastiques s'organisent à l'échelle internationale, les filières papier et cartons, elles, travaillent plutôt à l'échelle européenne. Quant à la filière du compost, du bois, elle est plutôt régionale. Dans ce maillage territorial, la proximité aux débouchés, c'est-à-dire aux industriels consommateurs de ces matières premières de recyclage, est un autre facteur important d'implantation.

Enfin, le développement d'une filière va dépendre de la capacité à traiter le déchet pour en faire une matière première recyclée à un coût inférieur ou égale à celui de la matière première vierge associée. Dans certaines filières, le verrou est technologique, c'est le cas pour

---

33 - Par exemple, Renault développe cette expertise en tissant des partenariats avec la recherche et le monde des déchets (en 2009 avec le BRGM, et en 2012 avec SITA). Alors que Rhodia, développe cette compétence en interne et développe des partenariats avec des producteurs étrangers innover dans les processus de production et produire des terres rares recyclées.

34 - Entre 1999 et 2009 Source : FEDEREC, *L'économie du recyclage : bilan de la production de matières premières recyclées 2011*, Magazine Environnement n°1709, juillet 2012

certains plastiques. Parfois, c'est le coût de la technologie associé aux autres facteurs (mobilisation du gisement, transport,..) qui ne permet d'atteindre un seuil de rentabilité.

Dans ce cas, la réglementation peut prendre le relai dans la mise en place des filières. Dans le cas des filières REP par exemple, c'est le producteur (ou le metteur en marché) qui paiera, le plus souvent via des éco-organismes, pour le traitement en fin de cycle de vie de son produit. Pour les lampes usagées par exemple, c'est l'éco organisme Recylum, qui a été créé par 4 grands industriels du secteur (General Electric, Havells-Sylvania, Osram et Philips) qui organise depuis 2003, la collecte et la valorisation des fractions métalliques mais aussi des terres rares contenues dans les poudres fluorescentes.

### **Des potentiels de développement différenciés**

Compte tenu de ses différentes variables, les stades de développement des filières industrielles sont assez hétérogènes. Certaines filières sont émergentes (D3E, plastique) alors que d'autres filières comme le papier, les métaux ferreux et non ferreux, sont plus matures. De fait, les taux de recyclage et les taux d'utilisation de ces matières dans les processus de production sont hétérogènes.

Bien que faisant partie des filières matures, des marges de progression importantes peuvent être encore faites sur les taux de valorisation de l'aluminium et du cuivre mais aussi dans les taux d'utilisation de ces matières recyclées dans les processus de production. Seuls 25 à 30 % du cuivre acheté par les industries françaises est issue du recyclage, 45 % pour l'aluminium. Pascal Faure, directeur général de la compétitivité, de l'industrie et des services à Bercy estime que sur les 2 millions de tonnes collectées de métaux non-ferreux, 0,5 million ne réintègrent pas des processus de production en France. Pour l'acier, qui affiche de belles performances en matière de taux de recyclage, c'est sans doute dans le volume des gisements collectés que les marges existent. Certains gisements ne sont pas encore valorisés, notamment dans le stock des véhicules en fin de vie. On estime ainsi que la France ne recycle qu'un tiers de l'acier qu'elle produit (contre deux tiers aux Etats-Unis).

Dans la filière papier, les marges se trouvent à la fois dans le taux de valorisation qui est bien inférieur à celui de certains pays UE comme l'Allemagne (75 %) ou le Royaume Uni (69 %) mais aussi dans la réduction des coûts de production de la matière première recyclée. Pour l'éco organisme EcoFolio, des efforts peuvent être faits dans le tri à la source des papiers, aujourd'hui majoritairement collectés en mélange avec les emballages, ce qui augmente le coût de traitement.

Dans les filières plus récentes, on trouve la filière plastique. Entre autres, parce que les incitations pour traiter ces matériaux le sont aussi. Les premiers traitements se sont principalement fondés sur la technique de « réchauffage » pour les remettre en état. Ajouté au fait que la nature des plastiques est très hétérogène et qu'il est difficile de les trier, les premières matières recyclées ont souvent été considérées par les industriels comme des ressources de piètre qualité. C'est ce qui explique à la fois les taux de valorisation et de réutilisation encore bas. Mais la filière est considérée comme à fort potentiel, à la fois parce que le prix du pétrole augmente, que des innovations progressives en matière de tri arrivent sur le marché, et enfin que la mise en place de certaines filières REP a permis la massification de certains flux jusqu'à présent diffus. Selon l'ADEME<sup>35</sup>, aujourd'hui, plus de 50 % des déchets plastiques produits sont couverts par une filière REP, et près de 80 % sont couverts par une réglementation ou une filière volontaire. Il s'agit donc désormais d'optimiser le réemploi, la réutilisation, et la valorisation matière mais cela suppose encore de lever certains verrous technologiques.

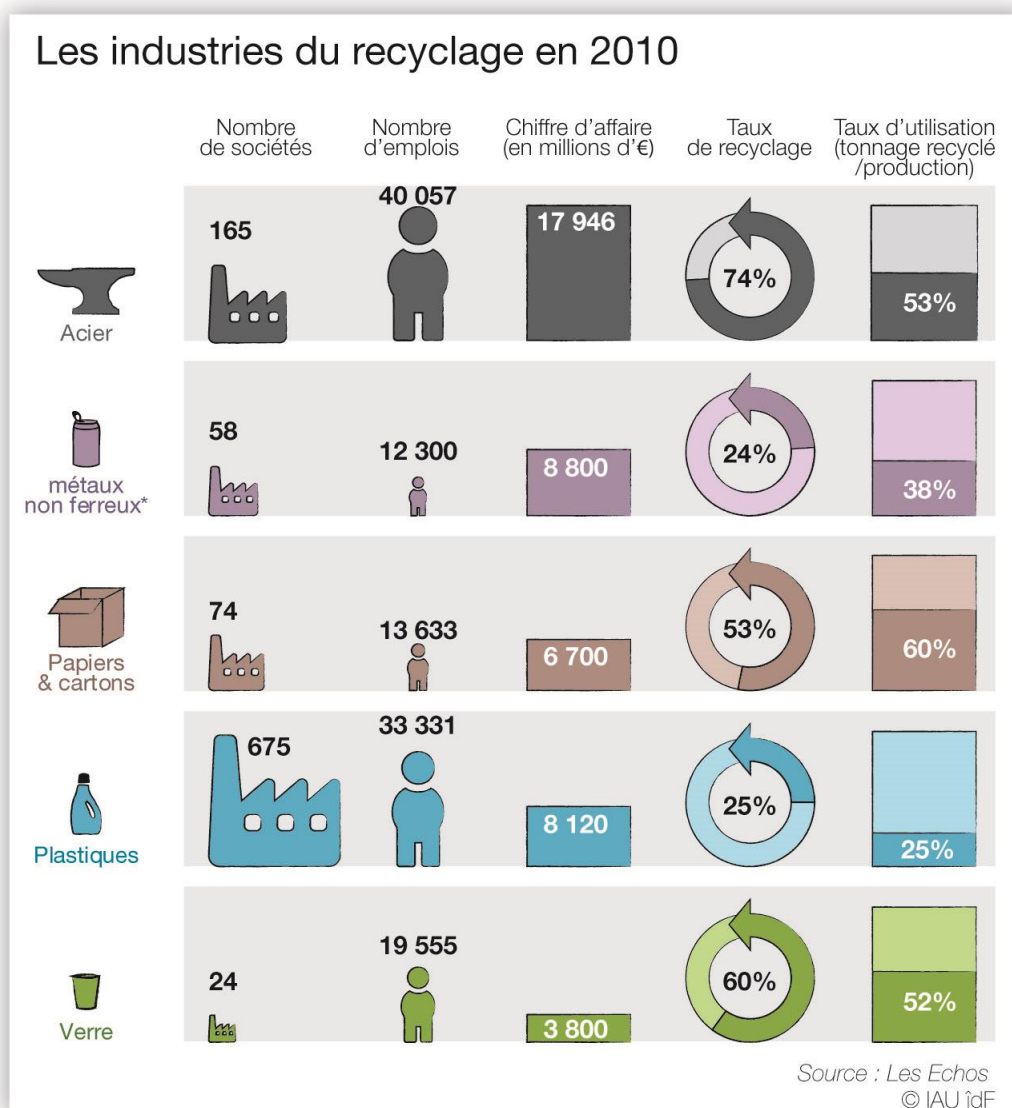
Enfin d'autres filières sont émergentes. C'est le cas pour le recyclage des métaux « rares » ou « stratégiques ». Les gisements sont encore diffus, associés à différentes filières REP (DEEE, VHU,..) et à une multiplicité d'usage (catalyseurs automobiles, catalyseurs pour les

---

35 - Source : ADEME : Enquête sur le recyclage des plastiques en 2010, avril 2012

industries chimiques et pétrolières, DEE, aimants, ampoules, aimant d'éoliennes, panneaux photovoltaïques,..). Les pratiques de recyclage « post-consommation » sont à développer pour la plupart de ces métaux<sup>36</sup>. L'émergence de ces filières est timide. Cela s'explique en partie par la forte volatilité des prix de ces matériaux et par la taille des investissements que cela nécessite.

Pour le Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP), le recyclage des métaux rares est pourtant stratégique. Il pourrait être activé de deux façons : soit par voie réglementaire avec des objectifs de recyclage spécifiques aux métaux rares (gallium des cartes électroniques, indium des écrans LCD) ou être favorisé par des incitations financières pour les traitements non rentables actuellement. C'est sans doute dans ces dernières filières ainsi que dans les polymères et élastomères (plastiques), les déchets de la construction / BTP et ceux de l'agriculture et l'industrie agroalimentaire que résident les plus forts potentiels en matière de développement de filière<sup>37</sup>.



36 - Source : Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective, *Approvisionnement en métaux critiques : un enjeu pour la compétitivité des industries françaises et européennes*, juillet 2013.

37 - La filière du recyclage et de la valorisation des déchets a été identifiée comme une filière stratégique pour l'économie verte par le MEEDDM, dès 2008. Depuis 2010, l'ADEME lance périodiquement des AMI pour soutenir le développement industriel de ces filières et les accompagner notamment vers un recyclage à forte intensité technologique et humaine. Dans sa feuille de route stratégique de 2013, elle a identifié ces 5 filières comme à fort potentiel de développement.

## 2.3. Des enjeux spécifiques en matière de circularité : le cas du secteur du BTP

Les déchets générés par les activités du BTP représentent en Ile-de-France l'un des gisements de déchets les plus conséquents. Ils représentent une problématique spécifique, en lien direct avec la dynamique de construction en Île-de-France. L'enjeu porte sur la recherche de solutions de stockage ou de réutilisation qui ne portent pas atteinte aux paysages et qui limitent la consommation de terres agricoles ou naturelles.

Dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion des déchets de chantiers du Bâtiment et des Travaux Publics (Predec), plusieurs objectifs de tri et de valorisation des déchets non dangereux et non inertes du BTP ont été fixés. La Région souhaite notamment soutenir la création et l'émergence de nouvelles filières de gestion des déchets non dangereux non inertes issus du BTP. Six filières ont ainsi identifiées comme prioritaires :

### Filière plâtre

Selon les dernières estimations, le gisement en Ile-de-France serait d'environ 80 000 t/an, et seules 8 000 t/an seraient aujourd'hui recyclées en Ile-de-France. Par ailleurs, le recyclage au niveau régional est limité aux chutes de carreaux et de plaques de plâtre, issus des opérations de construction alors que la grande majorité des déchets de plâtre, générés lors des opérations de réhabilitation ou de démolition, sont aujourd'hui dirigés en installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND), par manque d'installation permettant de recycler le plâtre amalgamé à des complexes isolants. L'implantation sur le territoire francilien d'une filière de prétraitement des déchets à base de plâtre avec complexes de doublage et d'installations réalisant le broyage et la séparation des différentes fractions valorisables dont le plâtre permettrait ainsi d'augmenter significativement le recyclage régional du plâtre.

### Filière bois

Le gisement francilien de déchets de bois non dangereux issus du bâtiment se situe entre 260 000 et 500 000 tonnes/an. Si une partie du gisement fait aujourd'hui l'objet d'une valorisation énergétique en chaufferie ou en UIOM, une autre partie est redirigée vers des usines de production en Belgique, pour de la valorisation matière (fabrication de panneaux de particules). Il s'agirait ici de développer des plateformes de regroupement et de prétraitement (tri, broyage) afin de les réorienter selon l'évolution de la conjoncture vers les filières les plus adaptées, et d'encourager le prétraitement par campagne de broyage sur sites existants.

### Filière PVC

Le gisement francilien des déchets de PVC du secteur du BTP est aujourd'hui estimé à 70 000 t/an. Si les filières de recyclage du PVC existent, seule une partie du gisement en provenance du BTP est à l'heure actuelle captée et recyclée (4 %). L'optimisation de la filière doit passer par un meilleur taux de captage du PVC rigide (issus des fenêtres et des canalisations) et plus largement par une incitation aux producteurs de PVC à assurer la structuration d'une filière de recyclage des produits mis sur le marché.

### Filière vitrages

En Ile-de-France, on estime qu'environ 1,5 millions de fenêtres sont remplacées annuellement dans le cadre de travaux de rénovation. Or, il n'existe pas à l'échelle régionale de filière de démantèlement des fenêtres permettant de séparer le châssis (constitué de matériaux recyclables, tels que le bois, le PVC ou aluminium) du verre plat (qui peut être transformé en calcin et réintégré dans le cycle de production du verre). Ce besoin est d'autant plus important à prendre en considération que ce volume a vocation à augmenter dans les années à venir, au regard des objectifs ambitieux fixés par le SRCAE en termes de réhabi-

litation thermique<sup>38</sup> pour le secteur résidentiel et tertiaire. Une des préconisations du Predec est donc de favoriser le développement de ce type de filière afin que les producteurs de verre puissent récupérer des déchets de verre « propres » et les recycler dans leur processus de production.

### **Filières isolants**

Le gisement francilien de déchets d'isolants représenterait quelques dizaines de milliers de tonnes par an. Si la filière de recyclage des isolants plastiques (PSE) existe, elle n'est pas à l'heure actuelle véritablement structurée et concerne presque qu'exclusivement les chutes de pose, le gisement provenant de la déconstruction étant encore marginal. L'objectif à terme serait donc de pouvoir récupérer une partie du gisement parfaitement recyclable et traiter l'ensemble des déchets de la filière aux différentes étapes (fabrication, construction et déconstruction).

### **Filière dalles de moquettes**

A l'échelle nationale, environ 4 millions de m<sup>2</sup> de dalles de moquettes sont déposées chaque année. Or, malgré l'existence d'un programme de valorisation des moquettes usagées (Optimum), lancé en juin 2010, seule une filière de valorisation énergétique existe (fabrication de combustibles de substitution), la filière de recyclage n'étant à l'heure actuelle pas développée. L'objectif fixé dans le cadre du Predec est de favoriser la structuration d'une filière de recyclage des moquettes usagées (dalles et rouleaux), afin d'atteindre l'objectif européen d'un taux de recyclage de 70 % par filière.

Plus largement, plusieurs recommandations transversales ont également été fixées dans le cadre du plan, pour favoriser une économie circulaire, au regard des objectifs du SDRIF, du SRCAE, de la SRDEI et au vu de l'ensemble des projets d'aménagement annoncés. La question de la « soutenabilité » du Grand Paris, vient interroger non seulement les capacités de stockage et d'absorption des territoires face aux volumes de déchets produits mais également leur « capacités à construire » au regard des besoins en ressources et matériaux de construction que le développement urbain annoncé exige.

Dans l'hypothèse d'une construction francilienne où la part de granulats artificiels –issus du recyclage - serait stable (les normes de construction actuelles interdisent l'utilisation de granulats recyclés dans les bétons hydrauliques, et ne l'autoriseront qu'à hauteur de 5 % à l'avenir ) et où celle de matériaux alternatifs (bois, autres agro-matériaux...) resterait faible, cette hausse des besoins induirait une augmentation de la production de granulats naturels à partir des gisements franciliens doublée d'une augmentation des importations depuis les régions voisines.

Etant donné les difficultés croissantes pour ouvrir de nouvelles carrières en Île-de-France, le risque d'importer davantage que 45 % des régions voisines est réel (avec une augmentation des transports à longue distance et des émissions de GES associées) alors même que ces régions expriment de plus en plus une volonté de diminuer les exportations vers l'Île-de-France. En outre, quand bien même la production francilienne de granulats naturels serait au niveau pour répondre aux besoins, cela signifierait une raréfaction plus rapide des ressources en granulats naturels franciliennes (granulats alluvionnaires), ressources non renouvelables. Enfin, certains secteurs de développement urbains mal desservis par le transport fluvial ou ferroviaire (en particulier le secteur de Saclay) font craindre une augmentation du trafic de poids lourds.

Ainsi, pour ne pas aggraver la dépendance aux granulats et répondre à la demande de construction, et valoriser l'important volume de déchets du BTP, la mise en place d'une économie circulaire constitue un enjeu fort pour l'Île-de-France. La diversification des matériaux de construction (utilisation de bois d'œuvre, de matériaux issus du recyclage) le main-

---

*38 - Pour rappel, l'objectif fixé d'ici 2020 est une multiplication par 3 du rythme de réhabilitation annuel pour le secteur résidentiel et une multiplication par 2 pour le secteur tertiaire.*

tien d'un bon niveau de réseau de sites de transformation et en particulier de centrales à béton en agglomération centrale sont autant de conditions à relever pour pouvoir assurer le développement urbain recherché. La contribution des granulats recyclés (en infrastructures routières, voire à plus long terme dans le béton hydraulique) et des terres recyclées (en remplacement des sables par exemple) doit être identifiée et intégrée dès le départ afin de générer une économie circulaire de proximité, économe en ressources. Une des conditions primordiales pour que puisse se développer une économie circulaire sur les « matériaux » issus des chantiers est qu'un lien direct entre les producteurs de déchets et les besoins en matériaux puisse se faire à l'échelle des territoires. Cela suppose également que l'ensemble des installations nécessaires à ce type d'échange puissent être pensé et calibré en amont (ex : plateforme de recyclage en nombre suffisant, zones de transit et de stockage temporaires, pour que les gisements puissent être massifiés,...).

## **2.4. Des signaux encourageants pour la mise en place de l'économie circulaire**

Si la Région Ile-de-France n'a pas à ce jour de stratégie d'économie circulaire à proprement parler, on retrouve des ambitions et ses principes d'action dans les orientations des principales politiques régionales, à la fois environnementales et économiques.

Différents objectifs affichés peuvent en effet témoigner à l'échelle régionale d'une volonté d'œuvrer plus ou moins directement pour la mise en place d'une économie circulaire. Tout d'abord, dans le domaine de la gestion des déchets, plusieurs plans d'élimination des déchets ont été récemment élaborés : le PREDMA (pour les déchets ménagers et assimilés), le PREDAS (pour les déchets d'activités de soins), et le PREDD (pour les déchets dangereux). Un plan régional de gestion des déchets de chantiers du Bâtiment et des Travaux Publics (PREDEC) est actuellement en cours d'adoption. La Région s'est également portée volontaire en novembre 2009 pour signer avec l'ADEME un accord-cadre 2010-2014 pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan régional pour la prévention des déchets (PRE-DIF), adopté le 24 juin 2011. Ces différents plans comprennent notamment des objectifs de réduction des déchets à la source, mais aussi d'amélioration du recyclage ou de réemploi.

Le SDRIF, adopté par le Conseil Régional le 18 octobre 2013, s'inscrit dans cette même voie en énonçant différents objectifs portant à la fois sur la prévention et la réduction des déchets, pour une gestion plus raisonnée et durable des ressources. Il encourage notamment la réhabilitation moins génératrice de déchets par rapport aux opérations de démolition-reconstruction, la réutilisation des déchets de chantiers sur site et le recyclage. Il rappelle l'importance de maintenir et de créer de nouvelles installations de tri-transit et des plateformes de recyclage au plus près des sites de production (principe de proximité), tout comme d'équilibrer sur le territoire l'implantation des installations de traitement et de stockage de déchets.

Concernant les flux d'énergie, le SRCAE, énonce quant à lui, de nombreux objectifs volontaristes pour réduire les consommations énergétiques et mettre en œuvre la transition écologique et énergétique. Le développement des énergies de récupération, constitue notamment un enjeu phare pour l'Ile-de-France et y est fortement encouragé. Ces énergies, servant à alimenter les réseaux de chaleur, peuvent être récupérées des usines d'incinération des ordures ménagères, des centrales d'électricité ou encore des data centers ou des eaux usées. Compte tenu des importants volumes d'énergies récupérables situés en milieu urbain dense en région Ile-de-France et de la présence de nombreux réseaux de chaleur urbain, la récupération de chaleur doit rester une priorité sur le territoire francilien, et doit passer avant le développement des énergies renouvelables. Concernant les activités économiques à proprement parler, la mise en place de synergies et de mutualisations entre acteurs économiques d'une même zone d'activité, la recherche d'une nouvelle organisation à travers la mise en place des principes de l'écologie industrielle y est directement mentionnée. D'autres objectifs sont également porteurs de principes de circularité. Dans son

volet agriculture, le SRCAE, incite également à une meilleure valorisation des ressources agricoles sous forme de produits énergétiques ou d'éco-matériaux. De nombreuses ressources peuvent être valorisées, tels que la paille ou les effluents d'élevage et les déchets agricoles. De manière plus générale, des orientations sont également fixées pour promouvoir la mutualisation et la réutilisation des biens, pour cheminer vers des modes de consommations durables et plus vertueux. A ce titre, l'intégration des critères visant à favoriser la mutualisation des biens dans l'ensemble des marchés publics est vivement recommandée aux collectivités territoriales. De la même façon, l'intégration de la question du gaspillage alimentaire et de l'empreinte carbone des menus dans les marchés de restauration collective est également évoquée.

Du point de vue du développement économique, les recommandations établies dans le cadre des États généraux de conversion écologique et sociale ainsi que la stratégie régionale de développement économique et d'innovation (SRDEI), adoptée en 2011, constituent également un signal encourageant. Dans les objectifs de la SRDEI, on y affirme l'ambition de développer une économie plus sobre et moins dépendante en termes de consommation d'énergie ou de matières premières. On y encourage également les nouveaux processus de production, de valorisation mais aussi de consommation, via l'usage et le partage. L'approche opérationnelle est principalement transversale et vise à encourager le croisement entre filières, le développement de l'écologie industrielle, et l'intégration des principes de la RSE dans l'ensemble des plans filière.

Si les filières de la valorisation des déchets ne font pas partie des priorités sectorielles désignées par la SRDEI, elles sont néanmoins soutenues, au niveau national, dans le cadre du plan de développement des 18 filières vertes stratégiques. Pour l'essentiel, les financements transitent via 3 appels à manifestations d'intérêt (AMI) de l'ADEME<sup>39</sup>. L'ADEME cible particulièrement les filières à fort potentiel comme le verre (déchets de verre automobile, verre contenu dans les panneaux solaires et produits contenant du silicium), les métaux ferreux, et non ferreux, les papiers - cartons (meilleure captation du gisement du tertiaire, optimisation du tri...), les biodéchets, mais aussi les véhicules hors d'usage, les pneumatiques et les caoutchoucs.

Ces différentes politiques publiques ont d'autant plus de sens que l'écosystème économique francilien apparaît à plusieurs titres comme un terrain particulièrement propice pour le développement de ces activités. D'une part, parce que la région est une grande métropole et que la densité des activités permet de massifier des gisements de déchets divers et de trouver des débouchés aux matières premières de recyclage. D'autre part, la nature diversifiée du tissu économique permet un spectre de spécialisation très large. La région compte à la fois un vaste réseau d'entreprises de services dans les matières dangereuses, mais aussi la présence de filières plus matures comme celles de recyclage de métaux, papiers, verre, VHU, et d'autres acteurs structurants dans le domaine chimique et énergétique. On retrouve également un certain nombre d'équipementiers performants, et des grands groupes de la chimie et de l'énergie qui peuvent jouer un rôle clé dans les innovations sur les matériaux en amont et en aval de la chaîne. Enfin, la Région bénéficie d'une proximité avec les centres de recherche publics et privés, et en particulier ceux des deux principaux groupes industriels du secteur : Veolia et Suez.

Ainsi, force est de constater que la région est en marche vers un modèle économique plus soucieux de ses matières premières et ressources naturelles à travers un certain nombre d'intentions fortes et d'objectifs en faveur de l'économie circulaire. Néanmoins, les orientations régionales affichées à ce jour portent grandement sur l'intégration des grands impératifs en termes de transition énergétique et les dispositifs économiques sont pour la plupart sectoriels, et accompagne le développement industriel de filières vertes. Ces différentes stratégies se situent et se concentrent encore très largement à l'aval du cycle économique.

---

39 - Les démonstrateurs, les expérimentations préindustrielles et les plateformes technologiques devront répondre à au moins l'une des 4 thématiques suivantes : Collecte, tri et préparation des matières et des produits usagés ; Transformation et mise en oeuvre de la matière ; Caractérisation des déchets et des matières et métrologie ; Développement de filières et de leurs chaînes de valeur.



Or, la mise en place d'une économie circulaire requiert une approche plus systémique et transversale, qui nécessite un changement de paradigme. Cela suppose, comme nous l'avons déjà évoqué dans le cadre du chapitre 1, la mise en place de plusieurs grands principes tels que l'écoconception des produits en amont, l'augmentation de la durée de vie des ressources via le développement de la réparation, du réemploi et du recyclage, des changements en matière de pratiques de consommation (usage versus possession) ou encore des changements de pratiques des entreprises tant en terme de processus de production, que de modèle d'affaires vers une logique « servicielle ». Cela doit également s'appuyer sur de nouveaux modèles organisationnels et sur de nouvelles logiques entrepreneuriales, dont le territoire pourrait être le liant et le socle fondateur. C'est en particulier ce que sous-tendent les principes de l'écologie industrielle.

### 3. Ecologie industrielle : quels retours pour l'Île-de-France ?

S'inscrivant dans le même cadre d'analyse de référence, l'écologie industrielle<sup>40</sup> se définit comme le développement de procédés et la recherche de synergies organisationnelles entre les acteurs économiques d'un territoire pour à la fois réduire l'exploitation des ressources naturelles et la consommation d'énergie, limiter la production de déchets, les rejets d'effluents, ou encore améliorer leur traitement. Application et déclinaison territorialisée et géographiquement localisée du modèle d'économie circulaire, l'écologie industrielle s'inscrit en rupture avec le modèle économique linéaire classique et prône une approche systémique des activités, intégrant la finitude des ressources et l'impératif d'une diminution des impacts des activités sur l'environnement.

Véritable stratégie de développement pour certains territoires, les démarches d'écologie industrielle engagées jusqu'à ce jour visent tout au moins à susciter des échanges entre acteurs économiques et industriels, une meilleure connaissance de leurs activités, besoins et ressources respectives avec pour finalité ultime la mise en place d'un nouveau mode d'organisation caractérisée par une gestion optimisée des flux de matière et d'énergie, à la fois par la mise en œuvre de synergies et des mutualisations de ces flux et d'autre part, par la mise en place de filières de recyclage, valorisation et réemploi.

Une acception élargie du terme « industriel », entendu comme l'ensemble des acteurs économiques d'un territoire (industriels, agriculteurs, collectivités, particuliers,...) est généralement retenue. Ainsi, bien que les zones d'activités économiques soient le terrain privilégié pour développer des synergies entre acteurs économiques, ces synergies peuvent également s'opérer à des échelles plus vastes<sup>41</sup>.

#### 3.1. Des initiatives territoriales de plus en plus nombreuses à l'étranger et en France

A l'échelle internationale, on recense de nombreuses initiatives et démarches se réclamant de l'écologie industrielle territoriale. Plusieurs expériences ont pu voir le jour depuis le début des années 2000 aux USA, en Australie<sup>42</sup>, au Canada<sup>43</sup>, au Japon<sup>44</sup>, en Chine, mais également en Suisse, aux Pays-Bas<sup>45</sup>, et au Royaume-Uni<sup>46</sup>.

L'exemple emblématique le plus souvent cité et l'un des plus anciens en matière d'écologie industrielle est celui de Kalundborg, au Danemark, développé en 1995. Une vingtaine de synergies opérationnelles, d'échange d'eau, de matières ou d'énergie ont pu être mises en place par 6 industriels locaux, en lien avec la municipalité. Les évaluations menées ont pu mettre en évidence de nombreuses économies réalisées : 3 millions de litres d'eau, 20 000 tonnes de pétroles et 200 000 tonnes de gypse, soit une économie globale de 15 millions de dollars.

---

40 - Définie pour la première fois en 1989 par Frosh et Gallopoulos, tous deux responsables de la recherche chez General Motors, la notion d'écologie industrielle n'a été véritablement et institutionnalisée que dans le courant, voire la fin des années 1990. Il faudra en effet attendre les travaux de Schulze, Frosh et Risser (1996), de Lifset (1998) ou de Suren Erkman (1997 et 1998) pour assister à une clarification et une mise à jour conceptuelle de ce champ.

41 - Voir notamment l'étude du potentiel de synergies d'écologie industrielle lancée à l'échelle du canton de Genève en 2005.

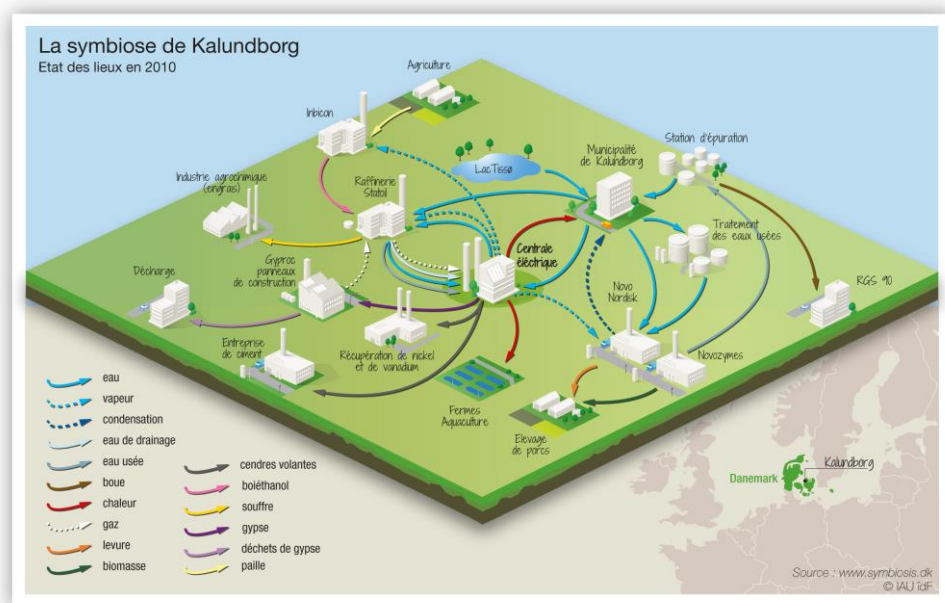
42 - Voir notamment Kwinana et Gladstone

43 - Dans le port de Bécancour, en face de Trois-rivières, sur le fleuve St Laurent, 8 entreprises (fonderie, aciérie, chimie, transformation de produits agricoles), ont développé 128 synergies.

44 - Voir notamment le projet mis en place à Kawasaki

45 - Voir notamment le projet du Port d'Amsterdam.

46 - Voir notamment projet NISP (<http://www.nisp.org.uk>) ayant permis à l'industrie britannique, 3 ans après sa création, d'économiser plus de 140 millions d'euros, ainsi que de réduire notamment de 3,4 millions de tonnes la quantité de déchets mis en décharge et de 4,4 millions de tonnes les émissions de CO2.



En France, les deux projets de bouclage de flux les plus anciens datent de 1999 à Dunkerque et de 2003 dans le département de l'Aube. Parallèlement à ces premières initiatives, l'agence nationale de la recherche (ANR) a lancé en 2007 un appel à projets pour soutenir sur le plan scientifique ces premières expériences et contribuer à la diffusion d'outils et de méthodes d'évaluation. Le projet de recherche-action Comethe<sup>47</sup> (2008-2011), lauréat de cet appel à projets, s'est ainsi donné pour objectif la conception et le développement de méthodologies et d'outils pour la mise en œuvre de démarches d'écologie industrielle, en s'appuyant sur le suivi et les retours d'expériences de plusieurs territoires d'expérimentation : le territoire aubois à travers 3 projets (ZI de Torvilliers, le parc du Grand Troyes et le bassin industriel du nogentais), le territoire dunkerquois, l'espace économique Métropole Savoie, le site industrialo-portuaire du Pouzin (Ardèche) et la zone d'activités de Lagny-sur-Marne (Seine-et-Marne).

Très peu de temps après, un second projet intitulé « Compétitivité durable des entreprises » (2010-2011), à l'initiative du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, dont le pilotage a été confié à OREE<sup>48</sup> a ensuite été engagé pour impulser et accompagner 5 territoires pilotes (Plaine Commune, Plaine du Var, Estuaire de la Seine, Roanne Territoire et Communauté urbaine de Bordeaux) dans la mise en place de synergies entre acteurs et produire des retours d'expériences sur les démarches menées localement.

Aussi, si l'intérêt pour l'écologie industrielle, reste encore timide en France comparative-ment à d'autres pays, une communauté de chercheurs universitaires, d'industriels et de politiques, s'est toutefois progressivement constituée depuis une dizaine d'années. Quelques structures associatives singulières se sont également formées, accompagnant le développement et la promotion de ces réflexions. C'est notamment le cas du Club d'écologie industrielle de l'Aube<sup>49</sup>, association loi 1901, qui vise à mettre en relation les acteurs économiques locaux, grâce à un ancrage fort sur le territoire, une logique de réseaux et une expertise de recherche, notamment par l'intermédiaire de l'Université Technologique de Troyes (UTT). Le club s'est doté d'une plateforme informatique permettant de

47 - « Conception d'outils méthodologiques et d'évaluation pour l'écologie industrielle ». Pour plus de détails, se reporter au site internet : [www.comethe.org](http://www.comethe.org).

48 - Créée en 1992, Orée est une association multi-acteurs qui rassemble entreprises, collectivités territoriales, associations professionnelles et environnementales, organismes académiques et institutionnels pour développer une réflexion commune sur les meilleures pratiques environnementales et mettre en œuvre des outils pratiques pour une gestion intégrée de l'environnement à l'échelle des territoires. Pour plus de détails, voir le site internet de l'association : [www.oree.org](http://www.oree.org)

49 - Pour plus d'informations, se reporter à : <http://www.ceiaube.fr/>

systématiser la recherche de synergies, des opportunités d'échanges ou de mutualisations de flux de matières ou d'énergies et les voies de leur mise en œuvre. Des données sur les flux entrants et sortants de plus de 50 entreprises ont été ainsi collectées. Des groupes de travail ont également été mis en place, permettant aux acteurs économiques de se rencontrer. Par ce biais, une synergie d'écologie industrielle a été récemment mise en œuvre dans le département de l'Aube, résultant d'une simple discussion informelle entre deux industriels dans le cadre de ce club. Elle concerne un lot de 12 000 t/an de sable issu du lavage de betteraves de sucrerie, autrefois épandu sur des terres agricoles et aujourd'hui utilisées par la société de Btp Eiffage TP Est Champagne sud en substitution de matériaux de carrières. Ce type de structure est en effet un acteur clef incontournable dans la mise en relation des industriels d'un territoire, la création d'un réseau actif d'échanges, de transfert de technologies et de connaissances, et l'incitation à la mise en œuvre de synergies.

## **3.2. Des projets d'écologie industrielle très diversifiés**

A l'heure actuelle, plus d'une quarantaine de projets sont réalisés ou en cours de réalisation en France. Les projets recouvrent des réalités très hétérogènes et diffèrent dans leurs niveaux d'avancement et/ou degré de réalisation. Certains relèvent de projets de territoires et sont territorialement inscrits, voire soutenus et/ou portés par des collectivités territoriales. D'autres sont le fait de grands groupes et sont développés dans le cadre de stratégies internes d'optimisation organisationnelle. Enfin, ces démarches peuvent également émerger dans un tissu de PME-PMI, réunis autour d'enjeux et problématiques similaires.

Les modes et objets de collaboration sont ainsi multiples. Cela peut prendre la forme de synergies de mutualisation tout comme concerner la création de nouvelles synergies dites synergies de substitution, degré le plus abouti de la dynamique collaborative. Les échanges peuvent en conséquence porter sur des flux et/ou des biens et services de nature très variée, mais en leur sein, on distingue généralement 4 grandes catégories :

### **Le partage d'infrastructures ou d'équipements**

Cela permet en effet de réaliser des économies d'échelle sur des équipements diversifiés (production de vapeur, chaudières,...) ou sur les investissements à réaliser dans de nouveaux équipements qui pourront être ensuite mutualisés.

### **La mutualisation de services ou d'offres de services proposés aux salariés**

Il s'agit ici d'optimiser les coûts face à la similitude des besoins de services des entreprises. Cela peut concerner tant la gestion des déchets (avec par exemple la mise en place de points de collecte spécifiques ou de déchèteries), la collecte et la réutilisation des eaux pluviales, que le gardiennage. Il peut également s'agir d'optimiser sur une même zone les services offerts aux salariés et aux usagers de la zone, tels que la restauration collective, les crèches ou encore l'usage des modes alternatifs à travers par exemple la mise en place d'un plan de déplacement inter-entreprises ou de formules de mutualisation de flottes, favorisant l'autopartage.

### **L'échange de flux industriels**

Qu'il s'agisse d'eaux industrielles usagées, de chaleur ou encore de déchets ou de coproduits, il s'agit en effet de valoriser les externalités de certaines entreprises et de les réinjecter dans le procédé industriel d'autres entreprises situées à proximité.

### **La création de nouvelles activités**

Bien souvent, les échanges de flux industriels nécessitent la mise en place et le développement d'activités d'interface pour qu'un effluent ou le sous-produit d'une entreprise soit

correctement valorisé. Il peut également s'agir du développement d'une nouvelle activité ou service, identifiée à partir de ressources communes.

Les motivations associées à ces différents projets sont ainsi également assez diversifiées. Si certaines démarches se construisent autour de véritables motivations et finalités environnementales, certaines expérimentations sont pour leur part guidées au premier plan par des impératifs économiques (ex : recherche d'effets de seuil ou d'économie d'échelle). Le projet peut également naître de contraintes réglementaires. C'est le cas du projet Valormat<sup>50</sup>, qui s'inscrit dans le cadre de la structuration d'une filière sous la contrainte de la responsabilité élargie du producteur. Les fibres de matelas sont recyclées puis réutilisées pour concevoir de nouveaux matelas, des garnitures de siège ou encore des matières isolantes pour les bâtiments. C'est également le cas du projet Pamela, lancé par Airbus avec 4 partenaires (Sita Environnement, EADS CCR, EADS-Sogerma Services, Préfecture des Hautes Pyrénées) suite à la contrainte imposée aux constructeurs d'avions de recycler et de valoriser 85 % de la masse des avions à l'horizon 2007<sup>51</sup>. En 2003, une nouvelle filière TARMAC Aerosave est créée spécifiquement pour la déconstruction d'avions en fin de vie. Le projet a conduit à l'établissement de nouvelles activités commerciales de recyclage proposant des matériaux de grande qualité susceptibles de pouvoir être utilisés à nouveau dans l'industrie aéronautique ou recyclés en matières premières secondaires. Avant la mise en œuvre du projet, près de 45 % du poids des appareils en fin de vie partait en effet à la décharge. Au total, au terme de la phase de déconstruction<sup>52</sup>, 70 % des matériaux récupérés peuvent être réutilisés dans l'industrie aéronautique ou aérospatiale.

Certaines zones géographiques sont, de par leur configurations, assez propices au développement de l'écologie industrielle. C'est le cas des ports, où plusieurs appels d'offre de l'Ademe<sup>53</sup> ont pu être lancés. Différents projets sont à l'heure actuelle en cours d'études, pour analyser les opportunités de mettre en place des modèles d'économie circulaire, en particulier dans le Port de Fos-sur-Mer ou encore dans le Port du Havre. Aussi, la diversité des démarches d'écologie industrielle peut également s'apprécier à travers le spectre assez large des échelles de projets rencontrées, allant de la zone d'activités économique à des périmètres géographiques plus ou moins élargis, tel que le Canton (cas de Genève) ou encore la région (cas des réflexions actuelles menées à l'échelle de la Région Nord-Pas-de-Calais).

Cette pluralité d'échelles recouvre bien souvent la diversité des porteurs de projets impliqués. Si certains projets sont le fruit d'une démarche initiée et impulsée par les pouvoirs publics locaux, en tant que stratégie de développement territorial, d'autres sont moins territorialement ancrés et relèvent davantage d'initiatives d'entreprises et dépendent ce faisant des périmètres géographiques propres au modèle de fonctionnement, d'organisation et d'interdépendance économique mis en place. En conséquence, les périmètres géographiques des projets peuvent donc être relativement distendus. C'est par exemple le cas du projet de collecte sélective et de valorisation de papiers bureautiques Recy'Go<sup>54</sup> impliquant la Poste, UPM (papetier) localisé à côté de Rouen et Nouvelle attitude (entreprise de réinsertion sociale). C'est également le cas des échanges mis en place entre SARP Industries et Veolia. Chaque année, SARP Industries, filiale de Veolia Propreté, basée à Limay, transforme 45 000 tonnes d'huiles alimentaires usagées en biodiesel. Le carburant est en-

---

50 - Ce projet de mise en place d'une filière de collecte et de valorisation des matelas a impliqué trois entreprises: Recycl'Matelas (industriel du démantèlement), Innortex (valorisation de la fibre collectée) et Weave Air (pour l'évaluation des enjeux environnementaux), l'Etat contribuant au soutien financier du projet.

51 - Le nombre d'avions civils appelés à sortir des pistes au cours des 20 prochaines années est estimé à environ 6000.

52 - La déconstruction sélective permet de dégager de l'aluminium, des alliages de titane, de l'acier, du cuivre, du plastique, de la mousse et des textiles.

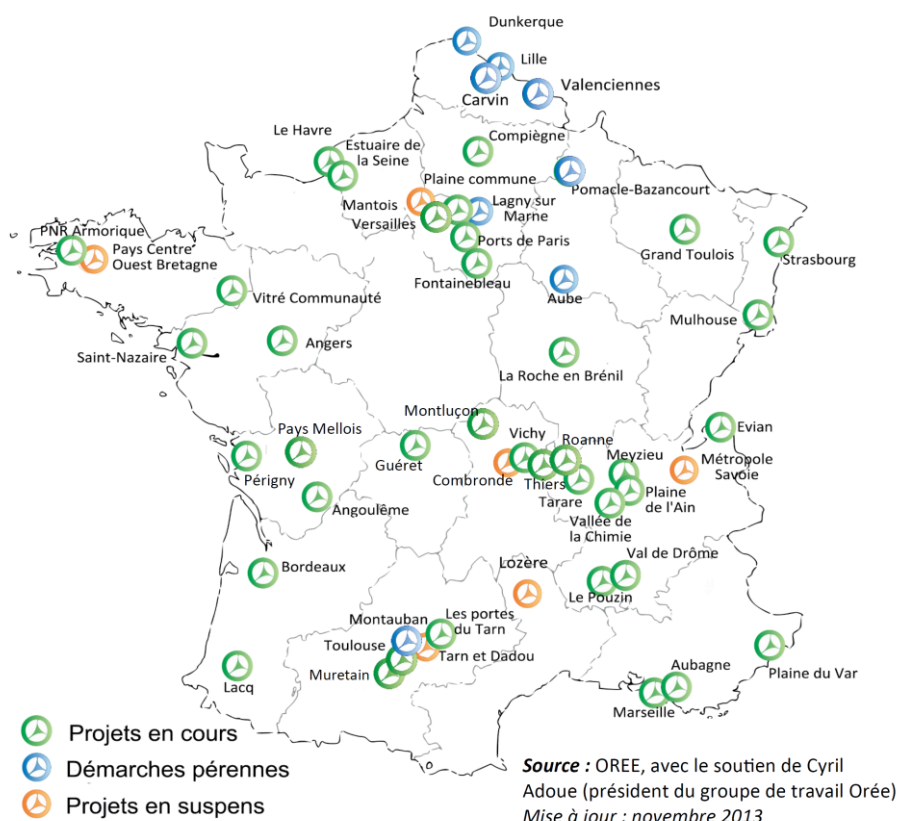
53 - Projet Départ, financé par l'Ademe et consacré à l'économie circulaire dans les territoires portuaires.

54 - Ce projet de collecte sélective auprès des PME et des collectivités a été lancé conjointement par UPM et Nouvelle attitude en 2007 face au constat qu'une grande partie des papiers de bureaux n'étaient pas recyclés. Rapidement le projet rejoint préoccupations de La Poste qui a vu une diminution du trafic du courrier et qui souhaitait pouvoir optimiser ses réseaux de distribution et de transport. A alors été pensé un nouveau schéma logistique responsable et à faible impact en CO2 : les facteurs collectés au passage les papiers usagés des PME et des collectivités. Ces derniers sont ensuite triés par Nouvelle Attitude et acheminés vers le site d'UPM pour être recyclés.

suite transporté par voie fluviale et utilisé principalement pour alimenter la flotte de véhicules utilisés par Veolia Propreté et Veolia Transport.

Aussi, si le lien au territoire n'est pas toujours explicite dans un certain nombre de démarches engagées parfois de longue date par les grands groupes industriels (Edf, Gdf, Veolia, Suez, Lafarge...), à l'inverse, les projets se réclamant activement de l'écologie industrielle et aujourd'hui observés ont pour la grande majorité une forte assise territoriale et partent de la rencontre de besoins territorialement ancrés et localement identifiés. Plusieurs exemples de ce type peuvent en témoigner. Sur le bassin dunkerquois, devant les impératifs de la transition énergétique et face à l'absence de potentiel solaire et éolien, les acteurs territoriaux ont été très vite amenés à s'intéresser au potentiel que peuvent représenter la valorisation des énergies fatales. Sous l'impulsion d'un groupe actif d'acteurs institutionnels et économiques, fédérés au sein de l'association Ecopal, créée en 2001, des synergies de réemploi d'énergies et de matières (échanges d'eau, de gaz, de chutes de ferrailles, de palettes, brique de four, énergie) et des synergies de mutualisation pour la collecte de papier-carton, piles, cartouches, encre, déchets dangereux ont été mises en œuvre.

Un autre exemple assez connu et abouti en France est celui du complexe Agro-industriel de Pomacle-Bazancourt (Marne) où un système d'échanges de résidus de production et de vapeur, entre la sucrerie coopérative de Bazancourt, l'amidonner Chamtor et un producteur d'Ethanol (Cristanol) a été développé. Un projet collectif d'investissement dans une centrale de cogénération biomasse et plateforme de R&D mutualisée a également été réalisé. Le projet mis en place dans la communauté d'agglomération du pays d'Aubagne et de l'Etoile, réunit quant à lui une quinzaine d'entreprises dans des secteurs d'activités assez diversifiés autour de la récupération de palettes, transformées ensuite en granulé bois, lui-même utilisé pour produire de l'énergie. Dans le Massif Central, plusieurs expériences similaires ont été également menées, avec des synergies touchant une dizaine d'entreprises.

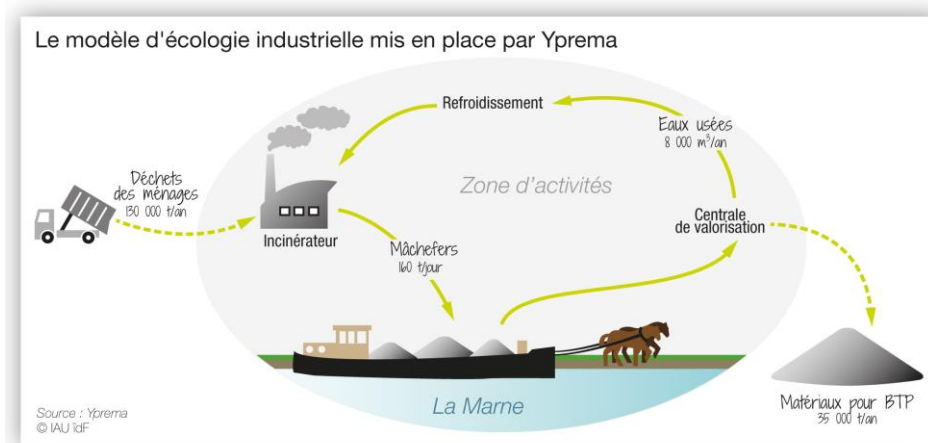


### 3.3. Quelques expériences pilotes en Île-de-France

Les expériences d'écologie industrielle sont encore en Ile-de-France à leur balbutiement. Néanmoins on dénombre d'ores et déjà quelques démarches engagées ou à l'étude.

#### Un exemple d'écologie industrielle dans le domaine du BTP : La société Yprema

La société YPREMA, PME travaillant dans la valorisation des déchets de déconstruction-démolition et des mâchefers d'incinération, s'est lancée il y a une vingtaine d'année déjà, dès 1999, sur son site de Lagny-sur-Marne dans la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle. La société reçoit par barge tractée par des chevaux les mâchefers issus de l'usine d'incinération des ordures ménagères, SIETREM, située sur la même berge, le long de la Marne. Les mâchefers subissent des opérations de criblage, déferrailage maturation puis de stabilisation avant leur valorisation en techniques routières. Cette activité génère des eaux d'égouttures qui sont à leur tour acheminées par canalisation vers l'usine et utilisées par l'incinérateur du SIETREM pour refroidir les mâchefers.



#### Un projet d'écologie industrielle en cours de développement : la ZAE Jean Mermoz à La Courneuve (Plaine Commune)

Une étude visant à identifier les opportunités de synergies de flux, d'équipements ou de services sur la ZAE Jean Mermoz à la Courneuve, regroupant 200 entreprises a été lancée en mars 2011 par l'association partenariale d'entreprises Plaine Commune Promotion, la ville de La Courneuve et la communauté d'agglomération de Plaine Commune. Sur les 12 bilans de flux réalisés, 25 pistes de synergies ont été identifiées et validées : 9 synergies « matières », 2 synergies « eau », 5 synergies « énergie », 6 synergies « services » et 3 synergies « transport ». La première étape, après la restitution de l'étude en novembre 2011, a été d'engager quelques premières coopérations sur les principes de l'écologie industrielle: mutualisation d'une station de lavage de camion, partage d'un espace de stockage pour entreposer des palettes de produits, achat mutualisé de sel de déneigement et création d'un service local d'épandage dédié. Puis, d'autres coopérations ont été mises en place et se sont étendues à la mutualisation de services (restaurant inter-entreprises, transport, conciergerie). Enfin, des groupes de travail ont été lancés sur quelques problématiques ciblées et communes au réseau d'entreprises mobilisé.

#### Le projet Equimeth

Un projet territorial de méthanisation des déchets équin a été mis en place dans les communes des alentours de la forêt de Fontainebleau qui compte un nombre important d'écuries et de centres équestres. Piloté par l'association de la réserve de la biosphère du pays de Fontainebleau et Gâtinais, avec le soutien technique des services de l'école des

Mines Paris Tech et de Naskéo Environnement, le projet souhaite apporter une solution locale à la valorisation des fumiers équinés de la région de Fontainebleau. Plutôt que recourir au transport de ces déchets, jugé extrêmement coûteux en terme de bilan carbone, le dispositif de méthanisation mis en place permet de traiter 40 000 tonnes de déchets organiques par an, en substituant à une énergie fossile (le gaz naturel), une énergie renouvelable (le biométhane) tout en diminuant les gaz à effets de serre. Aussi, pour pouvoir atteindre le seuil de rentabilité de l'équipement et que le projet puisse être économiquement viable, la communauté de communes de Moret Seine et Loing a proposé de mettre à disposition ses déchets verts.

### **Lancement d'études de faisabilité sur 4 projets pilotes d'écologie territoriale en Plaine de Versailles**

Dans le cadre du programme Européen LEADER, l'Association patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets (A.P.P.V.P.A) a souhaité mettre en œuvre une démarche innovante d'écologie territoriale. En 2010, un état des lieux a été réalisé avec une analyse des flux d'eau, de matière organique, de cellulose et d'énergie sur le territoire de Versailles. L'étude a mis en évidence une grande vulnérabilité et dépendance du territoire sur le plan de l'eau et de l'énergie et des gisements potentiels de valorisation de ressources. Plusieurs pistes ont été identifiées : la valorisation des eaux chaudes en sortie de la station d'épuration de Villepreux pour la ferme de Mezu (gîte équestre), la valorisation des boues de station d'épuration de Villepreux pour une utilisation énergétique (méthanisation...), le développement d'une filière bois-énergie locale pour compléter l'approvisionnement en énergie d'une chaudière à bois à Fontenay le Fleury, et le développement d'un réseau de chaleur. L'association vient de lancer un appel à proposition (clôture : avril 2013) pour étudier la faisabilité de ces quatre projets pilotes, qui pourront servir d'exemples.

### **Un projet pilote en cours de définition en Île-de-France**

Un groupe de travail intitulé : « Outiller les collectivités en matière de mutation de l'économie du territoire » constitué à l'initiative de la DRIEE a récemment engagé une réflexion pour faciliter et développer la mise en place de projets d'écologie industrielle à l'échelle de l'Île-de-France. Des outils de sensibilisation et d'information à destination des collectivités devraient être disponibles fin 2013. En parallèle, le Conseil Régional d'Île-de-France, devrait financer, en partenariat avec Orée, la mise en place d'un projet pilote en 2014.



### 3.4. Retours d'expériences et enseignements

La revue critique des expériences les plus emblématiques en matière d'écologie industrielle permet d'appréhender et de souligner un certain nombre de difficultés et de freins que rencontrent les projets d'écologie industrielle dans leur genèse et leur mise en œuvre. Les retours d'expériences restent néanmoins encore peu nombreux et compte tenu du caractère encore récent de la plupart de ces projets, il est également encore aujourd'hui difficile de se prononcer sur les conditions de leur pérennisation. Quelques pistes peuvent toutefois être dégagées des différentes études de cas portées à connaissance<sup>55</sup>.

#### **Une bonne connaissance des flux et la présence d'une ou plusieurs possibilité(s) de symbiose**

La connaissance exhaustive et fine des flux de matière et d'énergie d'un secteur ou d'une zone géographique donnée est un préalable à toute démarche d'écologie industrielle. Elle s'appuie sur un diagnostic du métabolisme économique territorial parfois très complexe à élaborer. Elle nécessite en effet que l'ensemble des données des entreprises soient fournies, ce qui se heurte dans un certain nombre de secteurs industriels à des réticences assez fortes, compte tenu du fort degré de concurrence qui peut y exister et de la culture de confidentialité qui en découle. Il s'agit par ailleurs de pouvoir s'appuyer sur la connaissance des flux d'un nombre suffisamment important d'entreprises présentes, pour apprécier en amont et réussir à mettre en évidence la diversité des symbioses-mutualisations possibles et leur qualité.

A défaut de pouvoir servir automatiquement et directement la mise en place de synergies, ces études de métabolisme ont un rôle d'outil de sensibilisation et d'acculturation des acteurs du territoire. Elles constituent bien souvent la première étape d'une prise de conscience des enjeux liés à la pression sur les ressources à l'échelle d'un territoire tout en permettant d'identifier les incohérences du modèle de développement économique mis en place.

#### **Intérêt économique au changement et à l'échange**

Il ressort notamment qu'en France, les expériences d'écologie industrielle mises en place relèvent davantage de la mutualisation de services, que de la mise en place de véritables symbioses, notamment dans l'échange de flux (énergie, matière). La mise en place de véritables synergies de substitution reste en effet beaucoup plus complexe à mettre en place, non pas tant d'un point de vue de la faisabilité technique/technologique mais davantage sous l'angle économique.

La définition d'un nouveau modèle économique-modèle d'affaire (« business model ») viable constitue en effet une étape essentielle. Un des problèmes souvent évoqué en France est la faiblesse du coût associé à la mise en décharge. Par conséquent, la mise en place de solutions d'échange ou de symbioses industrielles peut paraître bien souvent par comparaison économiquement peu attractives. Par ailleurs, si la massification des besoins peut apporter un gain certain (ex : abaissement des coûts, meilleur accès à un service), ce nouveau modèle économique, fondé sur l'interdépendance, comporte intrinsèquement un degré de risque plus élevé : la défaillance de l'un des partenaires peut à tout moment venir modifier l'équilibre et s'avérer économiquement désastreux.

Aussi, la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle suppose parfois de créer une ou plusieurs activités d'intermédiation pour que les échanges entre industriels déjà implantés soit possible. Or, avant d'arriver à organiser l'implantation de nouvelles activités sur le territoire, cela suppose en effet de conduire un premier travail collectif d'optimisation, puis de tester cette articulation à l'échelle de quelques premiers acteurs, ce qui peut consti-

---

55 - Un état des lieux réalisé par Etd en partenariat avec Grdf et Oree publié en Juin 2013 apporte un certain nombre d'éclairage et des monographies détaillées des différentes expériences ayant pu être engagées à ce jour. Se référer à l'étude « Ecologie industrielle et territoriale. Les collectivités actrices de la transition énergétique et écologique ».

tuer un processus relativement long. La lenteur et le caractère fastidieux de ce type de démarche contribue également à décourager les industriels à s'engager dans ce type de démarche, lorsque la logique économique dominante impose une rentabilité sur le court terme. Le changement de pratiques constitue en effet une menace en soi et un risque au sein du système économique qui prévaut.

Enfin, au centre de l'écosystème économique, réside le client final, qui achètera le produit recyclé ou le service. Au-delà des solutions techniques, la présence de débouchés économiques pour ces nouveaux biens et services est un point crucial car c'est le client final qui vient fermer la boucle de l'économie circulaire.

### **Le développement d'une culture de coopération et de confiance mutuelle**

L'écologie industrielle ne se limite pas à l'échange de flux de déchets et d'énergie. C'est avant tout chose un système de collaboration entre acteurs, qui doivent coordonner leurs stratégies. L'écologie industrielle vient ainsi avant tout directement questionner les modes de coopération et de contractualisation en place. L'acceptation des nouvelles règles du jeu par l'ensemble des parties prenantes et prestataires est en effet une condition sine qua non. Car pour que l'échange fonctionne, une confiance mutuelle est nécessaire. Et au-delà d'un modèle d'affaire, c'est une véritable culture de coopération qu'il faut savoir mettre en place et pouvoir insuffler. Cette culture de coopération et d'échange commence dès l'amont du projet, lors de la collecte et la mise à disposition des données qui, on l'a vu, revêtent bien souvent un caractère stratégique pour l'entreprise. Ainsi, la mise en place des projets est souvent longue car ils impliquent un dialogue important, et cela peut parfois constituer un frein. Aussi, le fait que certains acteurs économiques aient des actionnaires en commun peut parfois faciliter les prises de décision. C'est le cas à titre d'exemple aujourd'hui sur le pôle industriel de Pomacle-Bazancourt. On constate par ailleurs que cette propension à la coopération est culturellement plus développée dans certains pays, notamment aujourd'hui dans les pays d'Europe du Nord.

### **La présence d'une structure d'intermédiation et d'animation du projet**

Pouvoir assier et accompagner les dynamiques inter-entreprises grâce à la présence d'une structure d'intermédiation, garante de ce nouvel équilibre collectif, a en effet un rôle crucial. Selon la forme donnée à cette structure porteuse, les missions pourront aller du conseil et de l'expertise auprès des entreprises du territoire à un rôle beaucoup plus actif, d'animation du réseau d'entreprises par la mise en relation régulière des acteurs en présence, de leurs besoins et de leurs attentes. Relais et outil de sensibilisation auprès d'un cercle élargi d'acteurs territoriaux, par la diffusion des bonnes pratiques et la mise en valeur des expériences les plus abouties, cette structure veillera tout au moins à encourager et insuffler cette culture de coopération.

### **Bénéficiaire d'un cadre réglementaire favorable**

La réglementation peut inciter et favoriser le développement de projets d'écologie industrielle soit en y faisant directement référence dans la législation (telle que la Chine qui l'a inscrit dans sa constitution) ou plus indirectement à travers la réglementation spécifique sur les déchets, en encourageant et en valorisant le rôle et l'image des matières premières secondaires. A l'heure actuelle, les projets d'écologie industrielle pâtissent en effet de la mauvaise image des matières recyclées et du cadre réglementaire strict qui oblige pour pouvoir réutiliser des flux d'énergie ou de matière, en conformité avec la réglementation, à faire des demandes d'autorisations, qui s'avèrent particulièrement longues et décourageantes pour les entreprises. La publication de règlements au niveau européen permettant l'introduction d'une procédure de sortie du statut de déchets pourrait encourager le développement de nouvelles initiatives de valorisation et ainsi favoriser la mise en place des projets d'écologie industrielle.

## **Volonté, impulsion et implication des acteurs publics locaux**

La maturité et la réussite d'un projet dépend également de l'implication et de l'impulsion que les pouvoirs publics sont capables de donner. Cette impulsion renvoie également à la gouvernance et à l'organisation politique et administrative du territoire ou de la zone désignée par le projet. Or, le territoire qui fait sens sur le plan de l'écologie industrielle ne recouvre pas forcément les limites administratives du territoire gouverné. Les modes de gouvernance peuvent être en effet assez différents d'un projet à l'autre et le rôle plus ou moins actif des collectivités semble fortement influencer l'émergence et la réalisation des projets. Etd, dans le cadre de son guide sur l'écologie industrielle distingue 3 formes d'implication possible des collectivités, de la moins à la plus intégrée : la collectivité, actrice de la mise en œuvre de projets d'écologie industrielle, elle-même étant à la fois génératrice de flux et un exutoire possible ; la collectivité, facilitatrice et accompagnatrice des dynamiques entrepreneuriales, à travers un soutien offert aux acteurs à différents stades du projet ; la collectivité, à l'initiative d'une dynamique au service d'un projet de territoire, intégrant enjeux de préservation de ressources et diminution des impacts des activités économiques.

# Conclusion et pistes de recommandations

Plusieurs événements récents à l'échelle nationale, tels que la mise en place de l'Institut de l'Économie circulaire en février 2013 ou encore la tenue de la deuxième Conférence Environnementale en septembre 2013 témoignent aujourd'hui non seulement d'une volonté de faire une place centrale à l'économie circulaire dans le champ des enjeux accompagnant et relevant de la transition écologique mais de faire également des régions l'échelon territorial de prédilection pour la mise en œuvre de telles stratégies. C'est pourquoi, dans le cadre de ces réflexions et suite à la publication de la feuille de route gouvernementale<sup>56</sup> qui prévoit notamment la définition de stratégies régionales d'économie circulaire, nous avons souhaité réunir ici différents éléments de cadrage pour commencer à amorcer et nourrir une réflexion sur ce thème à l'échelle du territoire francilien.

Si l'écosystème économique francilien est par nature un système ouvert et fortement dépendant de l'extérieur, il ressort néanmoins que l'Ile-de-France comporte de nombreux atouts qui en font, notamment de par son tissu économique, un terrain particulièrement favorable pour la mise en place d'un modèle d'économie circulaire. Aussi, bien que la Région ne se soit pas dotée jusqu'à présent d'une politique spécifiquement consacrée et dédiée à l'économie circulaire ou encore à l'écologie industrielle, différentes orientations et objectifs sectoriels tant économiques qu'environnementaux œuvrent aujourd'hui dans ce sens et constituent à l'échelle régionale des premiers signes encourageants vers la mise en place d'une économie plus efficace dans l'utilisation de ses ressources. Force est de constater par ailleurs qu'au regard des performances actuelles en termes de recyclage, d'importantes marges de progression existent aujourd'hui à l'échelle régionale, ne serait-ce que dans l'amélioration de ces performances et le développement industriel de filières vertes, et en particulier dans les multiples formes de valorisation des différents gisements de déchets.

Toutefois, l'économie circulaire va bien au-delà du recyclage des déchets et de la mise en place de nouvelles filières de valorisation. Ce modèle, comme nous avons pu le voir, suppose une refonte en profondeur des modes de production, de consommation et de distribution. Il suppose de nouvelles logiques organisationnelles dans le monde économique et se doit de se positionner en étroite adéquation avec les ressources et spécificités territoriales. Ainsi, les véritables marges de progression et potentiels se situent peut-être moins aujourd'hui à l'aval du cycle de production, - certes beaucoup plus visibles et appréhendables - qu'à l'amont, et relèvent d'un changement de paradigme économique plus fondamental et donc beaucoup plus ambitieux. En conséquence, ce changement nécessite un temps d'acculturation certain et ne peut s'opérer sans impliquer l'ensemble des acteurs de la société.

Dans les prochains mois, une « conférence de mise en œuvre » réunira à l'échelle nationale l'ensemble des acteurs de l'économie circulaire autour des chantiers définis par la feuille de route gouvernementale. Un guide méthodologique à destination des collectivités devrait également voir le jour dans le courant de l'année 2014 pour soutenir et accompagner les collectivités dans la mise en place de projets d'écologie industrielle et participeront donc de cette acculturation. Toutefois, quelques axes de recommandations nous semblent d'ores et déjà à ce stade incontournables, pour cheminer progressivement vers la mise en œuvre d'un modèle économique plus vertueux en Ile-de-France.

---

56 - Le gouvernement a publié le 27 septembre 2013 sa nouvelle « feuille de route pour la transition écologique » issus des travaux de la deuxième conférence environnementale qui s'est tenue les 20 et 21 septembre.

## **Mettre en place de nouvelles méthodologies et de nouveaux outils de connaissance**

La connaissance des flux à l'échelle régionale est un enjeu prioritaire et de taille puisqu'il se situe à l'amont de toute stratégie et constitue ainsi la première étape de la définition et la mise en place d'une stratégie d'économie circulaire. Ce premier axe de recommandation revêt des enjeux méthodologiques multiples puisqu'il s'agit autant d'améliorer la connaissance sur l'ensemble des flux entrants et sortants à l'échelle régionale, par la définition d'une méthodologie ad hoc, que de réussir à encourager la mise en place de diagnostics de métabolisme industriels plus localisés dans certains secteurs géographiques. Le MEDDE devrait faire paraître en 2014 un guide méthodologique pour appuyer les collectivités dans la mise en place de cette nouvelle comptabilité des activités économiques.

La feuille de route gouvernementale recommande également la constitution à l'échelle des régions de « plateformes de connaissances de flux matières au niveau territorial et de connexion entre les acteurs » ainsi que la mise en place d'une comptabilité analytique sur les déchets et d'indicateurs de suivi des coûts associés. L'enjeu est bien d'une part de pouvoir optimiser les flux de matières, d'énergie et de déchets par une meilleure connaissance des gisements et de leur provenance mais également de pouvoir par ce biais, sensibiliser les acteurs économiques sur le fonctionnement de l'écosystème économique urbain.

La mise en place d'une veille stratégique sur les risques d'approvisionnement en Ile-de-France ainsi qu'une analyse par type de matières des aires d'approvisionnement pourrait également participer de ce nouveau champ de connaissances et aider à définir des priorités en matière de gestion des ressources régionales en lien avec les différents bassins d'approvisionnement.

Enfin, ces nouveaux objectifs et indicateurs de suivi devraient être intégrés dans la prochaine stratégie de développement économique régionale.

## **Continuer à encourager les performances et le développement de nouvelles filières de valorisation**

Positionné à la fin du cycle de vie des produits, il s'agit là d'un axe de recommandation qui relève de l'approche économique « classique » actuelle. Améliorer les performances des filières de recyclage et mettre en place de nouvelles filières de valorisation reste néanmoins essentiel pour renforcer la récupération des ressources.

Améliorer ces performances suppose ici également en tout premier lieu d'approfondir la connaissance sur les filières de valorisation existantes. Le panorama d'une filière est bien souvent très complexe à élaborer, compte tenu de la multiplicité des étapes et des acteurs impliqués. Pouvoir suivre un gisement de matière dans la totalité de son cycle pourrait permettre de clarifier la nature des verrous et de mettre en place des leviers d'actions adaptés en fonction des gisements et des acteurs.

L'amélioration des performances passe également par l'encouragement des innovations technologiques et le développement de nouveaux procédés permettant d'optimiser la valorisation des matières. La Région doit donc poursuivre son appui à l'innovation dans ce domaine pour lever les verrous technologiques.

Ces performances restent néanmoins conditionnées par la présence d'un gisement et d'un gisement de matières suffisamment conséquent. Il s'agit donc également d'améliorer les performances des systèmes de collecte pour rendre possible la rentabilité de ces nouvelles filières. Il s'agirait également d'encourager le développement de certaines filières émergentes comme pour les métaux rares et stratégiques. La prochaine SRDEI pourrait mettre l'accent sur le développement de ces filières de valorisation de déchets, mais aussi de celles de la réparation, et du réemploi des produits.

Enfin, la Région se doit de veiller à assurer des débouchés, au plus court, aux producteurs de matières premières secondaires. A ce titre, la commande publique doit montrer l'exemple et servir de levier de développement pour certaines filières, via notamment les chartes d'achats et de commande d'infrastructures. Cette stratégie devrait être accompagnée d'une communication sur les gains environnementaux associés.

### **Inciter les acteurs économiques à des changements dans leurs pratiques et leurs manières de faire**

Contrairement à l'axe de recommandation précédent, il s'agit ici d'un enjeu plus transversal, concernant tous les secteurs d'activités et l'ensemble des agents économiques. Il s'agit d'encourager les acteurs économiques à des changements dans leurs pratiques de production, pour préserver le plus longtemps possible le produit dans le circuit, concevoir des produits qui soient facilement réutilisables, réparables et in fine diminuer la quantité de produits en circulation. Développer et encourager l'écoconception des produits peut passer par de multiples canaux : faciliter l'accès à une information lisible et uniforme sur le sujet (outils, acteurs, financements possibles) ; l'organisation d'ateliers d'animation par secteur d'activité pour sensibiliser les industriels, sur le modèle des ateliers mis en place par l'ARD et l'ADEME ; le développement de dispositifs individuels pour les entreprises désireuses de mettre en place une démarche d'écoconception (type dispositif ADEME) ; enfin, la mise en place d'une veille stratégique sur les évolutions en cours dans les différents secteurs d'activité en la matière.

Ici de nouveau, le levier de la commande publique n'est pas à négliger. Les marchés publics et politiques d'achats au sein des collectivités pourraient se positionner en faveur de la durée de vie des produits et encourager les acteurs économiques faisant l'effort d'incorporer des matières premières recyclées.

### **Encourager l'innovation organisationnelle et la logique servicielle**

Les enjeux en matière de rareté des ressources ne doivent pas seulement être analysés en termes environnementaux et technologiques, ils sont également culturels et organisationnels.

En matière de gouvernance, l'intégration de la logique de soutenabilité des flux de matières dans la stratégie de développement économique suppose ainsi de s'organiser avec les aires d'approvisionnement et donc d'organiser et de penser la stratégie de répartition des ressources entre territoires sur le long terme.

Cela suppose aussi, dans le secteur privé, de nouvelles alliances entre acteurs en amont et en aval de la chaîne pour favoriser le réemploi et la réutilisation et faire évoluer en conséquence l'ensemble des modes de production et de consommation.

Enfin, les innovations sont sociales et culturelles car la mise en place de ce modèle économique suppose des changements de comportement et de représentations sociales. Car en bout de chaîne la mise en place d'une économie circulaire suppose des changements de pratiques de consommation. Réduire la quantité de matières en circulation, suppose, d'une part, de sortir de la logique de consommation de masse et de passer quand cela est pertinent à une consommation centrée sur l'usage, selon les principes de l'économie de la fonctionnalité. Au-delà des changements de modèles d'affaires que cela suppose pour les entreprises, cela implique un changement de culture pour les consommateurs habitués à posséder leurs biens. D'autre part, la mise en place d'une économie circulaire suppose de changer l'image du déchet et les représentations sociales qui lui sont encore fortement négativement associées. Pour pouvoir mettre en place ce changement, il faut non seulement pouvoir sensibiliser à la collecte et au tri mais également pouvoir valoriser l'impact positif du recyclage sur l'économie de ressources, les émissions de GES, les emplois...

Il s'agit donc d'encourager également l'innovation créative pour faire évoluer en profondeur les valeurs et les normes de notre société, au service de l'économie circulaire.

## **Poursuivre les incitations aux synergies-mutualisations entre acteurs économiques d'une même zone d'activité et favoriser la pérennité des projets d'écologie industrielle territoriale**

Au cœur de ces innovations organisationnelles, le territoire peut être un socle et un support. La création de synergies entre acteurs économiques d'une même zone d'activité économique constitue déjà une orientation formulée dans le cadre du volet économique du SRCAE. Afin de minimiser les consommations globales, de valoriser les déchets en produits ou en combustibles, la mise en place d'études d'opportunité sur les zones industrielles pour déterminer les interrelations et mutualisation possibles (déchets, chaleur fatale, énergie, coproduits) y est fortement recommandée et doit continuer à être encouragée.

Dans le cadre de la SRDEI, la Région a également affirmé sa volonté de développer l'écologie industrielle par une action de développement foncier spécifique, via l'Etablissement Public Foncier Régional, pour favoriser l'implantation de sites « éco-industriels ». La rénovation ou la création de parcs industriels devra ainsi notamment veiller à valoriser les déchets d'une filière comme ressource, pour cette même filière ou pour une autre, de façon à limiter la production de déchets ultimes.

Le Conseil Régional a ainsi un rôle majeur à jouer, notamment dans l'organisation des appels à projets pour la réalisation d'études préalables ou encore pour la diffusion des bonnes pratiques de projets pilotes exemplaires. Aussi, les acteurs régionaux devront poursuivre leurs efforts pour favoriser les rencontres entre les industriels et sensibiliser aux démarches d'écologie industrielle au sein des zones d'activité. La Région se doit également de veiller à ce que ces réflexions soient intégrées dans les principes d'aménagement des nouvelles zones d'activités économiques.

Enfin, des financements régionaux doivent être dégagés pour soutenir les démarches d'écologie industrielle non seulement dans leur mise en place mais également pour assurer leur pérennisation. A ce titre, il est prévu que le Conseil Régional et l'Ademe cofinancent la création de postes de conseillers en gestion de flux au sein de zones d'activité. Aussi, la mise en place de structures d'intermédiation et d'animation dans les ZAE déjà existantes pourrait s'avérer nécessaire.

# Bibliographie de référence

---

ADEME, Osons l'économie circulaire, Magazine n°59, octobre 2012

ADEME, Économie circulaire: bénéfices socioéconomiques de l'écoconception et de l'écologie industrielle, Stratégie & Etudes n°33, octobre 2012

ADEME, Feuille de route stratégique : Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets, 2013

ADEME, Bilan du recyclage 2001 - 2010, Volume 1 : Synthèse, Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par AJI-Europe et Intertek RDC, septembre 2012

Aurez, Vincent, Levy, Jean-Claude, Économie circulaire, écologie et reconstruction industrielle?, édition CNCD, 2013

Bahi, Younès, La Flambée des prix des matières premières, quels impacts sectoriels ?, Publication CCIP, collection : Friedland Papers, n°30, mai 2011

Barles, Sabine, Mesurer la performance écologique des villes et territoires : le métabolisme de Paris et de l'Île-de-France, Rapport de recherche final pour le compte de la Mairie de Paris, Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines, CNRS et Université Paris 8, janvier 2007

BVA pour l'ADEME, Première étude sur le déploiement de l'écoconception en France et sur les attentes et besoins des entreprises : Synthèse de l'étude de marché pour une boîte à outils éco conception, mai 2010

Comité Stratégique des Éco-industries (COSEI), Développer la filière française de la valorisation industrielle des déchets, Rapport final du groupe de travail « Valorisation industrielle des déchets », juillet 2011

Commission Européenne, Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions: sur la mise en œuvre de l'initiative matière premières, COM(2013) 442 final, juin 2013

Commission Européenne, Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions: Une Europe efficace dans l'utilisation des ressources – initiative phare relevant de la stratégie Europe 2020, COM(2011) 21, janvier 2011

Comité économique et social européen, Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions : Relever les défis posés par les marchés des produits de base et les matières premières, COM(2011) 25 final, juillet 2011



---

Conseil Régional d'Ile-de-France, Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie de l'Ile-de-France, décembre 2012

Conseil Régional d'Ile-de-France, Unité Développement, Stratégie régionale de développement économique et de l'innovation 2011-2014, juin 2011

Commissariat Général au Développement Durable, Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte: enjeux et perspectives, Publication Références, mars 2013

Commissariat Général au Développement Durable, Matières mobilisées par l'économie française de 1990 à 2011 : une relative stabilité perturbée par la crise économique, Publication Chiffres & Statistiques n°410, avril 2013

Commissariat Général au Développement Durable, Le cycle des matières dans l'économie française, Publication Références, septembre 2013

Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective, Approvisionnements en métaux critiques : Un enjeu pour la compétitivité des industries française et européenne, Document de travail n°2013-04, juillet 2013

DRIRE Ile de France, Enjeux et défis de l'industrie en Ile-de-France : les déchets dans les éco activités, 2008

DRIRE, IAU Ile-de-France, Minéraux et Matériaux industriels en Ile-de-France, Panorama régional, septembre 2007

Erkman, Suren, Vers une écologie industrielle, éditions : Charles Léopold Mayer; août 2004

EtD, le Centre de ressources pour le développement territorial, Ecologie industrielle et territoriale, les collectivités actrices de la transition énergétique et écologique, éditions EtD, juin 2013

European Commission, Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions : On the implementation of Raw Materials Initiative, COM(2013) 442 final, juin 2013

Eurostat, Economy-wide Material Flow Accounts (EW -MFA), Compilation Guide 2012, juillet 2012

FEDEREC, Rapport annuel 2012, mars 2013

FEDEREC, L'économie du recyclage : bilan de la production de matières premières recyclées 2011, Magazine Environnement n° 1709, juillet 2012

---

Fondation Ellen MacArthur, Vers une économie circulaire : arguments économiques en faveur d'une transition accélérée - Note de Synthèse, janvier 2013

Fondation Ellen MacArthur, Vers une économie circulaire (Vol.2) : opportunités pour le secteur des biens de consommation - Note de synthèse, janvier 2013

Haeusler Laurence, Pellan Ludovic, Enquête sur le recyclage des plastiques en 2010, Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par IN NUMERI, avril 2012

IAU Ile-de-France, L'environnement en Ile-de-France, Mémento actualisation partielle 2012, janvier 2013

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, La fiche problématique de la table ronde n°1 : Economie circulaire, Document de travail pour la Conférence environnementale, septembre 2013

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, Restitution de la table ronde n°1 : Economie circulaire, la Conférence environnementale, septembre 2013

OCDE, Productivité des ressources dans les pays du G8 et de l'OCDE : rapport établi dans le cadre du Plan d'action 3R de Kobe, Publication OCDE, 2011

OECD, Sustainable Materials Management - Making Better Use of Resource, OECD Publishing , octobre 2012

ORDIF, Tableau de bord des déchets franciliens, édition 2012, 59 p.

ORDIF, Atlas des installations de traitement de déchets 2011, série Enquêtes, novembre 2012.

Orée DGCIS, Compétitivité durable des entreprises, 2 ans de projets de terrain, 5 retours d'expériences en écologie industrielle et territoriale, Publication Orée, avril 2012

Lacombe Florian, Les DAE non dangereux produits en Île-de-France : Industrie, commerces, services – Synthèse, ORDIF, 2011.

Pasquier, Jean Louis, La comptabilité environnementale au niveau national, Dossier L'encyclopédie du Développement Durable, novembre 2010.

## Quelques vidéos didactiques

---

Un film d'introduction sur les enjeux de l'économie verte de Yann Arthus Bertrand :

<http://www.goodplanet.org/decouvrez-notre-film-sur-leconomie-verte-realise-pour-lafd/>

Des vidéos pédagogiques sur les principes de l'économie circulaire par la Fondation Ellen Mac Arthur:

<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/fr/videos>

Une vidéo didactique pour comprendre les enjeux en suivant le cycle de vie des produits :

[http://www.dailymotion.com/video/xkg9ds\\_l-histoire-des-choses-the-story-of-stuff-par-annie-leonard\\_news](http://www.dailymotion.com/video/xkg9ds_l-histoire-des-choses-the-story-of-stuff-par-annie-leonard_news)

Un reportage sur le fonctionnement du projet d'écologie industrielle à Kalundborg au Danemark :

[http://www.dailymotion.com/video/xlvhip\\_kalundborg-symbiose-industrielle-au-danemark\\_webcam](http://www.dailymotion.com/video/xlvhip_kalundborg-symbiose-industrielle-au-danemark_webcam)

Un entretien avec Suren Erkman, dans le cadre de son intervention à l'ISIGE-MINES ParisTech, sur les principes de l'écologie industrielle :

<http://youtu.be/3Xx09g--XY8>

Une intervention de Sabine Barles au Colloque annuel international de la Chaire UNESCO « Alimentation du monde » sur les concepts de métabolisme urbain et d'empreinte alimentaire :

<http://www.chaireunesco-adm.com/spip.php?rubrique35>



*L'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Île-de-France est une fondation reconnue d'utilité publique par décret du 2 août 1960, financée par la Région Île-de-France et par l'État.*

15, rue Falguière - 75740 Paris cedex 15 - 33 1 77 49 77 49 - [www.iau-idf.fr](http://www.iau-idf.fr)

6.12.007 - n° d'ISBN 978-27371-1884-5