

Économie circulaire en 2040

Quels impacts en santé et sécurité au travail ?
Quelle prévention ?

17 AVRIL
2019



Avec le soutien de

En partenariat avec

Avis au lecteur

La prospective n'est pas une prédiction de l'avenir. Elle n'est pas non plus une prévision qui serait le prolongement des tendances passées.

La prospective prend en compte les tendances et les discontinuités pour décrire des futurs possibles et proposer une aide à la prise de décision.

Les travaux présentés dans ce document sont le fruit de productions collectives. Ils ne préjugent en rien des opinions et souhaits des participants y ayant contribué et n'engagent pas les organismes dont ils sont issus, ni l'INRS.

Sommaire

■ Mot du directeur général de l'INRS.....	6
■ Méthodologie de la démarche.....	7
■ Introduction.....	11
I. L'humanité face à des enjeux inédits	12
II. L'économie circulaire, un nouveau modèle économique.....	16
III. Principes et modalités de déploiement de l'économie circulaire	23
■ Fiches variables.....	27
Contexte mondial	
● Demande mondiale de ressources.....	27
● Qualité des milieux.....	41
● Évolution du mix énergétique mondial	59
● Gestion des ressources minérales non énergétiques.....	81
● Biomasse	95
● Économie numérique (TIC).....	107
● Vers une logistique circulaire	117
● Économie circulaire et action publique multiniveau	133
Contexte national	
● Formes d'entreprises et modèles économiques	151
● Leviers et mécanismes d'évolution des comportements	169
● Comportements et logiques de consommation	177
● Réemploi, réutilisation, remanufacturing	195
● Vente de l'usage	203
● Économie du partage.....	217
● Organisation de la production	229
● Déchets et recyclage	259
■ Tableaux des hypothèses	284
■ Les scénarios.....	289

■ Enjeux de santé et sécurité au travail	305
I. L'économie circulaire : de nouveaux process et produits qui obligent à repenser leur conception	306
● Modification des process	306
● Changements des produits.....	315
II. Transformation, dispersion et interdépendance : effets de l'économie circulaire sur le travail	319
● Tissus d'acteurs : TPE, ESS, sous-traitance	319
● Conditions d'emploi : mobilité, flexibilité, évolution des compétences... ..	321
III. Évaluation et prévention des risques dans des boucles de production	322
● Gestion des entrants.....	322
● Risques biologiques.....	323
● Logistique circulaire et complexification de la supply chain.....	324
IV. Focus sectoriels	327
● Le BTP : nouvelles manières de construire et de déconstruire.....	327
● Énergies renouvelables : de nouvelles questions de prévention.....	328
● Activités de recyclage, deux exemples.....	330

Mot du directeur général

Année après année, les exercices de prospective sont de plus en plus identifiés comme un élément important de l'activité de l'INRS. Ce cinquième exercice, consacré à l'économie circulaire, vient conforter une démarche maintenant bien rodée, mais qui laisse toujours une place, de sujet en sujet, à l'innovation méthodologique. Les principes restent les mêmes : la prospective est toujours un outil important pour développer la pluridisciplinarité au sein de notre institut. C'est aussi un moyen d'initier ou de poursuivre une réflexion commune avec des partenaires : en plus de nos partenaires habituels de la santé au travail et de la santé publique, nous avons associé à cet exercice consacré à l'économie circulaire des acteurs de l'industrie et des services. Cependant, pour cet exercice (encore plus que pour le deuxième, consacré à l'utilisation des nanotechnologies dans les petites et moyennes entreprises), nous avons pu nous appuyer sur des travaux déjà en cours au sein de l'institut, qui s'intéressent à des technologies et des risques bien en ligne avec ceux que l'on s'attend à rencontrer dans le domaine de l'économie circulaire.

Même si – on le verra dans la présentation de l'exercice – l'économie circulaire est susceptible de provoquer une révolution dans la conception, la fabrication, la consommation, la réutilisation ou le recyclage des biens dans un certain nombre de domaines, elle ne rend pas caducs les principes généraux de la prévention que l'INRS a contribué à alimenter depuis plus de 70 ans. La prévention des risques professionnels dans les entreprises intégrées dans une logique de production circulaire évoluera évidemment, mais pourra s'appuyer sur les nombreux travaux répondant aux besoins de l'économie linéaire. Si le contexte évolue, beaucoup de règles d'organisation de base restent valables.

Pour autant, l'INRS s'est beaucoup investi ces dernières années dans des sujets qui vont prendre une importance accrue avec le développement de l'économie circulaire. Ce sont bien sûr le tri et le traitement des déchets, avec des travaux consacrés à la conception des centres de traitement, à l'évaluation et la prévention des risques dans le recyclage des piles, batteries et accumulateurs, et dans celui des déchets d'équipements électriques et électroniques. C'est aussi la prévention des risques dans toutes les activités liées aux déchets organiques (compostage, méthanisation) : accidents (en particulier les explosions), exposition à des composés chimiques et biologiques... Pour clore cette liste, sans prétention à l'exhaustivité : la maintenance des éoliennes, une évaluation technico-économique des installations de ventilation avec récupération d'énergie, et la ventilation sur les installations de broyage automobile. À travers cette énumération, on voit bien la diversité des secteurs concernés et celle des approches de l'institut.

Pour en revenir à la question de la prospective, l'exercice « Économie circulaire 2040 » va permettre de nourrir la réflexion de nos équipes (et probablement d'autres acteurs). Il va nous aider à déterminer des axes de travail pour les années à venir : des changements organisationnels vont intervenir, de nouveaux produits vont être créés – correspondant à de nouveaux risques –, les frontières entre santé publique et santé au travail vont peut-être bouger. Cet exercice de prospective est là pour préparer nos équipes à ces changements.

Mais il y a une autre vertu de la prospective sur laquelle je souhaiterais insister : celle de donner de la visibilité à nos activités, montrer qu'il y a des solutions, et faire en sorte que la prévention des risques professionnels soit considérée comme une donnée essentielle dans la conception des installations. C'est peut-être la conclusion principale que je tire de la lecture de cet exercice : les nouvelles logiques de conception des activités liées à l'économie circulaire rendent plus nécessaire que jamais l'intégration des questions de santé et de sécurité au travail dès la première réflexion sur les projets, quelles que puissent être les contraintes économiques, sociales ou politiques.

Stéphane Pimbert, directeur général de l'INRS.

Méthodologie de la démarche

La démarche prospective

La vocation d'un exercice de prospective n'est pas de décrire le futur, mais des futurs possibles. La prospective n'est pas non plus la prévision d'un avenir qui se réduirait à une prolongation des tendances du passé. Elle prend en effet en compte les discontinuités probables ou possibles. L'objectif est d'explorer les futurs possibles, permettant ainsi d'identifier les évolutions souhaitables des organisations pour les mettre en phase avec les futurs changements. C'est donc une aide à la définition d'une politique stratégique et à sa mise en œuvre. Cet outil permet aussi d'avoir une meilleure réactivité par rapport à une situation ou à un événement.

Il existe plusieurs méthodes de prospective. Celle qui a été choisie pour cet exercice est appelée « méthode des scénarios contrastés ». Cette méthode s'appuie sur un système de variables, c'est-à-dire un ensemble de facteurs identifiés comme ayant une influence sur le futur du domaine étudié. Le nombre de ces variables étant forcément fini, on les choisira en fonction de l'importance de leur influence sur les évolutions. La variation de ces facteurs va permettre de décrire des scénarios possibles.

La méthode des scénarios

Cette méthode, qui s'appuie sur un protocole bien codifié, consiste à élaborer des scénarios qui décrivent différents futurs possibles à moyen et long termes, selon l'échéance choisie. La construction de ces scénarios s'appuie sur un système de variables, pour lesquelles des hypothèses d'évolution sont formulées au regard de leur analyse rétrospective et de réflexions sur les possibles tendances émergentes pouvant les affecter.

Sur la base des évolutions imaginées pour ces variables, des hypothèses sont proposées, et la combinaison de ces hypothèses aboutit à la construction de scénarios. Ces scénarios décrivent donc des futurs possibles en s'appuyant sur un système rigoureux de variables identifiées, puisque ce sont celles qui sont susceptibles d'influencer le plus fortement les évolutions qui ont été choisies.

Les fiches variables

Participent à cet exercice des experts issus de disciplines et de secteurs d'activité concernés plus ou moins directement par le sujet étudié et susceptibles d'apporter un éclairage (juridique, médical, sociologique, physiologique, ergonomique, mécanique, technologique...) dans le domaine traité par l'exercice de prospective. Ils doivent dans un premier temps identifier les variables clés qui régissent le domaine étudié, ou qui sont susceptibles de l'impacter. Il est essentiel que le groupe d'experts soit le plus diversifié possible en termes de disciplines, afin de prendre en compte chaque facette de la problématique.

Pour chacune des variables, une fiche est établie. Cette fiche est constituée d'une synthèse historique (rétrospective) des principales orientations ou des évolutions majeures identifiées au cours des vingt dernières années : les acteurs à l'œuvre, les ruptures intervenues, les changements de référentiel, etc.

Elle comprend aussi une description du futur imaginé de la variable, basé sur cette rétrospective et intégrant des hypothèses de continuité ou des hypothèses de rupture.

Les hypothèses

La rétrospective a permis d'identifier les évolutions de la variable : les tendances lourdes, les inflexions ou les ruptures intervenues dans le passé, ainsi que les incertitudes majeures concernant l'avenir. C'est à partir de ces différents éléments que les hypothèses sont construites. Il est important que les hypothèses formulées ne se réduisent pas aux évolutions souhaitables si on veut que soit prise en compte la totalité du champ des futurs : il s'agit d'essayer d'objectiver les possibilités d'évolution, indépendamment du jugement que le rédacteur peut porter à leur égard.

De plus, ces hypothèses doivent répondre à un certain nombre d'exigences : elles doivent illustrer l'ensemble du spectre des futurs possibles ; elles doivent être contrastées ; elles doivent être incompatibles entre elles (dans l'optique de la réalisation de scénarios contrastés) ; et elles doivent porter uniquement sur le champ de la variable.

L'ensemble de ces hypothèses, sur toutes les variables, permet une représentation du système en dynamique, puisqu'elles prennent en compte les mécanismes mis en œuvre et la façon dont ils se poursuivent.

La construction des scénarios

Les scénarios racontent des futurs possibles, qu'ils soient souhaitables ou non. Ces scénarios décrivent une image de la situation à l'horizon envisagé et sont construits à partir de la combinaison logique des hypothèses proposées pour chaque variable. Les scénarios décrits doivent être suffisamment contrastés pour offrir une vision plus large des futurs possibles.

Au cours de l'exercice « Économie circulaire 2040 », quatre scénarios ont ainsi été rédigés. Ils ont été choisis contrastés, afin d'explorer la totalité du champ des possibles et d'en donner une vision large.

Les déclinaisons SST

À partir de ces scénarios, le groupe projet – avec le soutien d'experts de l'INRS – a réfléchi aux conséquences potentielles sur les conditions de travail et sur les risques professionnels pour différents métiers fortement impactés par les modifications induites par la mise en place de l'économie circulaire. Cette réflexion s'est faite en se projetant dans les différents futurs décrits dans les scénarios, en essayant de considérer autant les conséquences favorables que celles défavorables. Les résultats de cette réflexion sont plus souvent formulés sous forme de questionnements que de réponses : l'avenir, dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres, n'est pas écrit, il est construit par de nombreux acteurs différents.

Le dispositif de travail pour cet exercice prospectif

Ce travail de prospective a été conduit par un groupe de travail rassemblant des personnes de l'INRS et des partenaires externes.

- **Courrier Benoît**, chef de département, INRS
- **Debil Fanny**, chargée de projets, Anses
- **Désaunay Cécile**, directrice d'études, Futuribles
- **Gaudeau Olivier**, directeur ingénierie, Indra
- **Goetz Frédéric**, président du CTN C (collège employeurs), CNAM
- **Gomy Catherine**, déléguée générale, Envie
- **Grégoire Laurent**, responsable partenariats entreprises, Chaire supply chain CentraleSupélec
- **Héry Michel**, mission Veille & Prospective, INRS
- **Lambalez Lucie**, experte santé au travail, Veolia Recherche et Innovation
- **Laurent Louis**, directeur études et recherche, INRS
- **Le Guirrinec Pierrick**, président CTN C (collège salariés), CNAM
- **Le Moigne Rémy**, fondateur de Gate C consulting
- **Malenfer Marc**, mission Veille & Prospective, INRS
- **Montagnon Catherine**, responsable scientifique de l'exercice, INRS
- **Richardot Anne-Claire**, chargée de mission, CCI France
- **Schaeffner Dominique**, ingénieur conseil, Cramif
- **Thomasset Luc**, préventeur Ergonome, Carsat Rhône-Alpes
- **Valladeau Anne-Sophie**, experte, INRS

Au-delà des participants au groupe de travail, plusieurs experts de l'INRS ont été mis à contribution dans le cadre de cet exercice :

Nicolas Bertrand, Séverine Brunet, Pierre Canetto, Laurent Claudon, Christine David, Fabien Gérardin, Nathalie Guillemy, Patrick Laine, Jacques Leichlé, Stéphane Miraval, Bernard Siano, et Éric Silvente.

Introduction

L'humanité fait face à des défis dont la plupart ne sont pas nouveaux, mais pour lesquels les solutions privilégiées ou proposées jusqu'ici semblent, pour beaucoup d'entre elles, ne pas répondre à la réalité de la situation. Les alertes se succèdent quotidiennement sur le réchauffement climatique, la pollution des milieux, la chute de la biodiversité... Les preuves du lien entre ces phénomènes et l'activité humaine sont de plus en plus solides et l'Homme commence à expérimenter leurs conséquences : catastrophes naturelles, problèmes de sécurité alimentaire, maladies environnementales, migrations climatiques... Au regard de ces enjeux, le modèle de développement linéaire, reposant sur la recherche systématique d'une croissance du produit intérieur brut (PIB) dans le cadre d'un libre échange économique, est souvent questionné ; mais l'humanité peine à trouver un système alternatif. Cependant, la prise de conscience des acteurs (gouvernements, entreprises, citoyens) progresse également et les initiatives se multiplient pour rechercher des solutions. Les modes de production et de consommation sont en train de se transformer, avec des effets sur le travail. À ce titre, le concept d'économie circulaire apparaît de plus en plus souvent comme une alternative, au moins partielle. L'objet du présent rapport est d'en explorer les mécanismes, afin d'identifier les enjeux de santé et de sécurité au travail que leur développement implique.

I. L'humanité face à des enjeux inédits

L'activité humaine et son impact sur l'environnement

Sommes-nous entrés, comme l'affirment certains, dans une nouvelle ère pour la planète, l'Anthropocène ? Cette hypothèse a fait école depuis sa présentation, en 1995, par le Néerlandais Paul Crutzen – prix Nobel de chimie – lors de ses travaux sur la couche d'ozone. Le concept d'Anthropocène (l'Ère de l'Homme), objet aujourd'hui de recherches interdisciplinaires¹, introduit plusieurs notions :

- Des seuils dans la dégradation des écosystèmes au-delà desquels les changements planétaires seront irréversibles ;
- Des modifications écologiques profondes ;
- Des événements climatiques chaotiques et imprévisibles extrêmes, tels que des ouragans, inondations ou sécheresses, dont la fréquence augmenterait aléatoirement.

En 2009, une équipe internationale de 26 chercheurs a exposé le concept de limites planétaires à ne pas dépasser pour maintenir un environnement sûr dans lequel l'humanité puisse continuer à se développer². Ce travail a été actualisé en 2015 pour aboutir à une liste de dix limites, dont quatre ont déjà été dépassées : le changement climatique, l'érosion de la biodiversité, la perturbation du cycle de l'azote et la perturbation du cycle du phosphore³. De plus, les auteurs soulignent la dimension systémique des impacts de ces dépassements, dont les interactions peuvent être importantes.

1 Géologie, économie, mathématiques des fluides, physique, chimie, droit, éducation, sciences sociales, etc.

2 Rockström J. & al., « Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity, Ecology and society », 2009

3 Steffen W. & al., « Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet », Science, 13 février 2015

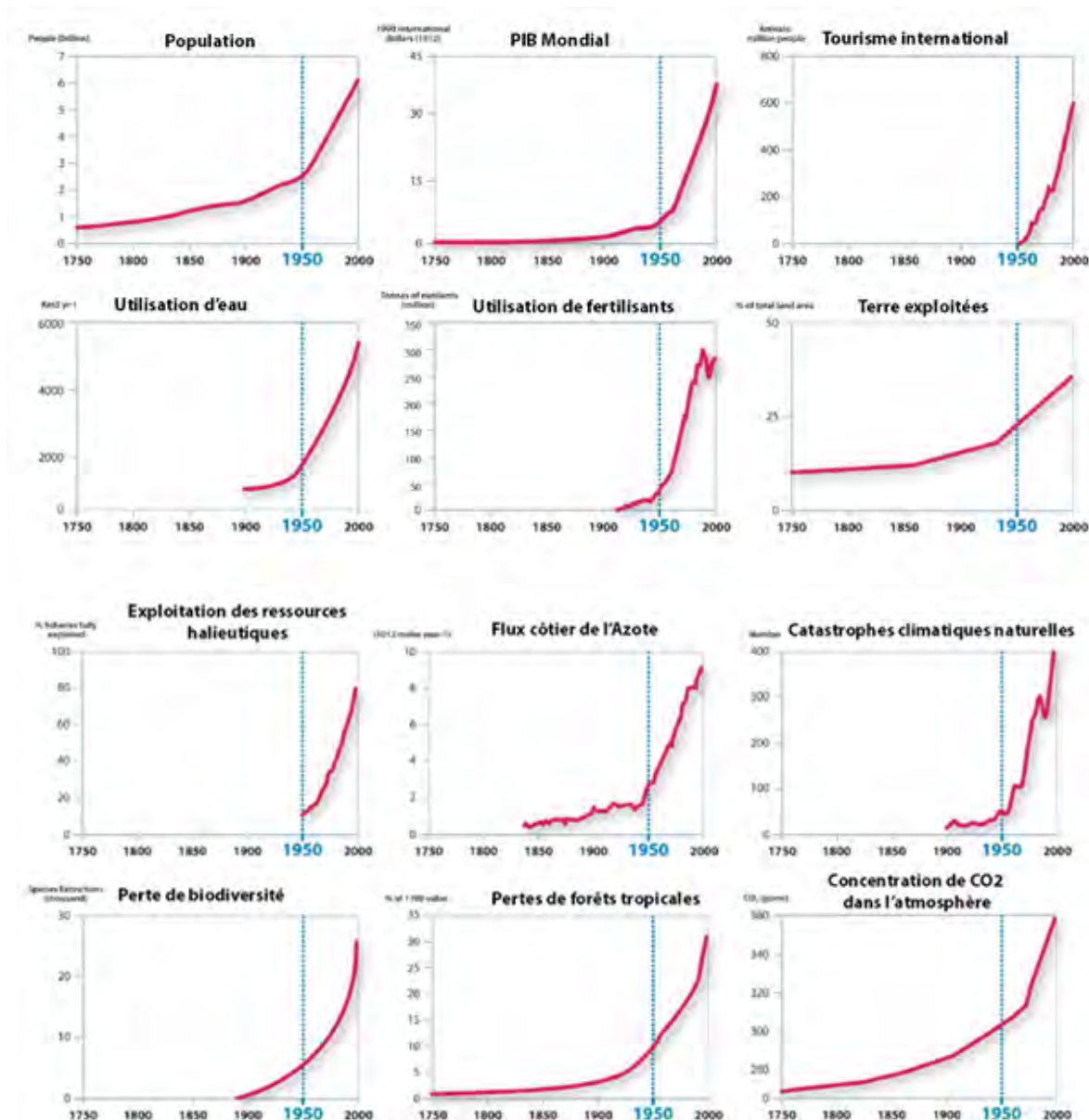


Figure I. Quelques graphes pour jauger de notre situation et montrer la corrélation entre activités humaines et impacts environnementaux⁴.

Les enjeux sont donc à la fois immenses et urgents. Pourtant, les solutions proposées par l'ensemble des nations rassemblées lors des Conférences of Parties (COP) restent concentrées sur l'émission de CO₂ dans l'atmosphère, et ne sont toujours pas assorties d'obligations mais seulement d'engagements volontaires, et à ce jour aucun changement de cap significatif ne s'observe de la part des États.

⁴ Steffen W. Crutzen, P.J. & MoNe III, J.R. 2007. « The Anthropocène. Overwhelming the Great Forces of Nature »

Une planète surexploitée

La croissance démographique

Après avoir franchi la barre des 7,4 milliards d'êtres humains en 2018, nous pourrions être plus de 9 milliards en 2050, et entre 11 à 12 milliards en 2100. Et ce sont les régions dites « en voie de développement » qui enregistreront la plus forte augmentation de population, passant de 5,9 milliards en 2013 à 8,2 milliards en 2050. Tandis que la population des régions dites « développées » restera globalement inchangée, à environ 1,3 milliards de personnes.



Source : 2017 World Population Data Sheet – Population Reference bureau.

Partant de l'hypothèse que la population mondiale devrait passer de 7 milliards à plus de 9 milliards d'ici à 2050, et que l'économie mondiale devrait presque quadrupler, l'OCDE prévoit une demande croissante en énergie et en ressources naturelles, une population principalement urbaine aggravant la pollution de l'air, la congestion des transports et des difficultés liées à la gestion des déchets⁵.

En ce qui concerne les ressources renouvelables de notre planète, le 1^{er} août 2018, l'humanité avait consommé en sept mois autant de ressources naturelles renouvelables que ce que la Terre est capable de produire sur une année entière. Pendant les cinq mois suivants, l'humanité a donc vécu à crédit⁶.

Pour trouver l'équilibre, il faudrait l'équivalent de 1,7 Terres. On comprend donc bien que le modèle de développement actuel et sa diffusion aux pays en « développement » est intenable sur le plan écologique.

⁵ Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : Les conséquences de l'inaction - -ISBN 978-92-64-122161 © OECD 2012

⁶ Global Foot Print - Earth Overshoot Day.



Quant aux ressources fossiles et à certains minéraux et terres rares, non renouvelables à l'échelle humaine, même si leur coût encore faible permet aujourd'hui la poursuite du modèle linéaire, le maintien des taux de croissance actuels est susceptible de créer des tensions dans les années à venir.

Une surconsommation des pays développés

Les pays « développés » sont ceux qui ont le plus d'impact sur la planète, par le poids de leur consommation de masse dans le système économique linéaire actuel.

En effet, la croissance démographique de l'après-guerre a entraîné un développement industriel et une augmentation de la consommation des biens de faible durée de vie et d'énergies fossiles. La consommation mondiale d'énergie s'est encore accélérée sous l'effet de la mutation économique des grands pays asiatiques, notamment la Chine⁷ et l'Inde, tandis que les pays d'Europe et d'Amérique du Nord demeurent de gros consommateurs.

La fragilité du modèle économique linéaire et les risques pour les entreprises

Le modèle économique linéaire est le suivant : extraire (secteur primaire), transformer, produire (secteur secondaire), et vendre des biens et services (secteur tertiaire). Consommer est lié à la notion de cycle de vie des produits (mise sur le marché, maturité, déclin), qui est le concept fondateur du *marketing management*.

⁷ La Chine est le premier consommateur d'énergie depuis 2010 : https://www.lemonde.fr/planete/article/2010/07/20/la-chine-est-devenue-le-premier-consommateur-d-energie_1389954_3244.html

Cette logique, qui se traduit par une surconsommation et une augmentation drastique des déchets et des dépenses énergétiques, est à l'origine des dégradations environnementales et climatiques actuelles.

Dans le même temps, un nouveau modèle économique permettant aux entreprises de transformer ces risques en opportunités de croissance économique responsable et économiquement viable émerge : l'économie circulaire.

Même si le pragmatisme fait qu'aujourd'hui beaucoup d'acteurs se concentrent sur le recyclage des déchets, l'économie circulaire est nettement plus vaste dans ses ambitions. C'est notamment un modèle économique, basé sur de multiples études de rentabilité financière⁸, qui a pour objectif de diminuer l'impact des activités humaines sur la planète et qui s'applique dès la conception d'un produit ou service.

II. L'économie circulaire, un nouveau modèle économique

L'objectif de l'économie circulaire est de produire des biens et services, tout en limitant fortement la consommation et le gaspillage des matières premières et des sources d'énergies non renouvelables. Plusieurs caractéristiques reviennent régulièrement dans les descriptions qui en sont faites. L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) propose une représentation de l'économie circulaire basée sur trois domaines et sept « piliers » : recyclage, approvisionnement durable, écoconception, écologie industrielle et territoriale, économie de la fonctionnalité, consommation responsable, et allongement de la durée d'usage⁹.

⁸ Ellen MacArthur Foundation, Towards the Circular Economy, Volumes 1 and 2, 2012-2013, (<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/business/reports/ce2012> et <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/business/reports/ce2013>) ;

The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, "Opportunities for a Circular Economy in the Netherlands," 2013 (<http://www.government.nl/documents-and-publications/reports/2013/10/04/opportunities-for-a-circulareconomy-in-the-netherlands.html>) ;

Waste & Resources Action Programme (<http://www.wrap.org.uk/content/eu-vision-2020>) ;

Lin Huocan and Liu Cheng, "Circular Economy Poised for Rapid Growth, China Economic Net, June 29, 2012 (http://en.ce.cn/Insight/201206/29/t20120629_23449603.shtml) ;

World Economic Forum & Accenture, "More with Less: Scaling Sustainable Consumption and Resource Efficiency", 2012 ;

United Nations Global Compact and Accenture, "The UN Global Compact—Accenture CEO Study on Sustainability 2013," September 2013 (<http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-UN-Global-Compact-Acn-CEO-Study-Sustainability-2013.PDF>).

⁹ GELDRON Alain, « Économie circulaire : notions », fiche technique, octobre 2013. URL : <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique-economie-circulaire-oct-2014.pdf>

L'économie circulaire

3 domaines, 7 piliers



En résumé, l'économie circulaire permet de concilier réduction de l'impact de l'Homme sur la planète et création de valeur. Elle s'inscrit dans une vision positive sur un plan social, économique et environnemental. Son objectif ultime est de découpler la croissance économique de l'extraction des ressources naturelles et des dégâts environnementaux, grâce à la création de produits, services, modèles d'affaires et politiques publiques innovants. Il s'agit, par exemple, d'augmenter la durée de l'utilisation de matières premières d'une part, en prolongeant la durée de vie des produits (lutte contre l'obsolescence prématurée, réparation, démontage, réutilisation du produit ou de pièces détachées), et d'autre part en recyclant la matière première¹⁰.

Le succès dans l'espace public et médiatique de la notion d'économie circulaire et ses mises en pratique ne dispense pas de pouvoir y porter un regard critique. Les acteurs qui l'analysent, la promeuvent ou commencent à l'appliquer, portent des appréciations diverses sur sa dimension sociale et sur la portée des changements qu'elle induit. Plusieurs réserves peuvent être formulées :

- L'économie circulaire ne peut être considérée comme la solution miracle à tous les problèmes de la planète ;
- Le degré et l'étendue de son application, derrière les annonces et affichages, peuvent être questionnés (c'est par exemple le cas des symbioses industrielles, dont la pertinence est indéniable mais dont la généralisation n'est pas évidente) ;
- Enfin, si son application permet d'imaginer des bénéfices pour la santé au travail, elle peut aussi s'accompagner de conséquences négatives et/ou imprévues : **ce sont notamment ces aspects que ce rapport interroge, en ce qui concerne la santé et la sécurité au travail.**

Pour réussir le pari d'une économie circulaire « vertueuse », l'implication de multiples acteurs est nécessaire.

¹⁰ Institut de l'économie circulaire

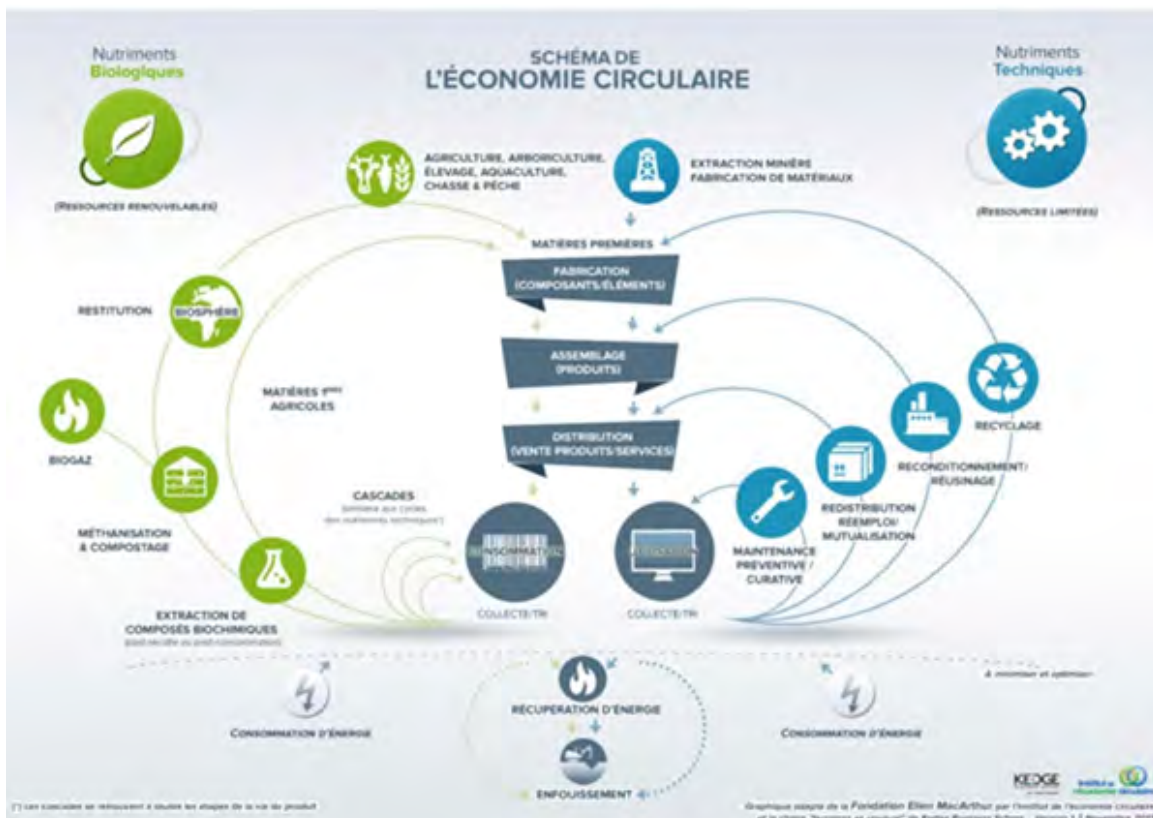
Les acteurs

Les secteurs d'activité économique

La logique de l'économie circulaire suppose que les secteurs d'activité traditionnels de l'économie linéaire, tels que définis par l'INSEE, fassent évoluer leurs pratiques :

- Le secteur primaire (mines, agriculture, arboriculture, aquaculture, élevage, pêche, chasse), dont les acteurs peuvent tendre actuellement vers une surexploitation entraînant une dégradation des milieux et de la biodiversité ;
- Le secteur secondaire (BTP, industries chimiques, industries de process et industries manufacturières), qui est aujourd'hui le plus gros consommateur d'énergie et de matières premières, ainsi que le plus gros producteur de déchets (déchets du bâtiment et revêtements routiers, emballages, plastiques...);
- Le secteur tertiaire, qui se développe très vite et qui est désormais fortement lié au secteur secondaire. Nombre de services sont aujourd'hui intégrés dans l'offre de produits manufacturés. L'application des principes de l'économie circulaire a déjà transformé certains d'entre eux (nouvelles formes de collecte, de ramassage et de recyclage des déchets de plus en plus divers : du pneu au marc de café...). Sans compter tous ceux qui se développent : réparation, maintenance prédictive, etc. Cependant, le secteur tertiaire est également très consommateur d'énergie.

Ces acteurs sont interpellés par l'essor de l'économie circulaire, qui les incite à réfléchir ensemble, à mutualiser, échanger, réduire la consommation des ressources et à œuvrer pour l'optimisation de l'utilisation de produits durables, réparables et recyclables. Mais pour que le système soit viable économiquement, il faudra que d'autres acteurs s'associent à la démarche.



Ce sont aujourd'hui de nombreuses entreprises de toutes tailles qui se lancent dans l'aventure de l'économie circulaire¹¹, en s'essayant à l'intégration de tout ou partie du concept. On retrouve dans ce foisonnement des initiatives très diverses dans leur ambition et champ d'action : collecte de vêtements usagés par un distributeur, location de lumières aux agglomérations, modification des *process* de fabrication par anticipation du manque d'eau... Côté grandes entreprises, 33 d'entre elles, adhérentes à l'Association française des entreprises privées (AfeP), ont fait état de 100 engagements en faveur de l'économie circulaire¹².

Des grandes entreprises organisatrices de schémas d'économie circulaire

De grands groupes en sont ainsi devenus le moteur et l'organisateur, entraînant avec eux de multiples entreprises de toutes tailles, pôles technologiques, et centres de recherche.

Le fabricant d'équipements électroménagers SEB a décidé d'entraîner vers l'économie circulaire d'autres parties prenantes, au travers d'un partenariat. Après avoir développé des pratiques d'écoconception en vue de produire des biens plus robustes, durables et réparables, le groupe se tourne vers l'économie de fonctionnalité en s'associant à une grande marque de distribution.

De même, le distributeur d'équipements et vêtements sportifs Decathlon met en exergue un affichage environnemental pour convaincre toutes ses parties prenantes (fournisseurs, clients, collaborateurs) d'évoluer vers une production écoresponsable au sein du groupe. Pour mener à bien l'étiquetage environnemental, le groupe a dû mobiliser tout son écosystème, que ce soit pour collecter les données auprès de ses fournisseurs ou pour définir des référentiels communs avec d'autres fabricants. Ensemble, ils ont modélisé les impacts de leur production sur l'environnement, établi un référentiel type pour chaque produit ainsi qu'une charte graphique, afin que les autres enseignes puissent s'approprier facilement l'affichage.

Aujourd'hui, l'affichage environnemental commence à faire tache d'huile. En effet, l'ADEME a été missionnée pour accompagner, jusque mi-2019, un groupe d'entreprises volontaires issues de cinq secteurs différents (ameublement, textiles, hôtels, produits électroniques et produits alimentaires), afin de créer un socle technique commun harmonisé.

Les pouvoirs publics

Les pouvoirs publics disposent *a priori* de différents outils pour faciliter la transition vers l'économie circulaire. On peut citer de manière non exhaustive :

- L'évolution de la fiscalité pour les particuliers, par exemple *via* des réductions de taxes, afin d'encourager certaines pratiques (réparation, achats d'occasion...), de faciliter la professionnalisation de certaines activités, etc. ;
- Les incitations financières et la fiscalité à destination des entreprises (comme celles instaurées pour favoriser les énergies renouvelables) et des dispositifs de soutien aux initiatives répondant à des critères adéquats ;
- L'information et la sensibilisation des consommateurs sur les « bonnes pratiques » relevant de l'économie circulaire, mais aussi sur les services à leur disposition (réparation...) ;

¹¹ Le nombre d'adhérents à l'Institut de l'économie circulaire ne cesse d'augmenter

¹² Un an d'engagement des entreprises sur l'économie circulaire : <http://www.afep.com/publications/1-an-dengagement-des-entreprises-sur-leconomie-circulaire/>

- Ajoutons aussi que les *nudges*, ou « incitations douces¹³ », constituent une autre famille d'outils déjà utilisés dans plusieurs pays pour faire évoluer les comportements individuels¹⁴.

Dans tous les cas, reste encore à apprécier l'efficacité et l'acceptabilité sociale de ces mesures à long terme.

Vers une TVA circulaire ?

Des experts et des organismes – comme l'Institut de l'économie circulaire – proposent par exemple de ne plus faire porter la fiscalité sur le facteur travail, mais sur l'extraction et l'exploitation des matières premières. Ceci inciterait les acteurs économiques à miser sur la productivité des ressources plutôt que sur la productivité du travail. Une TVA circulaire (taxe sur la valeur ajoutée) pourrait aussi être envisagée, dont le taux serait réduit pour les produits ayant un moindre impact (issus de l'agriculture biologique, de l'économie circulaire...). Cette idée, lancée par l'entrepreneur Romain Ferrari, de la Fondation 2019, a été reprise dans un récent rapport des Acteurs du nouveau monde, sous la direction de Corinne Lepage¹⁵.

La réglementation au niveau européen ou national est également un levier d'action. Certaines dispositions ont déjà été prises :

- La Commission européenne a explicité sa politique intégrée de produits (PIP) sous la forme d'un livre vert¹⁶ fixant trois axes stratégiques et rappelant trois logiques clés : le principe du pollueur-payeur, le principe du choix éclairé des consommateurs¹⁷, et la publication des informations sur les impacts environnementaux du cycle de vie des produits. Toutes ces mesures doivent favoriser le recyclage et l'écoconception, ainsi que la responsabilisation des producteurs ;
- Les différentes directives européennes sur les déchets électriques et électroniques (D3E) ;
- Au niveau national, la loi relative à la transition énergétique et au Programme national de prévention des déchets (PNDD) 2014-2020 ;
- La loi 2014-344 du 17 mars 2014 relative à la consommation, qui depuis 2016 donne droit à une garantie légale de deux ans et prévoit aussi l'information obligatoire sur la durée de disponibilité des pièces détachées pour réparation ;
- L'économie circulaire a été reconnue comme un objectif national et comme l'un des piliers du développement durable par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte du 18 août 2015 ;

13 « Le concept de nudge s'appuie sur l'économie comportementale. Il vise à créer un environnement de choix qui favorise l'adoption d'un comportement souhaité, sans contrainte, pour aider les gens à atteindre leurs propres objectifs. Le nudge n'a pas vocation à pousser les individus à commettre des actes contre leur volonté et n'en a pas, de toute façon, la capacité. » Institut National de la Consommation (INC) www.conso.net Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) www.developpement-durable.gouv.fr. Sur sa discussion critique, voir Bergeron, H. et al. (2018). *Le biais comportementaliste*. Paris. Presses de sciences po.

14 Voir fiche variable 10 : Leviers et mécanismes d'évolution des comportements

15 L'économie du Nouveau monde. Rapport remis à Madame Ségolène Royal Ministre de l'Environnement, du développement durable et de l'énergie. Groupe de travail dirigé par Corinne Lepage. Juin 2015. Voir aussi <https://www.futuribles.com/fr/groupe/produire-et-consommer-en-france-en-2030/>

16 Livre vert sur la politique de produits, Commission européenne, 2011

17 Informations obligatoires sur l'impact environnemental des produits

- Le gouvernement a publié en avril 2018 une feuille de route pour l'économie circulaire¹⁸, qui devrait donner lieu à des évolutions législatives courant 2019.

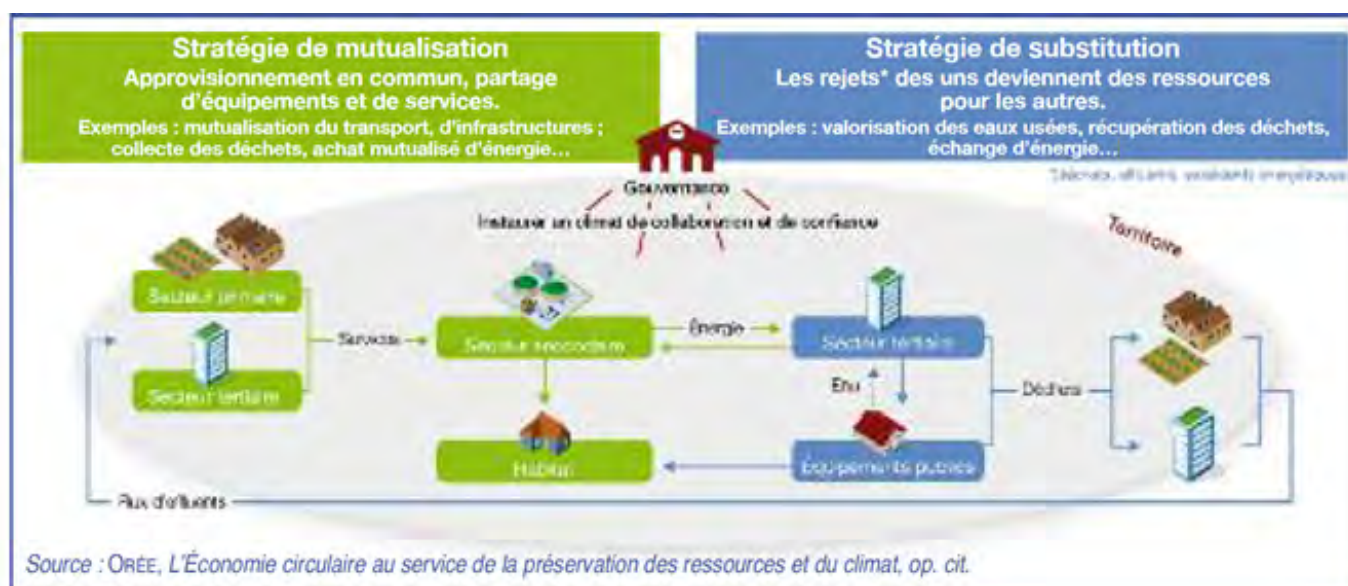
Enfin, il semble que la tendance globale soit au durcissement de la réglementation sur l'obsolescence programmée. Ainsi, après dix mois d'enquête, l'Autorité de la concurrence italienne (AGCM) a sanctionné en octobre 2018 Apple et Samsung pour avoir lancé des mises à jour logicielles nuisibles au bon fonctionnement de leurs smartphones, et à ainsi pousser leurs clients à changer d'appareil¹⁹. Cette condamnation pour obsolescence programmée est une première en Europe. De premières plaintes pour obsolescence programmée ont également été déposées en France, contre Apple et Epson²⁰.

Les territoires

La déclinaison territoriale du concept d'économie circulaire sous forme d'écologie industrielle territoriale²¹ permet de créer des synergies entre acteurs.

Il peut s'agir d'échanger des flux (eau, fluides, gaz, chauffage, énergie) ou des matières (déchets organiques, chutes de production) au niveau local, en jouant sur des complémentarités. Il peut aussi s'agir de matière : à l'échelon local, les différents protagonistes échangent alors des matières premières et secondaires en jouant sur les complémentarités de leurs activités, les déchets de l'un étant la matière première de l'autre. Cela peut également être le développement de chaînes courtes, pour réduire les transports et faciliter la logistique inverse. Ces synergies permettent également de mutualiser des achats, mais aussi des entrepôts – favorisant ainsi l'optimisation logistique – et des infrastructures spécifiques pour des services, comme les centres d'appels.

Cette multiplication des interactions entre acteurs signifie que l'économie circulaire ne se réduit pas à une boucle, mais à de nombreux cycles enchevêtrés.



¹⁸ <https://www.ecologique-solaire.gouv.fr/feuille-route-economie-circulaire-frec>

¹⁹ Le Monde du 24 Octobre 2018 - https://www.lemonde.fr/entreprises/article/2018/10/24/apple-et-samsung-sanctionnees-en-italie-pour-obsolescence-programmee_5373931_1656994.html

²⁰ Le Journal du Dimanche, 29 décembre 2017, « Apple, Epson : l'obsolescence programmée, une notion qui fait débat » - <https://www.lejdd.fr/Economie/apple-epson-obsolescence-programmee-une-notion-qui-fait-debat-3532979>

²¹ L'association Oree la définit comme le fait d'optimiser les ressources locales tout en développant de nouvelles activités économiques.

Le passage à une écologie industrielle et territoriale peut supposer de repenser l'ensemble de la logistique des acteurs concernés, afin de faciliter le transport des matériaux, leur stockage, leur valorisation, leur réutilisation, etc. Or, ces changements peuvent prendre du temps et se révéler coûteux. De ce point de vue, la question de l'échelle géographique et temporelle peut être déterminante : l'écologie industrielle peut impliquer la mise en place de systèmes à des échelles territoriales plus vastes que celles sur lesquelles les acteurs agissent et/ou ont la main. Elle peut aussi impliquer de mettre en place des projets dont la rentabilité peut être lente et nécessiter un soutien financier. L'association Orée tient à jour un recueil des démarches d'écologie industrielle et territoriale²². Ces initiatives sont également centralisées dans le cadre d'un réseau, baptisé Synapse²³.

Les pôles de compétitivité

Les pôles de compétitivité²⁴ ont également un rôle à jouer. Mettant en lien des industriels, de petites et grandes entreprises, et des laboratoires de recherche, ils ont des atouts certains pour aider les entreprises à innover, faciliter le développement de *start-ups* et mettre en lien les entreprises œuvrant autour d'une même thématique. La plupart intègrent également des établissements d'enseignement supérieur, qui peuvent ainsi mettre en place les formations adéquates pour les futurs travailleurs de l'économie circulaire.

Le pôle de compétitivité Technologies de l'Environnement Appliquées aux Matières et aux Matériaux (TEAM2) est une plateforme qui met en œuvre des projets collaboratifs incluant la recherche et les applications industrielles dans le domaine des écotecnologies, des écomatériaux, du recyclage et de la dépollution en France. Au-delà d'une approche globale sur le traitement des déchets, le pôle, situé dans les Hauts de France, se développe suivant 4 domaines d'activités stratégiques : métaux stratégiques et terres rares ; organiques, composites, textiles ; minéraux ; ingénieries et équipementiers automobiles.

Sur les 300 éco-entreprises du Nord-Pas-de-Calais, près de 200 – en majorité des PME – sont déjà impliquées dans le projet TEAM2, notamment dans le cadre du *cluster* régional ayant présidé à sa genèse. Il bénéficie par ailleurs du soutien des deux leaders français du traitement des déchets²⁵ et de l'implication de grandes entreprises transfrontalières (Galloo). Le pôle représente aujourd'hui un potentiel de 7000 emplois et un potentiel de recherche académique de 400 chercheurs directement impliqués. La plupart des grandes écoles et universités présentes sur la zone géographique du pôle ont développé ces dernières années des modules de formation liés aux métiers de la valorisation (près de 8000 ingénieurs sont actuellement formés par ces organismes). Dix de ces écoles et universités, telles que l'École nationale supérieure Mines-Télécom Lille Douai, l'université de Lille, l'École centrale de Lille ou encore l'université d'Artois, sont impliquées dans le projet.

²² <http://www.oree.org> ; Ce recueil est disponible via ce lien : <http://www.oree.org/actu-economie-circulaire.html>, à « Nouvelle édition du recueil cartographique des initiatives franciliennes en économie circulaire »

²³ <https://www.economiecirculaire.org/eit/h/le-reseau-synapse.html#page1>

²⁴ Un pôle de compétitivité est un rassemblement, sur un territoire bien identifié et sur une thématique ciblée, d'entreprises petites, moyennes ou grandes, de laboratoires de recherche et d'établissements de formation.

²⁵ Veolia et Suez Environnement

Les consommateurs

Les consommateurs ont également un rôle à jouer dans l'économie circulaire. Ils peuvent ainsi :

- Privilégier l'usage plutôt que la possession, grâce à la location auprès de particuliers (économie collaborative) ou de professionnels (économie de fonctionnalité) ;
- Accroître la durée d'utilisation des produits en résistant aux effets de mode et grâce à l'achat-vente d'occasion ;
- Augmenter la durée de vie des produits en recourant plus systématiquement à la réparation ;
- Recourir aux circuits courts et à l'autoproduction ;
- Etc.

Le recours à ces pratiques, qui sont pour la plupart déjà anciennes, est très inégal selon les publics et les biens concernés. Elles sont principalement motivées par des raisons économiques mais aussi, de plus en plus, par des préoccupations environnementales et par la volonté de consommer « autrement » et « mieux »²⁶. Elles se heurtent néanmoins à certains freins liés aux consommateurs eux-mêmes (réticences à changer leurs pratiques, préférence pour l'achat de biens neufs, manque d'informations, de temps...), mais aussi à la disponibilité de l'offre (par exemple, produits à bas coût conçus pour ne pas être réparés, indisponibilité des pièces détachées sur les temps longs).

Par ailleurs, l'impact environnemental de ces pratiques n'est pas mécaniquement positif : il dépendra des logiques dans lesquelles elles s'inscrivent et de leurs modalités d'exercice.

III. Principes et modalités de déploiement de l'économie circulaire

L'économie circulaire modifie en profondeur le cycle complet de la production à la consommation, en appliquant de nouveaux principes d'action, notamment :

Assurer la durabilité des ressources par l'écoconception et la fin de l'obsolescence programmée

L'obsolescence programmée est un phénomène ancien. Après l'histoire du cartel Phoebus, qui visait à commercialiser des ampoules de durée de vie réduite²⁷, c'est en 1932 que Bernard London²⁸ propose l'obsolescence programmée comme moyen de stimuler la consommation et de sortir de la crise économique. À l'époque, la finitude des ressources

26 GREENFLEX, « Consommation durable et typologie des consommateurs 2015 », étude Ethicity, juin 2015 . URL : <http://fr.slideshare.net/GreenFlex/consommation-durable-et-typologie-des-consommateurs-2015?ref=http://www.greenflex.com/etudes/typologie-des-consommateurs/>

27 Associations des principales entreprises productrices d'ampoules mise en place dans les années 1920 visant à limiter la durée de vie des ampoules commercialisées.

28 The New Prosperity – Bernard London

n'était pas à l'ordre du jour : un siècle plus tard, le contexte a changé. Il s'agit désormais d'opérer un virage à 180 degrés et d'écoconcevoir des produits résistants, réparables (donc démontables) et qui, en fin de vie, pourront servir de matière première secondaire pour d'autres usages. Il s'agit également, lors de la conception, d'optimiser la consommation de ressources qui puissent, à leur tour, être régénérées, recyclées ou « biodégradées », et donc de minimiser l'impact de l'activité humaine sur l'environnement.

Réutiliser les pertes, rebuts et déchets comme ressources à d'autres moments du process de l'entité ou comme ressources pour une autre entité

Ce qui était considéré comme perte, rebut ou déchet est réutilisé dans d'autres *process*. Ainsi, les déchets organiques sont compostés, les biogaz sont transformés en électricité, la chaleur produite par les *data centers* permet le chauffage urbain, les eaux usées génèrent des bioplastiques, les huiles alimentaires usagées deviennent biocarburants... Les chutes et déchets textiles peuvent devenir des matières premières secondaires (effilochés, coussins et fibres textiles) régénérés pour des secteurs tels que l'automobile, la confection, le BTP, l'ameublement, le géotextile...

Les produits finis sont donc parties intégrantes des flux de matières et d'énergie et sont réinjectés dans autant de « boucles vertueuses ». Les chaînes de valeur sont imbriquées.

Ce type d'économie concerne aussi les flux d'eau et d'énergie.

Anticiper une nouvelle logique économique de vente, récupération, et réparation dès la conception des produits

Préparer le consommateur à ce nouveau modèle supposera de faire évoluer les pratiques. Une nouvelle forme de logistique sera aussi nécessaire, allant autant du producteur au consommateur, que du consommateur au producteur. C'est la *reverse chain logistic*.

Pratiquer l'économie de fonctionnalité

Cela consiste à louer un service plutôt qu'à vendre un produit, en privilégiant une fonction d'usage et non de possession. C'est ce que l'on retrouve déjà dans les logements locatifs, la « vente de pneus au kilomètre » proposée par Michelin à ses clients professionnels, les flottes partagées de vélos, trottinettes, et voitures mis en location dans les grandes villes, ou encore les photocopieurs pour entreprises, facturés au nombre de copies. Ce modèle a en particulier les vertus de faire que durabilité et intérêt économique aillent de pair (alors que ces deux notions peuvent s'opposer dans un modèle classique), ainsi que de faciliter la maintenance.

Réaliser des plateformes d'échange

L'objectif est ici de faciliter les échanges de données et d'informations entre les producteurs de déchets/rebuts et les utilisateurs de ces mêmes déchets, pour lesquels ils seront des ressources. Ce passage d'une économie basée sur une concurrence mondialisée à une

économie fondée sur une logique avant tout territoriale, mettant en scène des entreprises complémentaires, est favorable à la « logistique inverse ». Pour certaines ressources, cela peut supposer une coordination à l'échelle territoriale (par exemple par les régions), qui aura par ailleurs pour effet un développement économique et la création d'emplois difficilement délocalisables. Les territoires sont déjà le terrain de certaines expérimentations du concept d'économie circulaire.

Ce rapport explore les transformations des modes de production, des métiers et du travail que pourrait induire le passage d'une économie linéaire à une économie circulaire, à l'horizon 2040. L'objectif est d'identifier les opportunités et les risques en santé et sécurité au travail, pour permettre que la prévention soit intégrée dans les boucles de l'économie circulaire.

Liste des variables

N° de la variable	Intitulé	Rédacteur
1	Demande mondiale de ressources	Cécile Désaunay
2	Qualité des milieux	Michel Héry
3	Évolution du mix énergétique mondial	Pierrick Le Guirrinec
4	Gestion des ressources minérales non énergétiques	Marc Malenfer
5	Biomasse	Louis Laurent
6	Économie numérique (TIC)	Rémy Le Moigne
7	Vers une logistique circulaire	Laurent Grégoire
8	Économie circulaire et action publique multiniveau	Fanny Debil
9	Formes d'entreprises et modèles économiques	Cécile Désaunay
10	Leviers et mécanismes d'évolution des comportements	Cécile Désaunay
11	Comportements et logiques de consommation	Anne-Sophie Valladeau
12	Réemploi, réutilisation, remanufacturing	Olivier Gaudeau
13	Vente de l'usage	Benoît Courier
14	Économie du partage	Rémy Le Moigne
15	Organisation de la production	Catherine Montagnon
16	Déchets et recyclage	Michel Héry

Demande mondiale de ressources

Cécile Désaunay, Futuribles

Définition

Cette variable s'intéresse à l'évolution de la consommation mondiale des ressources naturelles, qu'elles soient renouvelables ou non renouvelables.

Pour cela, deux moteurs principaux doivent être pris en compte :

- La croissance démographique mondiale, en particulier l'évolution du pouvoir d'achat des individus, des classes moyennes et aisées ;
- La diffusion du modèle de la société de consommation sur la planète.

Signalons ici les limites d'une approche à l'échelle mondiale, qui ne permet pas d'appréhender finement la diversité des modèles de développement et des pratiques individuelles selon les régions et les pays. L'objectif de cette variable est donc avant tout de proposer de grandes logiques d'évolution de la demande mondiale de ressources.

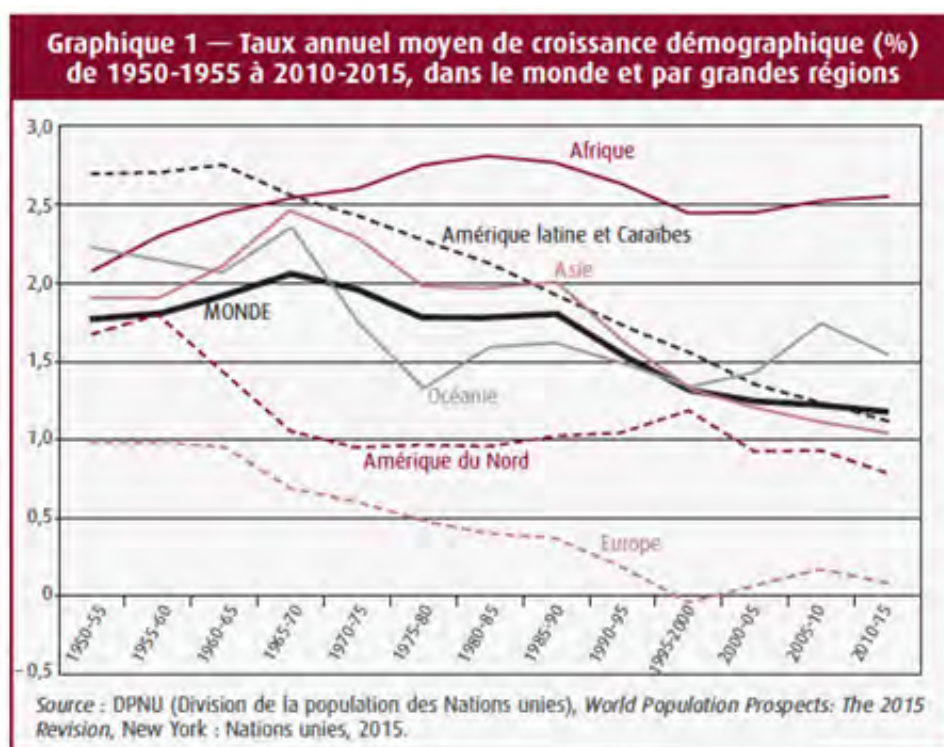
Indicateurs

- Croissance démographique
- PIB et revenus par habitant
- Nombre de personnes appartenant aux classes moyennes
- Consommation mondiale de ressources renouvelables et non renouvelables

Rétrospective : tendances structurantes sur longue période

Croissance démographique mondiale

La population mondiale a triplé en soixante-cinq ans, passant de 2,5 milliards d'habitants en 1950 à 7,5 milliards en 2016. Elle croît chaque année de 1 % à 2 % en moyenne. Cette croissance est particulièrement forte en Afrique (même si elle ralentit depuis une dizaine d'années), alors qu'elle a beaucoup diminué dans les autres régions du monde, et tend même à stagner en Europe²⁹. Ainsi, en soixante-cinq ans, la population africaine a été multipliée par 5, contre 1,3 pour la population européenne.



Aujourd'hui, 60 % des terriens sont asiatiques, 10 % européens et 16 % africains.

Cette croissance de la population mondiale s'explique principalement par l'allongement de l'espérance de vie, grâce à l'amélioration des conditions de vie (alimentation, hygiène, accès aux soins médicaux...). Depuis 1950, au niveau mondial, l'espérance de vie des hommes est passée de 45 ans à 68 ans, et celle des femmes de 48 ans à près de 73 ans. Cette croissance s'explique par différents moteurs historiques : progrès de la couverture vaccinale, amélioration de l'accès aux soins, de l'hygiène, meilleure alimentation, etc. Néanmoins, des disparités parfois importantes demeurent en matière d'espérance de vie, entre les pays mais aussi au sein de chaque pays, notamment en fonction des catégories sociales.

²⁹ Source : ONU, *World population Prospects* et <https://www.futuribles.com/fr/revue/415/la-population-du-monde-croissance-et-veillessement/>

La croissance de l'espérance de vie entraîne un vieillissement de la population mondiale, qui constitue une tendance lourde à l'horizon 2040. Ce vieillissement a et aura des conséquences sur les modes de consommation.

Croissance des classes moyennes et du pouvoir d'achat dans le monde

Différentes études mettent en avant l'émergence des classes moyennes dans les pays en développement ; la difficulté étant qu'il n'existe pas de définition harmonisée de la fourchette de revenus déterminant, à l'échelle mondiale, les individus appartenant à la classe moyenne. Ces écarts s'expliquent bien sûr par la grande diversité des niveaux de vie et des revenus selon les pays, et se traduisent par le fait qu'il n'est possible de donner des ordres de grandeur que sur l'évolution des classes moyennes de la planète.

- Avec la définition de 10 à 20 dollars US par jour, en 2011, la classe moyenne représentait 13 % de la population mondiale, alors que 56 % d'entre elle était considérée comme pauvre (moins de 2 dollars US par jour). Ainsi, seuls 16 % des humains gagnaient plus de 20 dollars US par jour, et près de 90 % d'entre eux habitait dans les pays riches³⁰ ;
- Avec une fourchette de revenus entre 10 et 50 dollars US par jour, 1,4 milliard de personnes appartenaient à la classe moyenne en 2011, contre 800 millions dix ans plus tôt, soit une hausse de 70 % ;
- Pour une fourchette de 10 à 100 dollars US par jour, près de 3 milliards de personnes relevaient de la classe moyenne en 2015, contre 1 milliard trente ans plus tôt³¹.

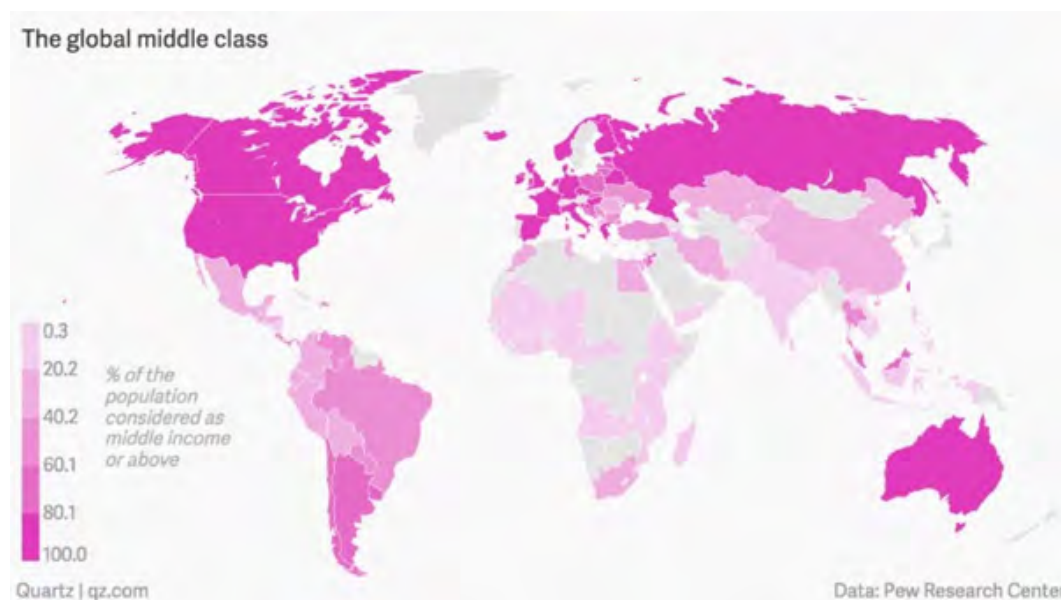
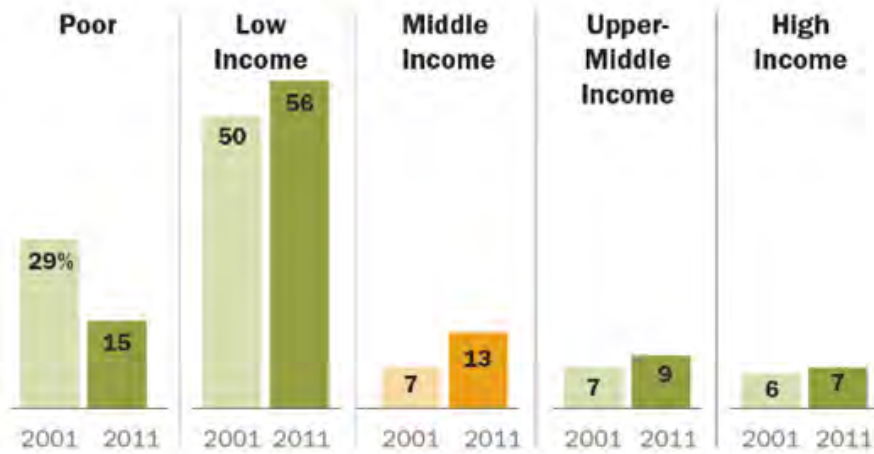


Figure 2. Fourchette : 10 à 20 dollars US par jour.

³⁰ http://www.pewglobal.org/files/2015/07/Global-Middle-Class-Report_FINAL_7-8-15.pdf

³¹ https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/02/global_20170228_global-middle-class.pdf

% of global population by income



Note: The poor live on \$2 or less daily, low income on \$2.01-10, middle income on \$10.01-20, upper-middle income on \$20.01-50, and high income on more than \$50; figures expressed in 2011 purchasing power parities in 2011 prices. People are grouped by the daily per capita income or consumption of their family, the choice of metric depending on how the source data for a country are collected.

Source: Pew Research Center analysis of data from the World Bank PovcalNet database (Center for Global Development version available on the Harvard Dataverse Network) and the Luxembourg Income Study database

Selon les différents experts du sujet, la récente croissance de la classe moyenne se fait par le bas : elle s'explique donc par le fait que de plus en plus d'individus sortent de la pauvreté. Ainsi, selon le Pew Research Center, entre 2001 et 2011, la part de la population mondiale considérée comme pauvre (moins de 2 dollars US par jour) a été divisée par deux, passant de 29 % à 15 %. Parallèlement, la part de la classe moyenne a doublé, passant de 7 % à 13 %.

La récente croissance des classes moyennes est concentrée dans certaines régions : la Chine, l'Europe de l'Est et l'Amérique du Sud. Elle se développe plus lentement en Inde, en Asie du Sud-Est, en Afrique et en Amérique centrale. Toujours selon le Pew, près d'un Chinois sur cinq appartient désormais à la classe moyenne, contre 3 % en 2001. Et la moitié de la classe moyenne mondiale habite désormais en Asie, contre seulement un tiers il y a dix ans.

Croissance de la consommation matérielle

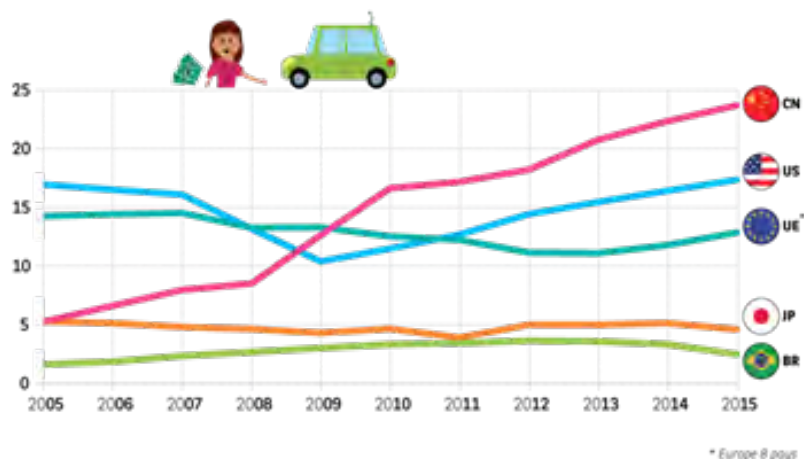
Conséquence de cette croissance des revenus, de plus en plus d'individus sur la planète ont désormais des revenus qui leur permettent de satisfaire leurs besoins physiologiques (un toit pour dormir et de quoi se nourrir et s'habiller), et peuvent donc progressivement élargir le champ de leur consommation : voiture, électroménager, téléphone portable, ordinateur, vêtements, etc. Mais cette accession à la consommation se fait bien évidemment selon des rythmes et des ampleurs très contrastés selon les pays et les classes sociales. Si l'entrée dans la société de consommation est déjà une réalité en Chine, elle est à peine amorcée dans certains pays africains. Néanmoins, sur le continent africain, la consommation des ménages croît de 5 % par an, depuis quinze ans³².

En 2015, la consommation de la classe moyenne mondiale a représenté plus d'un tiers de l'économie mondiale, et elle croît d'environ 4 % par an. Dans les pays occidentaux, les classes moyennes représentent en moyenne la moitié de la consommation nationale.

Différents biens sont emblématiques de cet essor de la société de consommation, comme l'automobile : en dix ans, les ventes de voitures en Chine ont été multipliées par cinq.

Ventes mondiales de voitures particulières et de véhicules utilitaires légers neufs entre 2005 et 2015
En millions d'unités

Source : BIPÉ d'après OICA et fédérations de constructeurs



Source : <http://observatoirecetelem.com/observatoire-cetelem-de-lautomobile/ma-voiture-bien-aimee/lautomobile-a-les-ventes-en-poupe/>

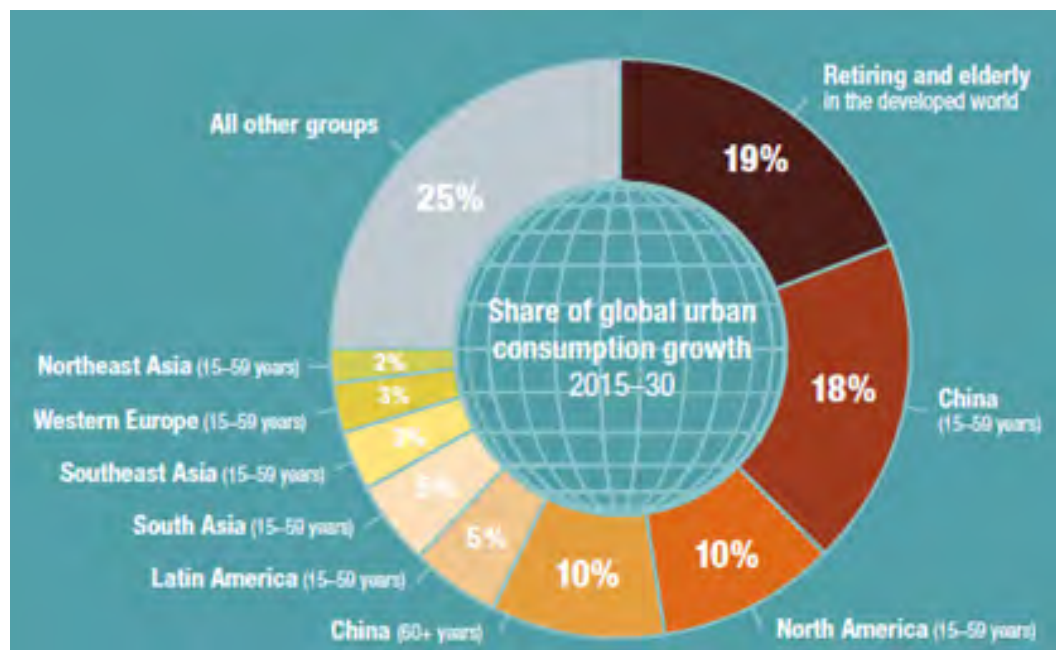
Selon une récente étude du cabinet McKinsey, au cours du XX^e siècle, plus de la moitié de la croissance de la consommation mondiale des ménages a été générée par la croissance démographique³². Mais, entre 2015 et 2030, les trois quarts de la croissance de la consommation s'expliqueront par une hausse des dépenses individuelles de consommation.

Et, en 2030, 80 % de la consommation mondiale pourrait se faire dans les villes. Au cours des quinze prochaines années, 100 grandes villes de la planète pourraient générer près de la moitié de la croissance mondiale de la consommation.

³² Will digital erase the middle class? <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights>

³³ <https://www.mckinsey.com/global-themes/urbanization/urban-world-the-global-consumers-to-watch>

Neuf groupes de consommateurs pourraient concentrer l'essentiel de cette croissance au cours des quinze prochaines années.



Parmi eux, trois groupes pourraient générer à eux seuls la moitié de la croissance de la consommation d'ici 2030 :

- Les séniors

Les plus de 60 ans pourraient représenter la moitié de la croissance de la consommation dans les villes des pays développés. Leurs dépenses sont particulièrement élevées dans la santé, mais aussi les loisirs, le transport et les équipements du logement. Néanmoins, des inégalités croissantes s'observent entre les séniors, qui n'auront pas tous les moyens de consommer librement.

- La population active en Chine

La population active chinoise augmentera de 20 % d'ici 2030, et ses revenus ne cessent de croître. En conséquence, la consommation annuelle moyenne des actifs chinois pourrait doubler en quinze ans. En 2030, cette population pourrait représenter 12 % de chaque dollar dépensé dans les villes.

- La population active aux États-Unis

Les inégalités tendent à se creuser au sein de la population active américaine, mais globalement cette population pourrait continuer à augmenter sa consommation, de 24 % d'ici 2030.

McKinsey observe aussi d'autres tendances en lien avec la consommation mondiale :

- Au-delà de la mondialisation de certaines pratiques de consommation, une diversification toujours plus grande des profils et des revenus des consommateurs, entre et au sein des pays ;
- Une progression de la croissance des services, notamment des services de santé (pour l'instant surtout dans les pays riches), mais aussi les communications, le transport, l'éducation et la restauration.

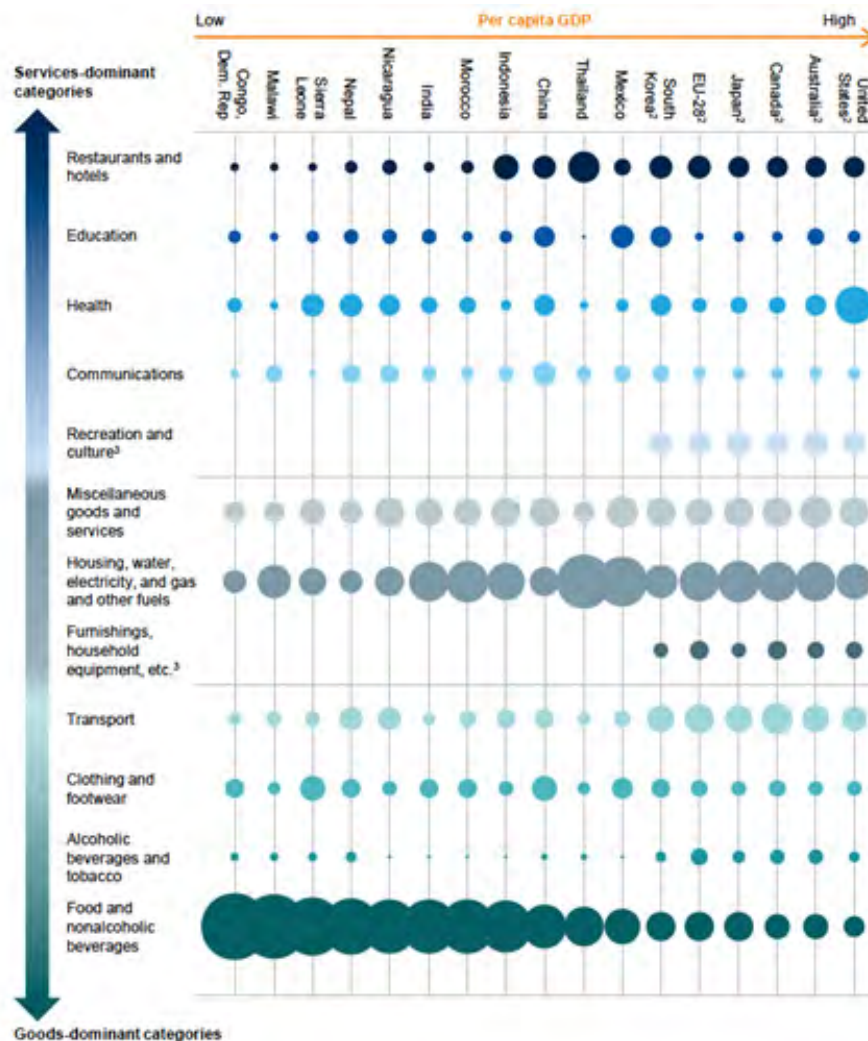


Figure 5. Dépenses de consommation des ménages par pays (en % du total).

D'autres études ont aussi mis en avant l'essor de la société de consommation dans les pays en développement³⁴.

Croissance de la consommation de ressources naturelles

Conséquence de cet essor de la société de consommation, l'humanité consomme toujours plus de ressources naturelles : entre 1980 et 2013 (dernières données disponibles),

³⁴ <http://www.ey.com/fr/fr/issues/driving-growth/barometre-pays-emergents>

le volume total de ressources matérielles extraites ou récoltées dans le monde a augmenté de 132 %, passant de 36 à 85 milliards de tonnes³⁵. Depuis dix ans, la consommation mondiale s'est accélérée, tirée principalement par les pays en développement.

On distingue généralement quatre catégories de ressources matérielles : la biomasse (alimentation et bois), qui correspond aux ressources renouvelables, les combustibles fossiles, les métaux et les minéraux (industriels et de construction), qui sont des ressources non renouvelables.

La biomasse représente toujours la grande majorité des ressources extraites dans le monde, avec environ 30-35 % du total ; mais cette proportion a presque été divisée par deux en trente ans. Parallèlement, la part des ressources non renouvelables a explosé : selon les chiffres du SERI, la hausse a atteint 240 % pour les minéraux industriels et de construction, contre 61 % pour la biomasse.

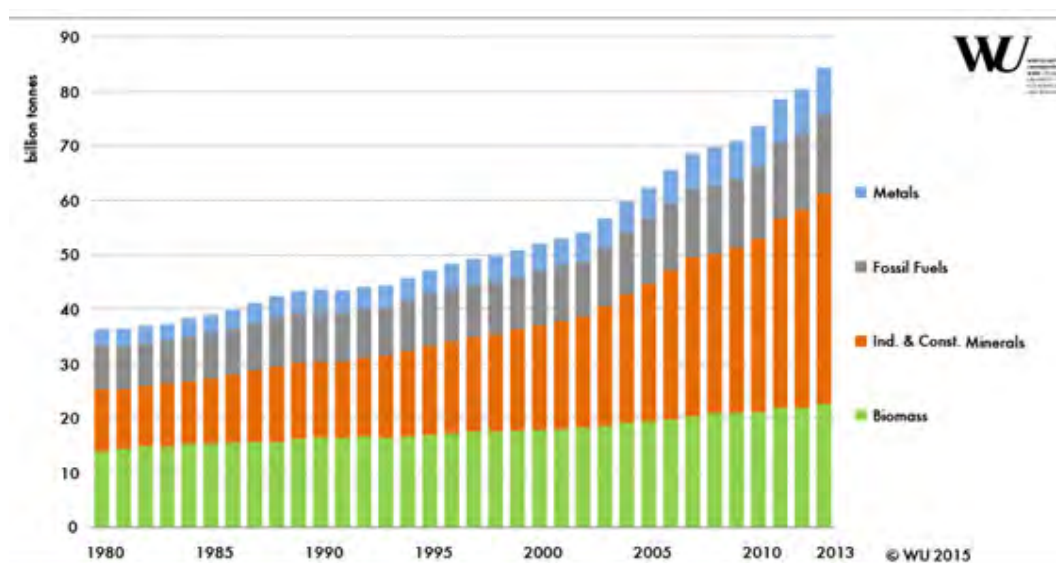


Figure 6. Extraction mondiale de ressources matérielles, 1980-2013.

Source : SERI, 2017. <http://www.materialflows.net/trends/analyses-1980-2013/global-material-extraction-by-material-category-1980-2013/>

³⁵ Voir notamment les données du SERI, un think tank européen reconnu sur les questions de développement durable. Source : <http://www.materialflows.net/trends/analyses-1980-2011/global-resource-extraction-by-material-category-1980-2011/>.

Voir aussi les chiffres de l'OCDE : Productivité des ressources dans les pays du G8 et de l'OCDE, Paris : OCDE, 2011 ; et Green Growth indicators, 2014. Source : <http://www.oecd.org/greengrowth/greengrowthindicators.htm>

L'Asie concentre désormais plus de la moitié des extractions mondiales de matières premières.

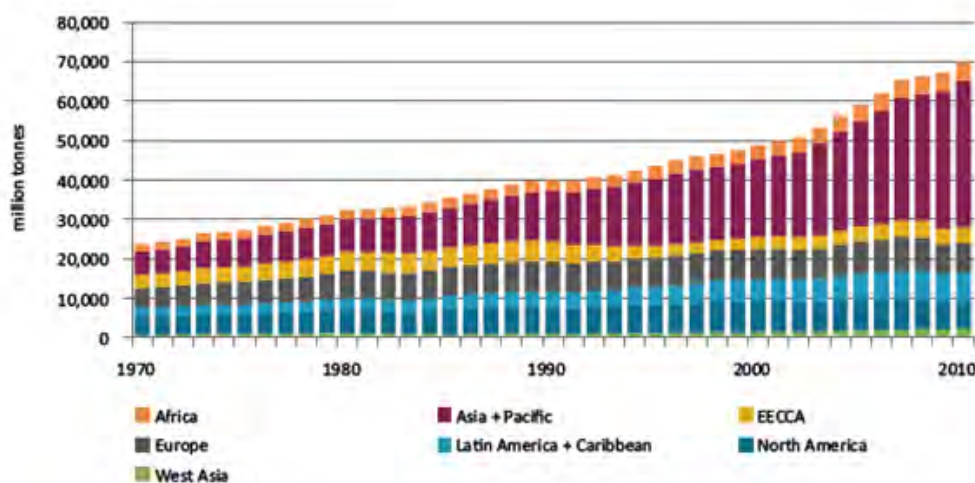


Figure 7. Extractions nationales de sept sous-régions, 1970-2010.

Source : PNUE, <http://www.resourcepanel.org/reports/global-material-flows-and-resource-productivity>

Prospective : incertitudes majeures

Une croissance démographique incompatible avec les ressources naturelles disponibles ?

Dès 1972, le « Rapport Meadows », *Halte à la croissance ?*, publié par le Club de Rome, alertait sur les risques que la croissance démographique et la croissance économique faisaient peser sur les ressources de la planète. Dans un appel lancé en novembre 2017, 15 000 scientifiques ont réitéré ce message d'alerte et cette idée que la croissance de l'humanité n'était pas soutenable.

En matière de démographie mondiale, deux incertitudes majeures peuvent être identifiées pour l'avenir :

- Quelle évolution pour les taux de fécondité à travers le monde ?

Actuellement, la population mondiale croît d'environ 1,2 % par an, contre près de 2 % dans les années 1960. Ce ralentissement s'explique par la très forte baisse de la fécondité dans les pays pauvres et les pays en développement. L'impact de cette tendance a néanmoins été limité par l'accroissement de l'espérance de vie. Pour l'avenir, différentes hypothèses peuvent être envisagées. La Division de la population de l'Organisation des Nations Unies estime que le taux de fécondité pourrait progressivement se stabiliser aux environs de 2 enfants par femme, soit le strict remplacement des générations. Dans ce cas, la population mondiale atteindrait 8,4 milliards d'individus en 2030 et 9,3 milliards en

2050. Néanmoins, rien n'indique que l'ensemble des pays de la planète vont un jour s'aligner sur ce niveau de fécondité. Si ce dernier se maintenait à un niveau plus élevé, la population mondiale pourrait croître beaucoup trop vite et atteindre, selon une autre hypothèse, 10 milliards d'habitants en 2050.

- Vers une stagnation, voire une baisse de l'espérance de vie ?

On enregistre depuis quelques années des stagnations, voire des diminutions ponctuelles de l'espérance de vie à la naissance et en bonne santé dans les pays riches. Ainsi, en 2015, pour la première fois en France depuis 1969, l'espérance de vie à la naissance a diminué pour les femmes et les hommes, mais elle a de nouveau augmenté en 2016³⁶. Aux États-Unis, l'espérance de vie à la naissance a diminué de 0,1 an entre 2014 et 2015, alors qu'elle augmentait de manière continue depuis vingt-deux ans³⁷.

De même, l'espérance de vie en bonne santé à 65 ans (déclarée par les individus) a augmenté sur une longue période³⁸ puis s'est stabilisée depuis 2005 au sein de l'UE-28, et a même diminué de quelques mois pour atteindre 8,6 ans de moins pour les hommes et les femmes³⁹.

Cette inflexion donne lieu à deux interprétations très différentes :

- Un seuil biologique pourrait être atteint dans l'espérance de vie de l'espèce humaine,
- L'espérance de vie pourrait être dégradée par les comportements des individus (alimentation, sédentarité, tabagisme, etc.) et par l'environnement (pollution, perturbateurs endocriniens, etc.).

La croissance démographique s'est jusqu'à présent traduite par une croissance « mécanique » de la consommation des ressources. Néanmoins, pour l'avenir, il convient de distinguer :

- Les besoins liés à l'alimentation, qui dépendront des régimes alimentaires (notamment de la consommation de viande) et de l'organisation des filières agroalimentaires (notamment de l'ampleur du gaspillage). Aujourd'hui, la plupart des experts s'accordent sur le fait que l'humanité produit suffisamment de nourriture pour satisfaire les besoins de 9 milliards d'individus, mais que l'incertitude porte plutôt sur la répartition de cette production et sur la réduction du gaspillage ;
- Les besoins énergétiques, notamment pour le logement et le transport (*voir fiche sur le mix énergétique*) ;
- La consommation des biens et des équipements relevant de la société de consommation, pour laquelle les incertitudes sont *a priori* les plus fortes.

Dans les pays en développement, la question est de savoir si les individus qui en ont les moyens souhaiteront ou non consommer de la même manière que les consommateurs

36 <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2554860#titre-bloc-14>

37 <https://www.cdc.gov/nchs/products/databriefs/db267.htm>

38 L'espérance de vie en bonne santé ou sans incapacité (EVSI) représente le nombre d'années en bonne santé qu'une personne peut s'attendre à vivre. Une bonne santé est définie par l'absence de limitation d'activités (dans les gestes de la vie quotidienne) et l'absence d'incapacités. Source : INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques), <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/esperance-vie-bonne-sante.htm>

39 http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Healthy_life_years_statistics/fr

occidentaux. Pour l'instant, on observe à la fois des comportements similaires (effets de mode, attractivité du smartphone, etc.) et des différences parfois très importantes, liées aux spécificités locales. Ainsi, le phénomène de démocratisation de l'accès à l'automobile, qui a caractérisé les Trente Glorieuses en Europe, ne semble pas se reproduire en Chine, en Inde ou dans les pays africains, compte tenu de différents freins (coût, saturation des routes, quotas mis en place par les autorités, etc.). Par contre, les deux roues, notamment motorisés, connaissent un succès majeur dans les villes chinoises.

Dans les pays développés, on observe déjà des « pics » de consommation pour certains biens et certaines ressources (comme la viande), qui pourraient traduire un phénomène de saturation des besoins. Néanmoins, on observe aussi une croissance continue d'autres postes de consommation, comme les technologies. Pour l'avenir, la question est donc de savoir si la consommation des individus dans ces pays pourrait se stabiliser soit mécaniquement (donc par saturation des besoins), soit de manière contrainte (par manque de moyens financiers, hausse du coût des produits, etc.), soit volontaire (mouvement de la sobriété volontaire).

Quelle évolution des dépenses contraintes ?

L'évolution des revenus des classes moyennes ne détermine pas totalement leur pouvoir d'achat. En effet, une incertitude forte demeure concernant la part des revenus que certains individus devront réserver à certaines dépenses dites contraintes, notamment pour leur logement et leur santé. Ces dépenses dépendront d'une part de l'offre de logement dans les pays concernés, d'autre part des politiques publiques en matière de santé et d'éducation, qui peuvent potentiellement constituer des postes importants de dépenses pour les ménages, notamment en lien avec le vieillissement de la population.

Vers des sociétés en diamant ou en sablier ?

Au début des années 2010, la croissance fulgurante des classes moyennes dans les pays en développement a donné lieu à différentes projections très optimistes concernant leurs perspectives. Homi Kharas, un économiste malaisien qui a travaillé à la Banque mondiale puis à la Brookings, estimait ainsi en 2009 que la classe moyenne mondiale pourrait compter 4,9 milliards d'individus en 2030, dont les deux tiers en Asie⁴⁰. Et il envisageait que leurs dépenses de consommation augmenteraient de 160 % au cours de cette période. En 2010, McKinsey considérait que ces dépenses pourraient passer de 6 900 milliards de dollars US à 20 000 d'ici 2020.

Ces projections allaient donc dans le sens de sociétés « en montgolfière », ou en pyramide, dans lesquelles les classes moyennes allaient croître progressivement par le bas, les classes aisées étant plus ou moins importantes selon les pays⁴¹.

Des études plus récentes prévoient toujours une croissance importante de la classe moyenne mondiale dans les années à venir. Homi Kharas considère même que cette progression s'accélère depuis quelques années et que la classe moyenne mondiale pourrait compter 5,5 milliards de personnes d'ici 2030⁴².

Néanmoins, d'autres discours sont désormais plus prudents concernant cette croissance.

40 <https://www.oecd.org/dev/44457738.pdf>

41 <https://www.futuribles.com/fr/article/quatre-schemas-de-representation-des-classes-moyen/>

42 https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/02/global_20170228_global-middle-class.pdf

Ainsi, en 2015, le Pew Research Center affirmait dans une étude que « la classe moyenne mondiale est plus une promesse qu'une réalité ». Il constatait en effet que la croissance récente des classes moyennes s'est principalement faite par le bas, grâce à une sortie de la pauvreté de millions d'individus. Mais il craignait aussi que ce mouvement puisse être réversible, en fonction de l'évolution de la conjoncture économique.

De plus en plus d'analyses mettent ainsi en avant l'idée de sociétés « en sablier », caractérisées par une polarisation très forte entre des individus très aisés et une majorité de pauvres, les classes moyennes restant minoritaires.

Ce phénomène de rétrécissement des classes moyennes s'observe déjà depuis quelques années aux États-Unis et en Europe⁴³. Ainsi, en Europe, selon l'Organisation internationale du Travail, la classe moyenne a diminué de 2,3 % entre 2004 et 2011, et cette baisse se serait probablement poursuivie depuis⁴⁴. Cette inflexion s'explique par le fait que les revenus des plus riches n'ont cessé d'augmenter, alors que ceux de la classe moyenne, notamment inférieure, tendent à diminuer (contrats précaires, baisse des salaires dans certains pays...).

Les travaux de Thomas Piketty et Lucas Chancel concluent aussi que les inégalités se sont creusées presque partout dans le monde, mais à des rythmes très différents selon les pays⁴⁵.

La question qui se pose est donc de savoir si ce phénomène s'explique principalement par la crise économique de 2008, ou s'il révèle des tendances plus structurelles au creusement des inégalités au sein des pays européens. Ainsi, l'érosion de la classe moyenne s'observait dès le début des années 2000 dans certains pays comme l'Allemagne, le Luxembourg, les Pays-Bas, la Grèce, le Royaume-Uni... En 1970, les deux tiers des Américains appartenaient à la classe moyenne, contre 42 % aujourd'hui⁴⁶. Parallèlement, la part des classes moyennes aisées est passée de 29 % à 49 %.

Ce qui s'explique par différents facteurs, comme la croissance d'une catégorie de travailleurs de plus en plus précaires et aux revenus en baisse, et la baisse de l'emploi dans la fonction publique...

Dans les pays en développement, des analystes considèrent désormais que la croissance de la classe moyenne pourrait être moins pérenne, compte tenu de différents facteurs :

- La concurrence entre les pays ;
- Les incertitudes sur la croissance économique et sa capacité à créer des emplois pour absorber la main-d'œuvre ;
- L'évolution des revenus ;
- Les difficultés pour les pays concernés à faire évoluer leurs infrastructures et leurs systèmes de protection sociale pour accompagner l'essor des classes moyennes⁴⁷.

Dans cette hypothèse, les travailleurs de certains pays n'auraient pas le temps ni l'occasion de gagner assez d'argent pour entrer dans la classe moyenne et y rester⁴⁸.

43 Par exemple Tyler Cowen, qui analyse ce phénomène aux États-Unis : <https://www.brookings.edu/blog/social-mobility-memos/2013/10/15/not-afraid-of-tyler-cowen-you-will-be-a-review-of-average-is-over-powering-america-beyond-the-age-of-the-great-stagnation/>

44 http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_535618/lang-fr/index.htm

45 <http://wir2018.wid.world/>

46 <https://www.lesechos.fr/idees-debats/livres/030632778668-lamerique-malade-de-ses-classes-moyennes-2118196.php>

47 <http://www.ey.com/fr/fr/issues/driving-growth/barometre-pays-emergents>

48 https://www.lesechos.fr/16/06/2016/LesEchos/22214-032-ECH_le-mirage-des-classes-moyennes-emergentes.htm

Les classes moyennes menacées par les évolutions du travail ?

Différentes transformations du marché du travail pourraient contribuer à précariser une partie croissante de la population active dans les pays en développement et dans les pays développés :

- La difficulté de certains marchés du travail nationaux à absorber la croissance de la population active ;
- L'essor du travail à temps partiel, du travail à la tâche... ;
- L'essor de la robotisation (et de l'intelligence artificielle au sens large) : selon l'Institut McKinsey, 60 % des métiers des économies développées et émergentes ont au moins 30 % d'activités potentiellement automatisables⁴⁹. D'ici 2030, l'automatisation pourrait ainsi affecter 50 % de l'économie mondiale, soit 1,2 milliard de travailleurs. Des débats persistent néanmoins concernant le potentiel exact de l'automatisation selon les métiers, les tâches, les pays, etc. Mais cette tendance pourrait dans tous les cas avoir des impacts sur le volume et la nature des emplois dans les pays émergents, et donc sur les revenus.

Hypothèses

Hypothèse I. Croissance forte de la consommation mondiale de ressources

Cette première hypothèse prolonge les tendances observées depuis trente ans en matière de croissance de la consommation des ressources.

Dans un contexte de croissances démographique et économique mondiales élevées, la pauvreté continue à diminuer, permettant à un nombre croissant d'individus d'augmenter leur consommation. Selon les projections les plus optimistes, la classe moyenne représenterait plus de la moitié de la population mondiale en 2030, située principalement en Asie, mais son nombre augmenterait aussi en Afrique. On observe une diversification rapide des postes de consommation, à la fois matérielle (voiture, électroménager, vêtements...) et immatérielle (santé, éducation...).

Dans les pays riches, la consommation matérielle croît moins vite, mais ne diminue pas.

En conséquence, d'ici 2030, à modèle économique inchangé, l'humanité pourrait extraire 100 milliards de tonnes de ressources naturelles (projections de l'OCDE et du SERI).

⁴⁹ <https://www.mckinsey.com/global-themes/employment-and-growth/technology-jobs-and-the-future-of-work>

Hypothèse 2. Sobriété volontaire

Dans les pays aujourd'hui développés, la consommation matérielle stagne, voire diminue. Ceci s'explique principalement par la recherche d'une sobriété volontaire, pour limiter l'impact environnemental de la consommation, mais aussi à cause d'un sentiment de saturation d'une partie des consommateurs, notamment les plus âgés.

Parallèlement, dans les pays en développement, la croissance des revenus se poursuit, et la volonté de rejoindre la société de consommation reste majoritaire. En conséquence, la consommation matérielle continue à croître, même si les inégalités peuvent se creuser selon les catégories sociales. La consommation matérielle reste plus que jamais un levier de différenciation sociale.

Hypothèse 3. Stagnation, voire baisse contrainte de la consommation mondiale des ressources

La consommation mondiale des ressources stagne, voire diminue progressivement, à l'horizon 2050, sous l'influence de différents facteurs :

- Croissance économique ralentie et/ou faible création d'emplois, donc croissance faible des revenus et essor des inégalités ;
- Tensions possibles sur certaines ressources naturelles qui les rendent moins accessibles et plus chères ;
- Essor de mouvements de lutte contre la société de consommation et de politiques publiques valorisant d'autres modèles ;
- Optimisation accrue de l'utilisation des ressources (baisse du gaspillage et recours au recyclage), permettant de réduire la demande en matières premières vierges ;
- Etc.

En conséquence, la consommation mondiale des ressources augmente beaucoup moins vite dans cette hypothèse, elle peut même stagner, voire diminuer, dans certains pays.

Qualité des milieux

Michel Héry, INRS

Définition

La qualité des milieux est amenée à jouer un double rôle dans le développement de l'économie circulaire :

- Causal, dans la mesure où la dégradation de certaines ressources naturelles plaide fortement pour la sortie d'une économie linéaire ;
- Constitutif, dans la mesure où certaines ressources seront mobilisées dans le développement des procédés.

On considérera dans cette fiche :

- Les eaux de surface (cours d'eau et milieux lacustres) et les nappes phréatiques ;
- Les mers et océans ;
- L'atmosphère ;
- Les sols, plus particulièrement dans une logique de production agricole (que ce soit pour l'alimentation ou comme source de matières premières pour l'industrie) ;
- Une synthèse des incidences sur ces compartiments, attribuées au changement climatique et observées au cours des dernières décennies, fondées sur les résultats des études réalisées dans le cadre du cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)⁵⁰.

⁵⁰ https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgll_spm_fr.pdf

Indicateurs

On a fait le choix dans cette fiche de choisir majoritairement comme indicateurs des indices de qualité des différents milieux.

Rétrospective

Les eaux de surface (cours d'eau et milieux lacustres) et les nappes phréatiques

- Disponibilité de l'eau

La consommation d'eau a très fortement augmenté tout au long du XX^e siècle, et les prévisions dans les quelques années à venir montrent une accélération de cette progression, due notamment à l'augmentation de la population et à celle de la production en général. Elle est représentée sur la figure ci-dessous⁵¹ :

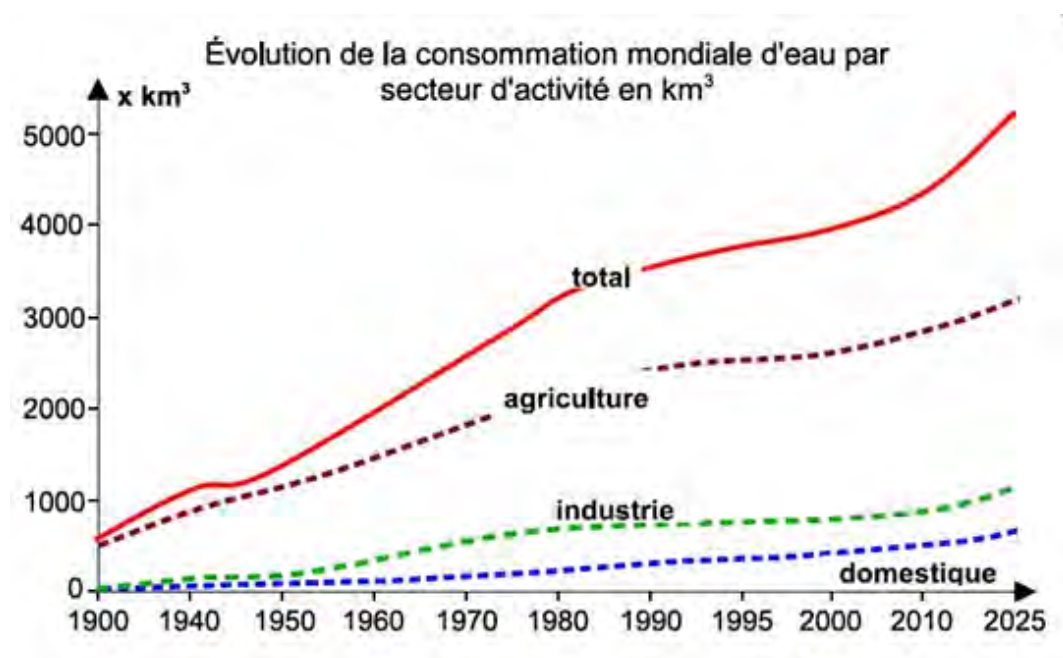


Figure I. Parts respectives des différents secteurs de production dans la consommation d'eau au niveau mondial.

51 <http://artimain-tpe-desalinisation.e-monsite.com/pages/premiere-partie/les-reserves-d'eau-douce-en-epuisement/les-reserves-exploites-non-exploites/>

Les ressources sont très inégalement réparties à la surface de la planète, comme on le voit apparaître sur la carte ci-dessous⁵². En conséquence, les problématiques liées à la ressource, à la consommation, et au traitement s'abordent pour l'essentiel à l'échelon local.

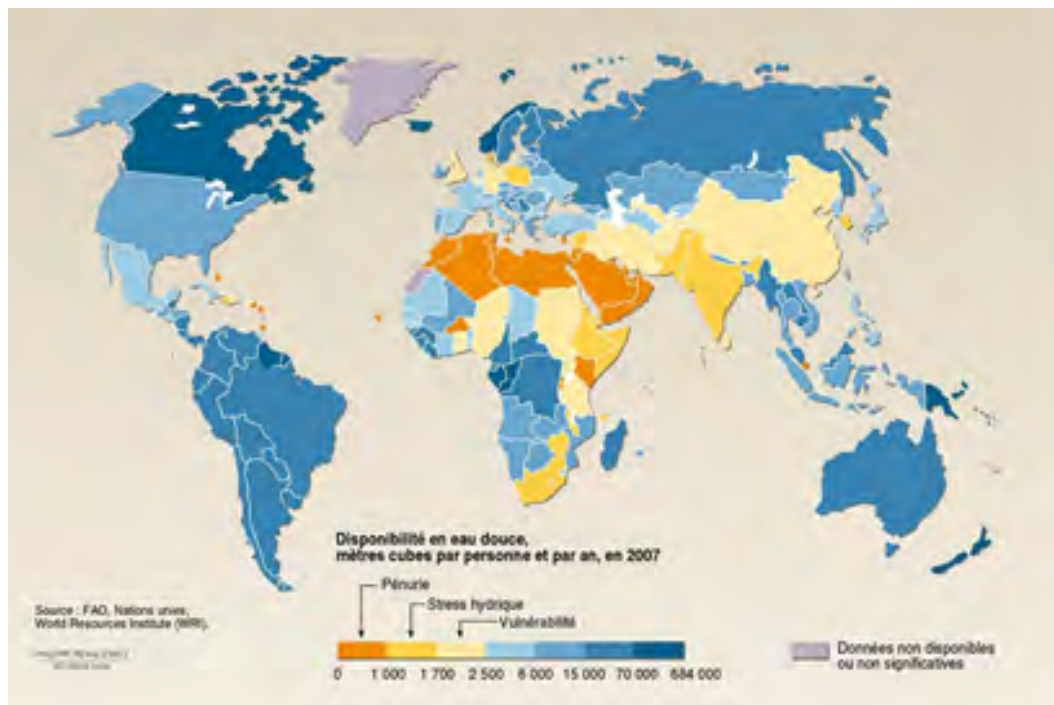


Figure 2. Disponibilité des ressources d'eau douce sur la planète.

Comme on le voit sur le graphique ci-après, il existe de très fortes disparités au niveau européen entre les différents pays⁵³. Pour certains pays, parmi les plus développés et les plus peuplés (France, Allemagne, Royaume-Uni, Espagne, Italie, Pologne), la ressource est relativement limitée (sans atteindre les chiffres très faibles de Malte ou de Chypre) et impose donc une gestion attentive de la ressource. Ce sont aussi des pays où le niveau technologique, comme l'organisation de la gestion des ressources (Agences de l'eau en France, par exemple), permet d'être relativement optimiste quant à la disponibilité de la ressource dans les décennies à venir (économies d'usage, construction de retenues). Bien que des tensions puissent être enregistrées conjoncturellement, dues à la demande croissante de certains secteurs (irrigation dans l'agriculture, par exemple) ou aux inconnues des évolutions climatiques (augmentation tendancielle des températures, épisodes de sécheresse prolongés...).

⁵² <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/ou-en-sont-les-ressources-en-eau-dans-le-monde/>

⁵³ http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Water_statistics

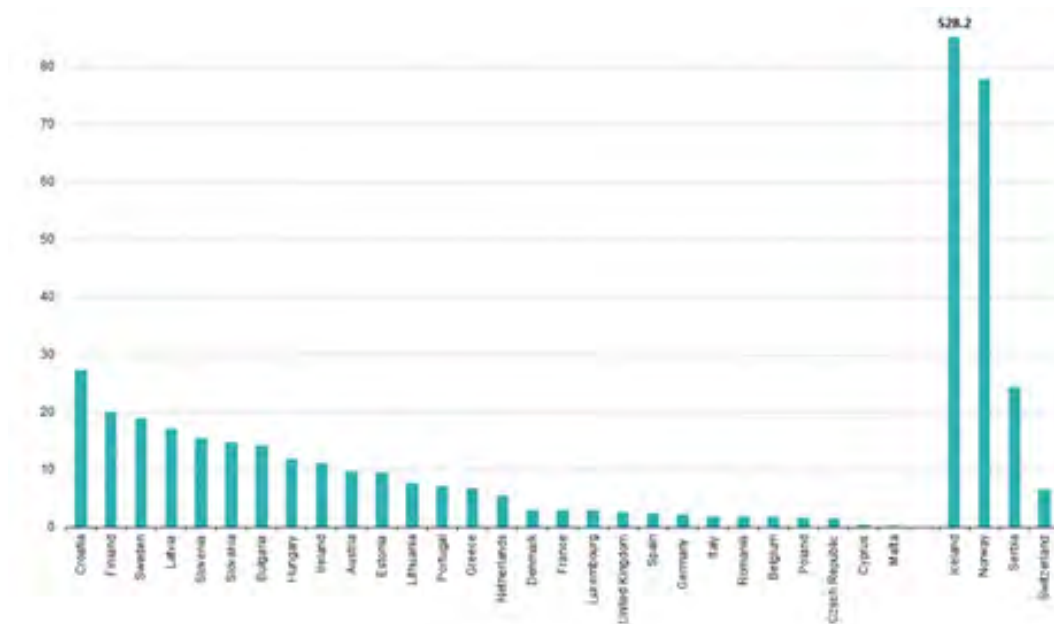


Figure 3. Ressources d'eau douce par habitant (en milliers de m³) en Europe, pondérée des variations annuelles.

- Qualité de l'eau

La question de la qualité des eaux est également importante. On dispose de différents indices à l'échelle française ou européenne pour caractériser la qualité des eaux de surface et celle des eaux souterraines⁵⁴. On présentera ci-dessous certaines données concernant les eaux du territoire français. On constatera que les comparaisons sont difficiles dans la durée. À l'exception des nitrates, pour lesquels la connaissance des niveaux de concentrations est assez bien documentée sur la durée, on manque souvent de recul quant à l'évolution dans le temps des polluants dans les milieux (et les eaux en particulier) : perturbateurs endocriniens, pesticides, résidus médicamenteux, etc. En effet, face aux progrès relativement rapides de la connaissance scientifique, la prise de décision politique, les techniques nécessaires pour traiter le problème, et les ressources humaines et/ou financières devant être mobilisées sont parfois en retard et peinent à s'adapter à la nouvelle situation mise en évidence.

⁵⁴ http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/evaluation_2010-2013_201506.pdf

Eaux de surface – État chimique

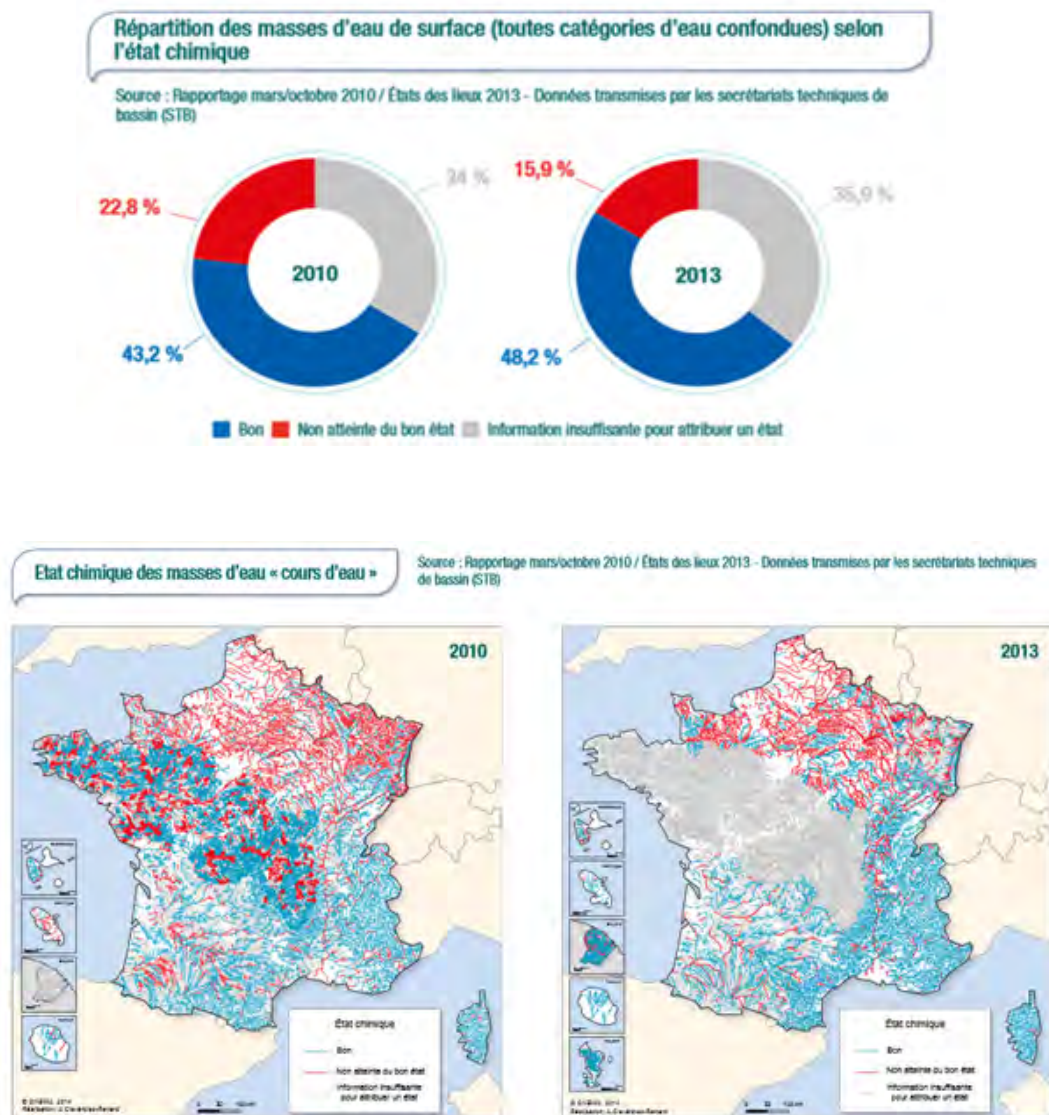
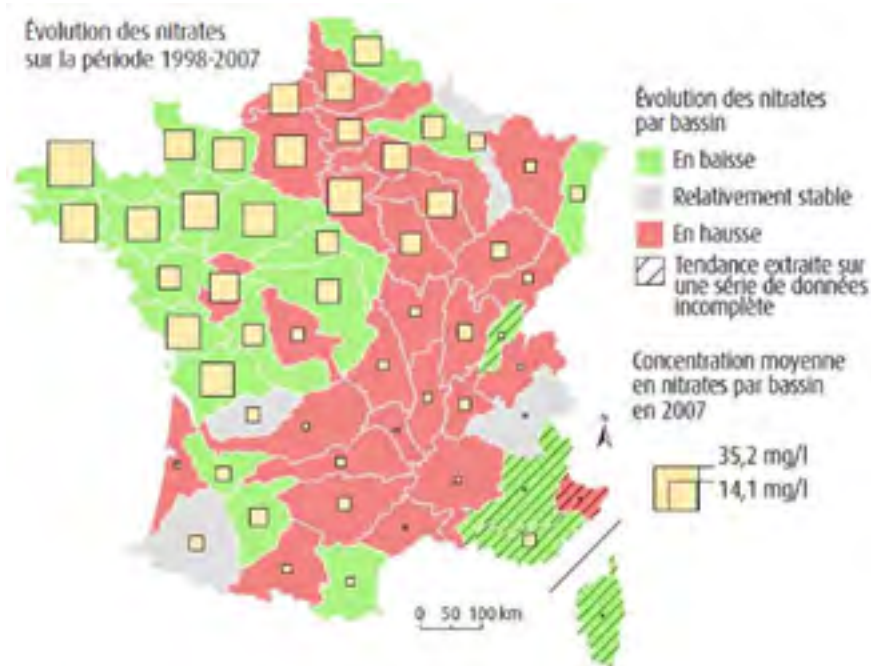


Figure 4. Qualité chimique des eaux de surface globalement en France et en fonction de la situation géographique.

Il est difficile d'effectuer des comparaisons et *a fortiori* un suivi des évolutions dans le temps, dans la mesure où, au-delà des macropolluants cités précédemment, il faut prendre en compte des micropolluants, évoqués précédemment, dont les concentrations sont plus souvent estimées par modélisation que par mesure, d'où la décision de l'agence de l'eau Loire-Bretagne de considérer que l'information disponible est insuffisante pour procéder à une classification.

La pollution est due pour l'essentiel aux nitrates et aux pesticides provenant de l'agriculture, ainsi qu'à certaines activités industrielles génératrices de forts rejets de polluants divers. Elle présente de fortes disparités entre les bassins et au sein même de ces bassins : les régions où l'agriculture est la plus intensive présentent globalement les qualités d'eaux les plus dégradées. En revanche, la qualité de l'eau s'est globalement améliorée au fil du temps dans les régions les plus industrielles, d'une part en raison de la délocalisation d'un certain nombre d'activités fortement polluantes, et d'autre part en raison de l'amélioration des techniques de dépollution avant rejet.

Au bilan, la situation semble globalement stable entre les deux séries de mesure à trois ans d'intervalle. Si on se réfère au schéma ci-dessous, établi sur une durée antérieure plus longue⁵⁵ mais seulement sur les concentrations de nitrates, la situation apparaît contrastée : certaines régions de forte pollution voient les niveaux augmenter et d'autres diminuer, tandis que les régions de plus faible pollution voient les concentrations plutôt augmenter.

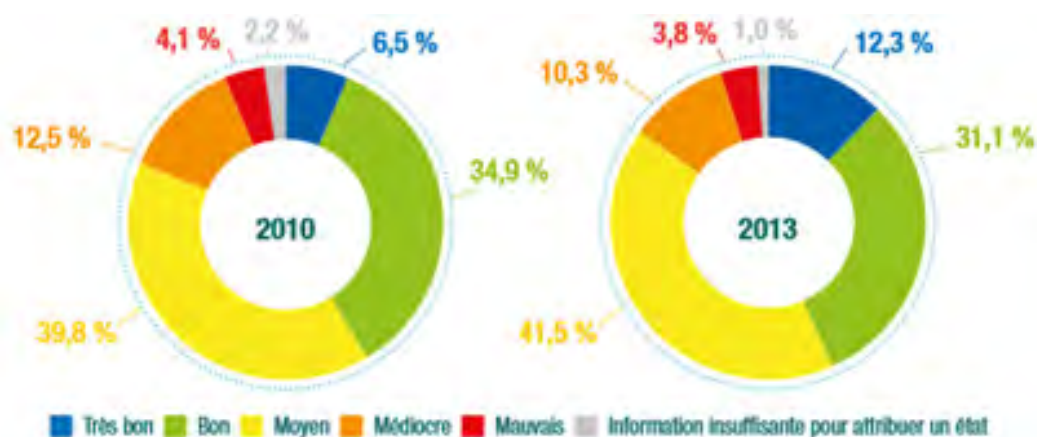


Source : agences de l'Eau – Meeddm, traitements SOeS, 2009

Figure 5. Pollution en nitrates des eaux de surface.

Eaux de surface – État écologique

C'est souvent la localisation des masses d'eau considérées qui est le gage de leur qualité écologique (critères physico-chimiques, faune, phytoplancton, macroalgues, etc.) : l'éloignement des activités humaines est le plus souvent un gage de qualité.



⁵⁵ http://image.quechoisir.org/var/ezflow_site/storage/original/application/b0bb9bd2157fecc644e41be70832d1e6.pdf

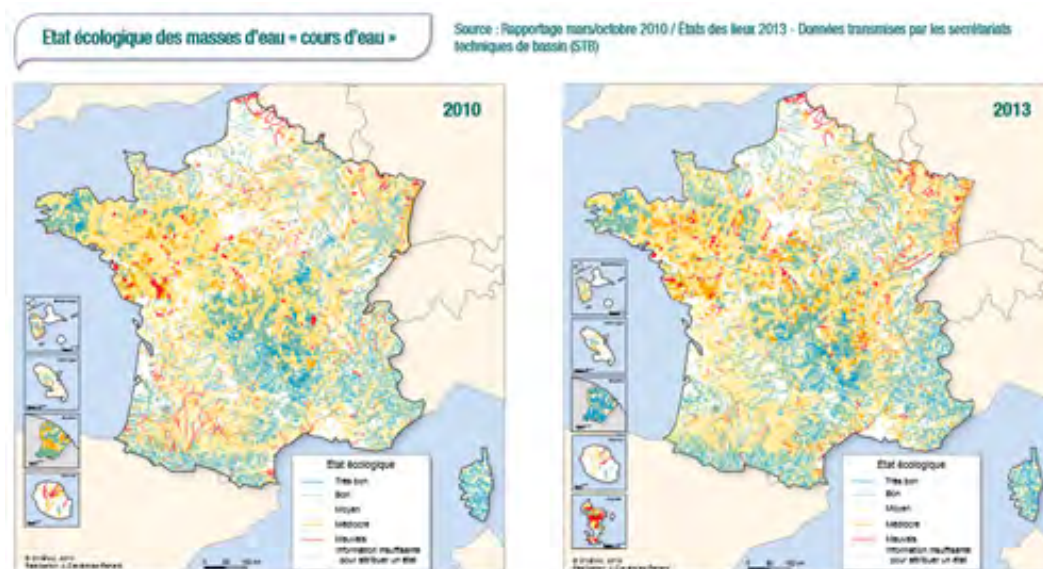
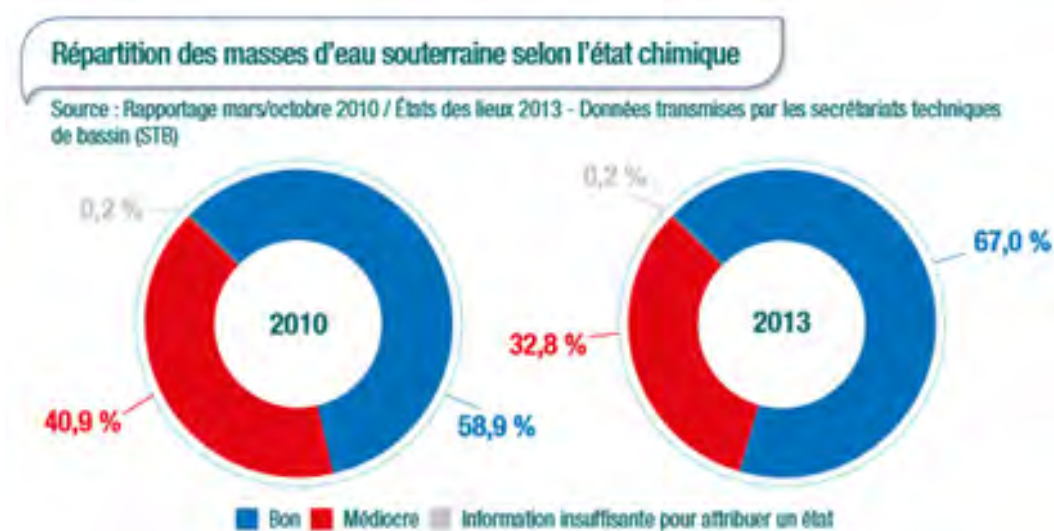


Figure 6. Qualité écologique des eaux de surface globalement en France et en fonction de la situation géographique.

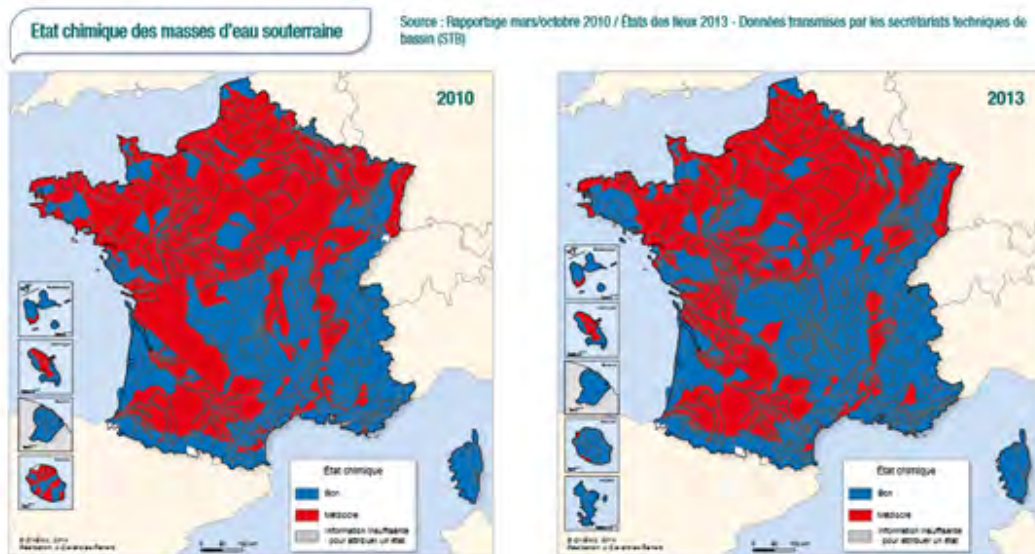
L'examen des rapports des différentes agences de bassin montrent que cette qualité écologique des eaux a connu dans l'ensemble une amélioration lente, mais nette sur les trente dernières années⁵⁶.

État chimique des eaux souterraines

Comme pour les eaux de surface, ce sont les nitrates et les pesticides qui sont le plus souvent responsables de la mauvaise qualité des eaux souterraines, dont l'évolution à l'échelon national au cours des trois dernières années est représentée sur les figures ci-dessous.



⁵⁶ Par exemple : https://www.eaurmc.fr/espace-dinformation/brochures-dinformation/qualite-des-eaux.html?eID=dam_frontend_push&docID=3837



Il ne semble pas exister de synthèse de cette évolution à l'échelon national au cours des dernières décennies. La consultation de documents parcellaires (les différentes synthèses effectuées pour l'essentiel par les agences de l'eau) montre des tendances contrastées dans le temps, en fonction des régions (et plus précisément des différents aquifères) et des polluants suivis (nitrates, phosphore, pesticides, etc.).

Mers et océans

D'après l'ONG nord-américaine *Conservation International*, les principales menaces auxquelles sont soumis les océans sont liées au changement climatique, à l'acidification des eaux, à la surpêche, à la destruction des habitats naturels, à la pollution (y compris par certains déchets) et au développement d'espèces invasives étrangères à la zone géographique considérée⁵⁷.

Chaque zone étudiée se voit attribuer un indice global compris entre 0 et 100, résultat de la synthèse des scores de 19 paramètres (activités de pêche, pollution lumineuse, pollution liée aux engrais et pesticides, température et acidification, montée du niveau de la mer, etc.), établis en fonction de l'impact de l'empreinte humaine sur le paramètre concerné. Une vision globale de cet index est accessible sur le schéma ci-contre.

⁵⁷ <http://www.oceanhealthindex.org/>

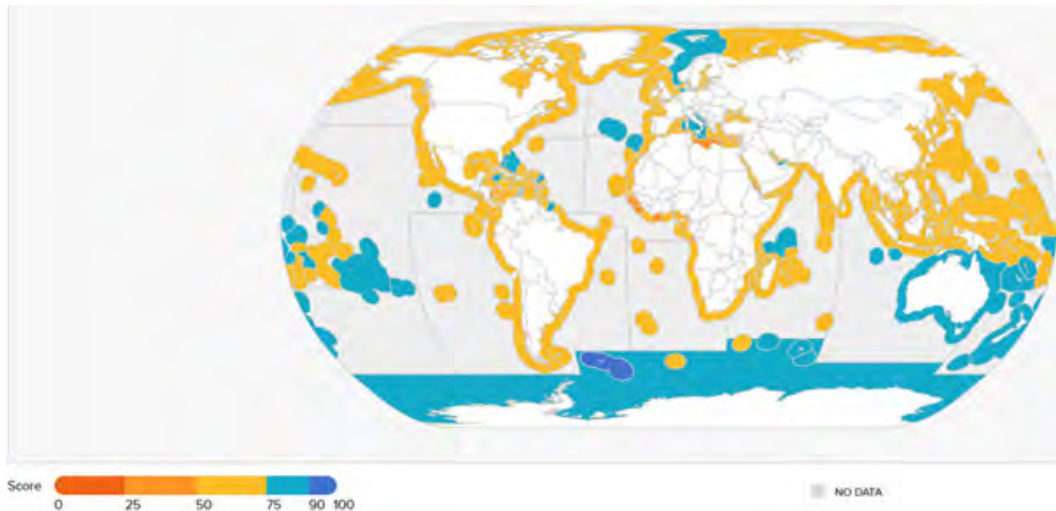


Figure 8. État de conservation des eaux des mers et des océans (de 0 = très dégradé à 100 = bon état).

Le schéma ci-dessous présente un état numérique des différents principaux paramètres composant l'indice global. Chaque paramètre est représenté par un quartier dont l'angle représente le poids dans l'indice global et le rayon l'état de maîtrise attribuée à ce paramètre (entre 0 [absence totale de maîtrise] et 100 [maîtrise parfaite]). La surface du quartier représente la contribution du paramètre à l'indice global.

Ainsi, le paramètre « Tourisme et Loisirs [*Tourism and Recreation*] » a un effet potentiel positif plus important dans l'indice global de qualité des océans que le paramètre « Moyens de subsistance [*Livelihoods*] » (angle du premier à peu près deux fois plus important que celui du deuxième), mais il est moins bien maîtrisé (longueur du rayon plus faible) : l'impact final de ces deux paramètres est donc identique (surfaces très voisines).

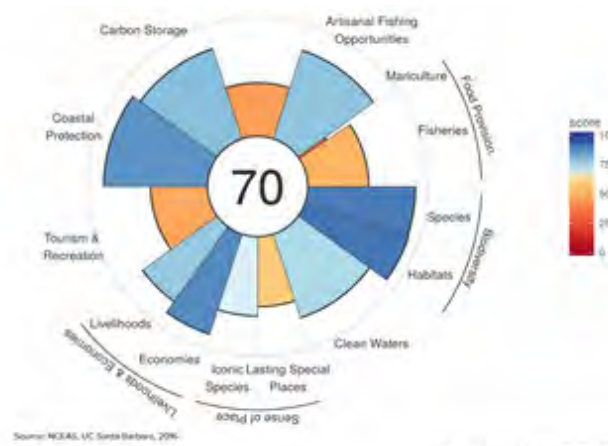


Figure 9. Influence de différents paramètres sur la qualité des eaux maritimes en fonction de leur contribution pondérée à la qualité des océans.

Les évolutions des performances de la France quant aux différents paramètres concourant à l'établissement de l'indice global au cours des six dernières années et leur classement par rapport à la moyenne des 221 pays ou zones particulières considérés sont reproduites sur la figure à la page suivante.

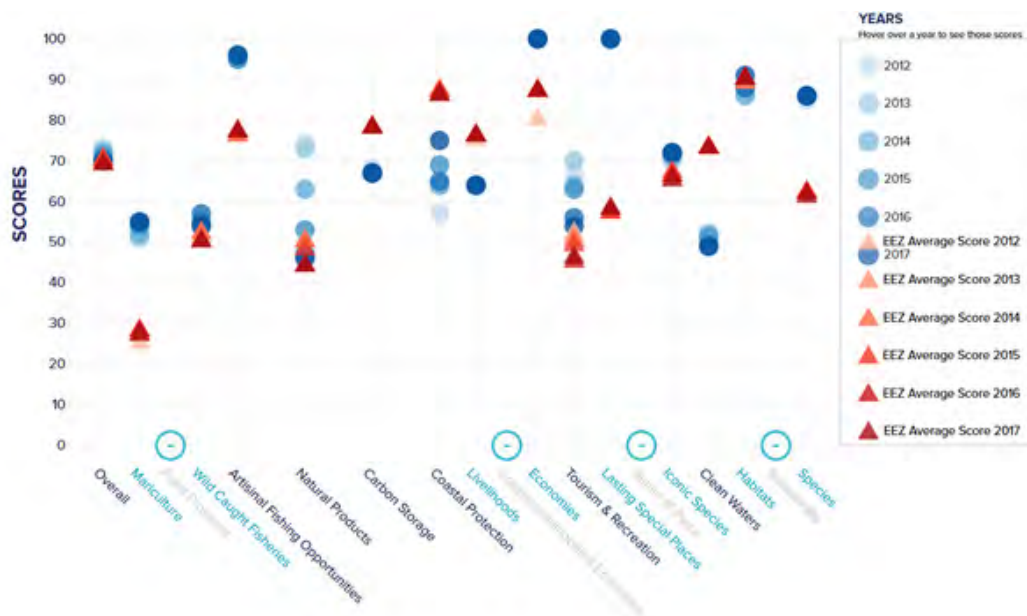


Figure 10. Performances de la France en matière de maîtrise des facteurs contribuant à la qualité des eaux des mers et des océans par rapport à la moyenne mondiale.

Sur ce graphique, la moyenne des performances à l'échelle mondiale est figurée par les triangles (de couleur de plus en plus foncée entre 2012 et 2017), et les performances de la France apparaissent sous la forme de cercles bleus (dont l'intensité augmente entre 2012 et 2017). On constate ainsi pour la France une dégradation de l'indice « Produits naturels » (qui est le signe d'une artificialisation croissante des milieux) et de l'indice « Tourisme et Loisirs » (qui montre que les milieux naturels souffrent de plus en plus de ces activités), quand dans le même temps l'indice « Protection (physique) des côtes » est amélioré. L'indice global montre une lente dégradation de la situation globale sur les six dernières années, correspondant grossièrement à celle enregistrée au niveau mondial (les indices globaux « France » et « Monde » présentent d'ailleurs des valeurs très voisines).

L'atmosphère

On s'intéressera ici principalement à deux types de données :

- Celles relevant d'une problématique au niveau mondial : la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère (CO₂), dont la responsabilité (avec celle d'autres gaz à effet de serre) est fortement mise en cause dans les phénomènes de réchauffement climatique ;
- Celles relevant d'une problématique intervenant surtout au niveau local : la pollution atmosphérique, plus particulièrement dans les espaces urbains, qui est susceptible d'avoir un fort effet sur la santé (morbidité et mortalité) des populations qui y sont exposées.

Concentration en dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre⁵⁸

Le Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur le climat) a produit des données sur

⁵⁸ https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM_fr.pdf

l'évolution des concentrations de ces gaz au cours des dernières décennies (Figure 11), ainsi que des scénarios très différenciés (en fonction des choix de modèles de développement économique qui seront faits) sur leurs évolutions possibles d'ici la fin du XXI^e siècle (Figure 12).

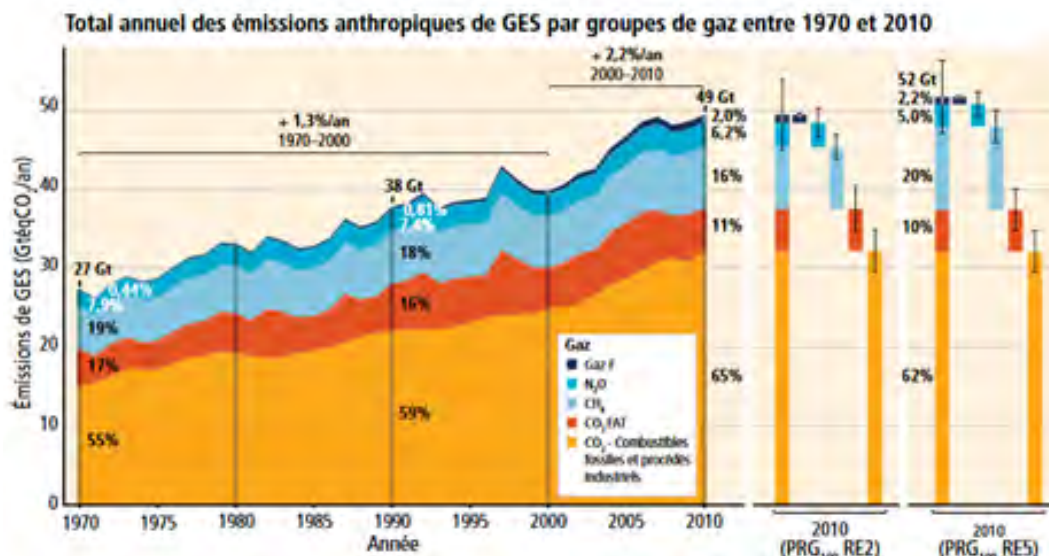


Figure 11. Évolution des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale entre 1970 et 2010.

Ces émissions anthropiques de gaz à effet de serre proviennent de différentes sources : on identifie couramment l'énergie et les transports, mais un secteur comme l'agriculture⁵⁹ est également fortement contributif, au travers de polluants comme le méthane et le protoxyde d'azote. Le modèle agricole (élevage vs culture, agroforesterie vs prairies artificielles) joue donc un rôle significatif sur les évolutions du climat.

Les travaux actuels mettent en discussion le fait que le changement climatique pourrait connaître une accélération supérieure à ce que les modèles du Giec avaient envisagé⁶⁰. D'ores et déjà, l'objectif de limiter l'augmentation de température à 2 °C d'ici la fin du XXI^e siècle paraît difficile, voire quasiment impossible à atteindre. La question de la limitation de ces émissions de gaz à effet de serre est donc vraisemblablement appelée à prendre une importance particulière dans les années à venir.

⁵⁹ <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/199/1080/emissions-gaz-effet-serre-secteur-france.html>

⁶⁰ <https://www.unenvironment.org/fr/node/18308>

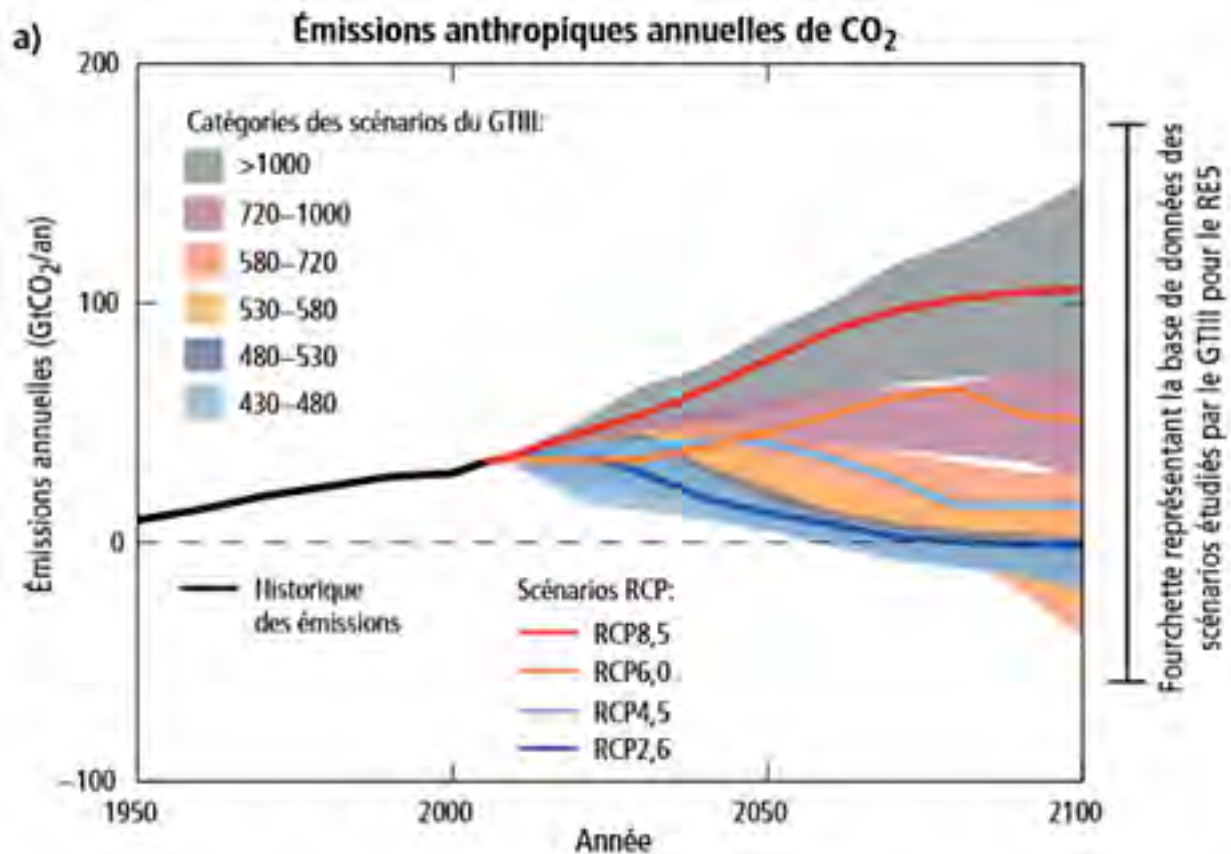


Figure 12. Évolution des émissions de dioxyde de carbone entre 1950 et 2000 et hypothèses à échéance 2100, en fonction des différents modèles de production possibles.

Pollution atmosphérique

L'impact de la pollution atmosphérique sur la santé publique est élevé puisque l'OMS estime qu'elle cause environ 7 millions de morts prématurées tous les ans dans le monde⁶¹. Même si le chiffre d'environ 500 000 morts est retenu pour l'Europe, la même OMS considère qu'on assiste à un double mouvement⁶² :

- Celui d'une forte augmentation dans certains BRICs (en particulier l'Inde et la Chine) et dans certains pays en voie de développement (Méditerranée orientale, Asie du Sud-Est). La situation en Afrique est plus incertaine, en raison d'un nombre de mesures encore trop faible ;
- Une baisse dans les pays développés d'Europe et d'Amérique.

Cette tendance pour l'Europe est confirmée par une étude de l'Agence européenne de l'environnement, qui a étudié l'évolution des volumes des émissions des principaux polluants atmosphériques entre 2000 et 2015⁶³. On ne peut bien sûr pas en déduire mécaniquement une baisse des concentrations atmosphériques mais, comme on le voit sur les deux graphiques ci-contre, la tendance à l'amélioration est nette.

61 <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/fr/>

62 <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-rising/fr/>

63 <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>

Figure 2.1 Développement en EU-28 des émissions, 2000-2015 (% des niveaux de 2000): (*) SO₂, NO_x, NH₃, PM₁₀, PM_{2,5}, NMVOCs, CO, CH₄ and BC; (†) As, Cd, Ni, Pb, Hg and BaP

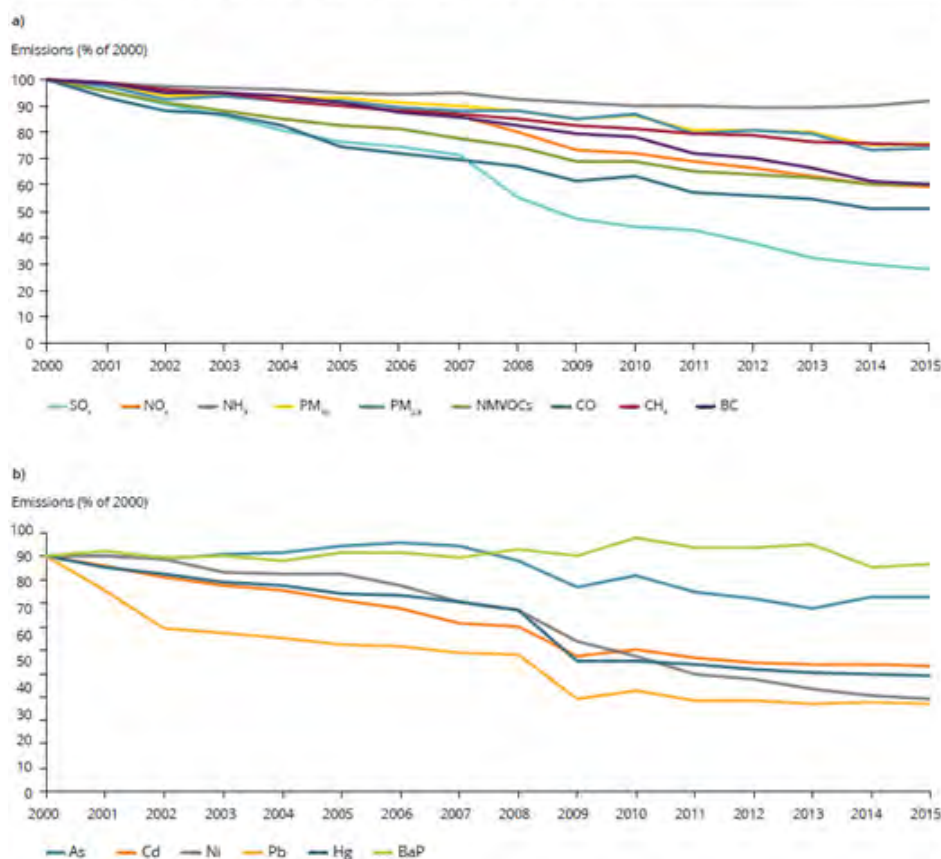


Figure 13. Évolution de la pollution atmosphérique dans l'Union européenne entre 2000 et 2015 en fonction des concentrations de gaz et de métaux traceurs.

Cette amélioration résulte notamment d'actions induites par certaines politiques publiques : la réduction des émissions des véhicules neufs (même si l'Histoire récente montre des tricheries de la part d'un certain nombre de constructeurs automobiles), l'instauration de bonus-malus, des restrictions de circulation dans les grandes villes, des incitations à améliorer l'isolation des habitations, etc.

Les sols

Dans son premier « État des ressources en sol dans le monde⁶⁴ » paru en 2015, la FAO⁶⁵ conclut que « certains défis de gestion des sols du monde sont immédiats, évidents et graves. [...] D'autres problèmes sont plus subtils mais tout aussi importants sur le long terme ». Elle insiste en particulier sur la nécessité de trouver des compromis, pour qu'un service écosystémique (production alimentaire) ne se réalise au détriment des autres : par exemple, la qualité de l'eau. Quelle que soit la destination de la production agricole (agriculture de ferme, agriculture vivrière, source de matières premières pour l'industrie, etc.), la mise en œuvre d'une gestion durable des sols est définie comme une priorité.

À l'échelle mondiale, les problématiques sont très variées et les problèmes rencontrés ne sont évidemment pas les mêmes. La FAO met en particulier en évidence les questions

64 <http://www.fao.org/3/a-i5126f.pdf>

65 Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture/

d'érosion, de salinisation, d'acidification et de pollution chimique qui toucheraient gravement un tiers des terres à l'échelle mondiale. Il n'existe pas d'études en dynamique, mais l'organisation insiste sur la nécessité d'arrêter cette détérioration, voire de procéder aux remédiations nécessaires quand cela s'avère possible. Le risque d'une stérilisation durable de certains sols est notamment cité, soit en raison d'une saturation en polluants⁶⁶, soit, ce qui peut passer inaperçu dans un premier temps, en raison de leur appauvrissement suite à une surexploitation. Des recherches sont menées pour mettre au point des technologies innovantes pouvant faire intervenir la culture de plantes sélectionnées spécifiquement à cet effet.

On trouvera ci-dessous un tableau résumant les principales problématiques rencontrées en Europe et en Eurasie :



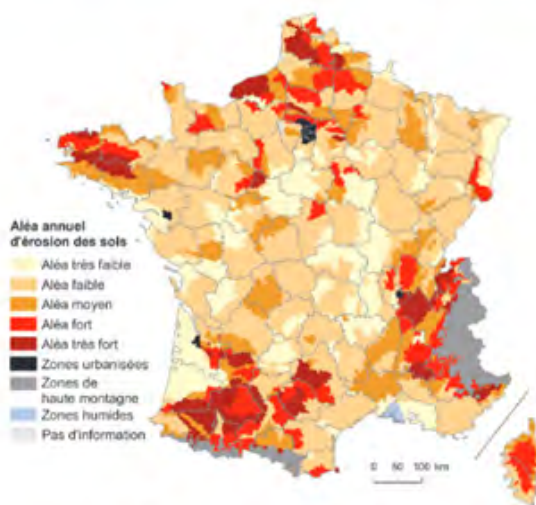
Figure 14. État de la dégradation des sols et ses conséquences en Europe et en Eurasie.

Il n'existe pas de synthèse de l'évolution de la qualité des sols en France au cours des dernières décennies. À la lecture d'un document qui fait le point sur l'état des sols en France⁶⁷, il apparaît que le risque d'érosion est un des principaux facteurs de risque, même si d'autres risques peuvent aujourd'hui être occultés dans la mesure où leurs conséquences ne se sont pas encore fait sentir concrètement.

⁶⁶ Certaines études font état de tels phénomènes, en Chine en particulier, pour des terres situées à proximité d'industries fortement polluantes : les atteintes peuvent se faire par l'eau ou par l'air.

⁶⁷ https://www.gissol.fr/rapports/synthese_HD.pdf

L'aléa annuel d'érosion des sols en France métropolitaine, intégré par petite région agricole



Source : Gis Sol-Inra-SOeS, 2011.

Figure 15. État de la dégradation des sols en France en 2011.

Changements climatiques identifiés en 2014 : incidences, adaptation et vulnérabilité des différentes régions

Le Giec a synthétisé ces changements sous la forme du schéma présenté ci-dessous. On constate que, pour l'Europe, les conséquences en matière de production alimentaire ou sur les ressources en eau douce sont encore mineures. Seules les ressources halieutiques sont déjà impactées. En revanche, ces conséquences sont déjà plus marquées pour les glaciers et l'enneigement, ainsi que pour les écosystèmes terrestres. Cela pourrait avoir rapidement des conséquences sur les moyens de subsistance dans quelques régions. La question des incendies est en outre un fort sujet de préoccupation pour l'Europe méditerranéenne.

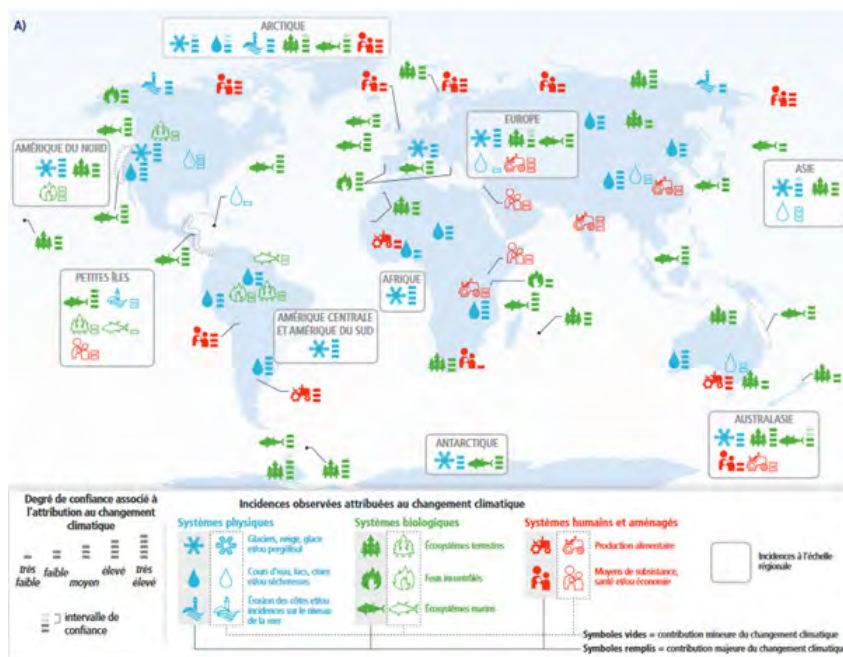


Figure 16. Conséquences du changement climatique sur la planète.

Hypothèses

Elles sont formulées à l'échelle considérée pour l'exercice, celle de la France et de son environnement proche (correspondant grossièrement à l'Union européenne à 28, ainsi qu'à quelques pays limitrophes partageant, à quelques nuances près, le même modèle économique).

Hypothèse 1. Une politique de préservation et remédiation des milieux dans la continuité de celle des dernières décennies

Compte tenu de l'inertie dans les modifications des comportements anthropiques, les évolutions de la teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère seront croissantes d'ici 2040. La multiplication d'événements climatiques extrêmes a augmenté, accentuant la prise de conscience de la nécessité de changer les pratiques. Mais cette prise de conscience se heurte à des réticences de la part d'acteurs soucieux de préserver les équilibres sociaux.

À l'horizon 2040, les tendances d'amélioration relative de la qualité des milieux, enregistrées depuis quelques années ou quelques décennies, se poursuivent. L'usage contrôlé des pesticides et des engrais, un certain retour aux prairies naturelles, ou la pratique de l'agroforesterie dans des régions concernées par les risques d'érosion des sols contribuent à cette amélioration. Cette évolution n'est pas uniforme :

- Elle ne l'est pas géographiquement, le modèle de production et la volonté politique de certaines régions accélérant ou freinant cette évolution ;
- Elle ne touche pas de la même façon tous les compartiments : l'amélioration de la qualité de l'air d'un point de vue chimique est par exemple plus marquée que celle des ressources en eau, ou celle des sols pour lesquels la remédiation est plus lente. En outre, l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques a abouti à revoir à la hausse le caractère toxique de certains polluants dans les différents milieux.

Hypothèse 2. Sous la pression des questions socio-économiques, une politique de développement agricole renforcée

La dégradation des conditions climatiques s'est accélérée dans de nombreuses régions du monde, entraînant de nombreux phénomènes climatiques extrêmes (sécheresses, ouragans, etc.). L'Europe, moins touchée, a encore un potentiel de développement agricole, mis à profit pour développer les exportations afin de nourrir les parties moins favorisées de la planète.

Dans ce contexte, les préoccupations environnementales passent au second plan et on assiste à une dégradation de l'ensemble des milieux, malgré l'affichage de positions de principes vertueuses. C'est en particulier le cas pour l'eau, dont on voit augmenter les teneurs en nitrates et en pesticides dans les différents compartiments. C'est également le cas pour les sols, qui subissent des phénomènes d'érosion et de tassement en raison du caractère plus intensif des cultures, qui alimentent une agriculture de plus en plus hors sol (diminution des prairies notamment). Les teneurs en dioxyde de carbone et en gaz à effet de serre augmentent.

Hypothèse 3. Une forte prise de conscience

La multiplication des phénomènes climatiques extrêmes, dans le monde, mais aussi en Europe, a entraîné une forte prise de conscience de la nécessité de limiter les concentrations de dioxyde de carbone et de gaz à effet de serre en général dans l'atmosphère.

Ce virage a eu de fortes conséquences pour l'industrie et pour la consommation. Les activités les plus faiblement émissives en produits carbonés sont systématiquement privilégiées. Les énergies renouvelables le sont également. Cependant, le choix d'effectuer un changement de mode de production ne va pas sans difficultés d'adaptation de l'appareil productif.

De même, on a assisté à une forte modification des pratiques culturelles et de gestion des milieux naturels : l'agriculture de ferme (y compris sous ses formes hybrides) a dû adopter des pratiques plus proches de l'agriculture familiale traditionnelle. Elle a dû, pour une meilleure gestion de l'eau, des sols et des émissions dans l'atmosphère (y compris pour envisager une séquestration du carbone dans les sols à travers l'opération « 4 pour 1000 »), contribuer à une restauration des paysages et des pratiques traditionnelles : prairies naturelles, agroforesterie... L'élevage a régressé au profit des cultures.

On se place dans une logique de « zéro pollution » à relativement court terme (mais au-delà de la période considérée pour l'exercice) dans les domaines de l'eau, de l'air et de la terre. Cependant, compte tenu de l'inertie de la composition des différents milieux, l'amélioration est très lente (et pas du tout sensible pour les gaz à effet de serre et le dioxyde de carbone).

Évolution du mix énergétique mondial

Pierrick le Guirrinec, CNAMTS/CFDT

Définition

Le mix énergétique, autrement appelé bouquet énergétique, représente la répartition et la pondération des différentes sources d'énergies primaires qui sont nécessaires pour répondre aux besoins d'un pays ou d'une entreprise. Le mix énergétique inclut différents types d'énergies : énergies fossiles, énergies renouvelables, et énergie nucléaire. Au niveau mondial, le mix énergétique est dominé à plus de 80 % par les énergies fossiles.

Rétrospective et situation actuelle

Un bouquet mondial dominé par les énergies fossiles

Depuis la révolution industrielle, le développement des sociétés s'appuie largement sur l'usage des énergies fossiles. Dans le monde, le mix énergétique était constitué en 2014 de 31,3 % de pétrole, 28,6 % de charbon (le charbon est dominant dans la production électrique mondiale), et de 21,2 % de gaz. L'énergie nucléaire représentait 4,8 % et les renouvelables et déchets 14,1 %. La production d'énergies renouvelables a augmenté à un rythme proche de la production totale. Depuis quelques décennies, la croissance démographique et l'essor des pays tels que l'Inde, la Chine et le Brésil accentuent la demande énergétique.

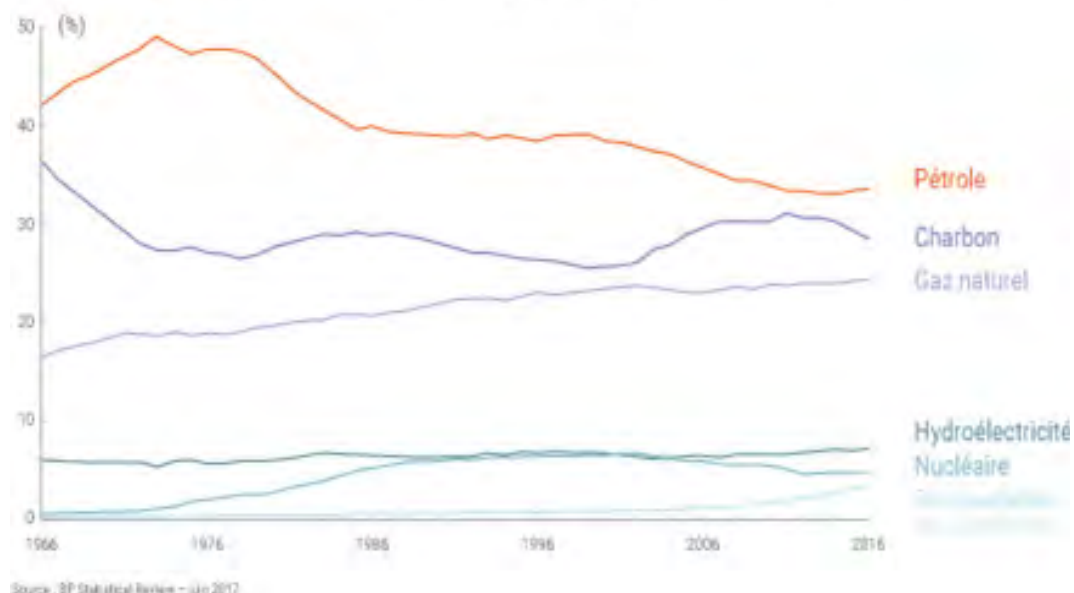
En 2016, la consommation mondiale d'énergie primaire a encore augmenté de 1 % et a atteint 13 276 Mtep, principalement en raison de la hausse de la demande dans les régions Asie-Pacifique et au Moyen-Orient (+ 2,1 %). Cette hausse est toutefois bien inférieure à la croissance mondiale moyenne de la dernière décennie (+ 1,8 % par an). Notons que

la Chine, qui compte à elle seule pour 23 % de cette consommation mondiale (et environ 19 % de la population mondiale), a vu sa demande croître de seulement 1,3 % en 2016 (+ 5,3 % par an entre 2005 et 2015).

Les énergies fossiles ont encore satisfait 85,5 % de la consommation mondiale d'énergie primaire en 2016 (86 % en 2015). Près d'un tiers de cette consommation mondiale est couverte par le pétrole, dont la demande a augmenté de 1,6 millions de barils par jour (Mb/j) en 2016, notamment sous l'effet de la baisse des cours. Le charbon reste la deuxième énergie la plus consommée (28,1 % du mix), mais sa part recule au profit du gaz naturel (24,1 %).

Le développement des énergies renouvelables hors hydroélectricité, avec aux premiers rangs l'éolien et le solaire photovoltaïque, est très soutenu (+ 14,1 % en 2016). Mais ces énergies ne comptaient encore que pour 3,2 % de la consommation mondiale d'énergie primaire en 2016 (2,8 % en 2015). La consommation d'énergie nucléaire est enfin en légère croissance (+ 1,3 %), grâce à la mise en service de cinq nouveaux réacteurs en Chine en 2016 (vingt autres réacteurs étant en cours de construction dans ce pays).

Répartition de la consommation d'énergie primaire dans le monde



Le pétrole

● Passé et présent

L'exploitation du pétrole comme source d'énergie, dite fossile, est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine. Dense, facilement stockable et transportable, le pétrole fournit la quasi-totalité des carburants liquides. Il est aussi fréquemment utilisé pour la pétrochimie (caoutchoucs, plastiques, textiles, chimie).

La période 1920-1970 est marquée par une série de grandes découvertes de gisements, en particulier au Moyen-Orient. En parallèle, les marchés liés au pétrole se développent : les carburants pour les transports (essence, gazole, fioul lourd), les filières industrielles du pétrole (pétrochimie), les produits dérivés (matières plastiques, caoutchouc, etc.)... (essence, gazole, fioul lourd)

Après une période de stabilité avec un baril à 2 dollars, la période 1973-1980 marque l'histoire du monde avec les deux chocs pétroliers (augmentation brutale du prix du pétrole). À partir de 1985, le contre-choc pétrolier voit le prix du baril diminuer. En 2003, le prix du baril remonte pour atteindre un sommet de 147 dollars en juillet 2008. Depuis, son prix a baissé avant de fortement remonter en 2011 et début 2012 (atteignant 125 dollars le baril en mars 2012). Au mois de juillet 2014, le prix du baril de pétrole atteignait près de 108 dollars en moyenne.

Notons que la dépendance des pays développés vis-à-vis du pétrole est telle que sa convoitise a déclenché ou influé sur le cours de plusieurs guerres (notamment celui de la Seconde Guerre mondiale).

● **Futur**

L'avenir de la production pétrolière mondiale dépend de la prospection de territoires encore inaccessibles (raisons politiques ou climatiques) et de l'évolution des technologies (profondeur des forages offshore, exploration en zone arctique...). Ces points convergent pour aboutir à un pétrole plus rare et plus cher.

Par ailleurs, des découvertes exceptionnelles peuvent avoir lieu, à l'instar du gisement géant du Tupi, identifié fin 2007 dans la baie de Santos au Brésil, enfoui à 6000 mètres de profondeur.

Le pic pétrolier est aujourd'hui matière à débat. Il désigne le moment où la production mondiale de pétrole plafonnera, puis commencera à décliner du fait de l'épuisement des réserves de pétrole exploitables. Si les optimistes l'estiment à 2030 grâce au développement des techniques d'extraction, les pessimistes pensent que nous avons déjà atteint le point culminant. L'exploitation de pétroles non conventionnels pourrait encore fortement influencer sur le niveau de la production mondiale dans les années à venir.

Selon l'AIE, la croissance de la demande de pétrole (103 Mb/jour à l'horizon 2030) continuera à être satisfaite au-delà de 2030.

● **Évolution de la consommation mondiale**

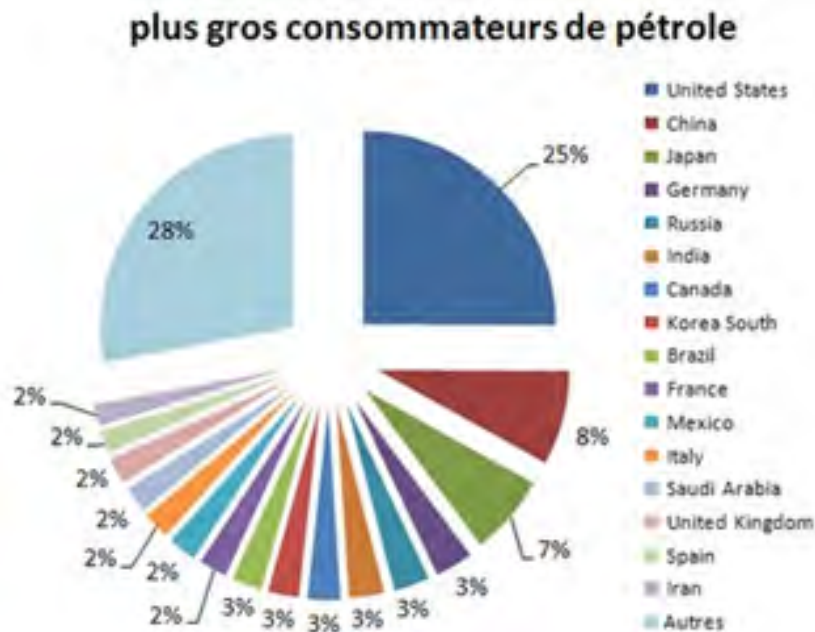
Plusieurs facteurs influencent fortement l'évolution de la consommation mondiale de pétrole. Tout d'abord, il y a l'augmentation de la population. Ceci va induire une augmentation de la consommation, puisque ces personnes vont utiliser plus d'appareils, de voitures...

Second point : des pays émergents comme la Chine et l'Inde ont chaque année une nouvelle partie de leur population ayant accès à des produits de consommation qui consomment de l'énergie, et donc qui augmentent la consommation mondiale de pétrole.

Le troisième point est l'augmentation des transports routiers pour faire face à la mondialisation de l'économie.

Selon des chiffres publiés par BP, la consommation de pétrole a augmenté de 1 % entre 2011 et 2012 ; chiffre faible eu égard de l'augmentation de celle-ci, de l'ordre de 5 % en Chine, en Iran et en Inde et de 5,5 % au Japon. Certains pays ont vu leur consommation diminuer, comme les États-Unis et certains pays européens.

Du point de vue évolution par pays, les États-Unis sont stables en consommation de pétrole entre les années 2008 et 2011, et la Chine a progressé de 21 %. Si, maintenant, on compare l'évolution sur la période 1985-2011, les États-Unis ont augmenté leur consommation de 15 %, la Chine de 500 %, l'Inde de 400 % ; la France, l'Allemagne et l'Italie ont diminué leur consommation de pétrole. Ceci est probablement lié à l'introduction des véhicules électriques ou hybrides et à la prise de conscience de la meilleure utilisation rationnelle de l'énergie, sans oublier évidemment les taxes très importantes en Europe !



Le charbon

Enjeux par rapport à l'énergie

Souvent décrié et considéré comme une énergie du passé, le charbon joue et jouera encore un rôle majeur dans le bouquet énergétique mondial des décennies à venir (notamment en Asie du Sud-Est), selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), à moins d'une transition énergétique très accélérée dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique.

- **Une ressource énergétique encore prépondérante**

À l'origine de la Révolution industrielle, le charbon demeure au XXI^e siècle une énergie privilégiée dans le monde. Il permet d'assurer les besoins énergétiques de l'équivalent de presque un homme sur trois (le charbon a satisfait 28,1 % de la consommation d'énergie primaire en 2015, selon l'AIE). Il est la première source d'énergie utilisée pour produire de l'électricité (environ 39 % de l'électricité mondiale a été produite à partir de charbon en 2015).

- **Acteurs majeurs**

Les leaders mondiaux de l'industrie minière sont souvent aussi les principaux producteurs de charbon. Ils exploitent également le cuivre, les diamants, l'aluminium ou bien d'autres énergies fossiles. Ainsi Rio Tinto (Australie/Royaume-Uni) et Glencore (Suisse/Royaume-Uni) sont notamment d'importants producteurs de charbon.

- **Passé et présent**

Devenu à la fin du XVIII^e siècle la principale source d'énergie, le charbon est à l'origine de la Révolution industrielle. La Grande-Bretagne, la France et l'Allemagne ont ainsi bénéficié de gisements exploités à proximité des zones de consommation. En France, l'extraction du charbon remonte au Moyen Âge, mais se développe surtout à la fin du XVIII^e siècle et jusqu'à la moitié du XIX^e, notamment dans les bassins du Nord-Pas-de-Calais, de la Lorraine et de la Loire.

En 1762, la machine à vapeur créée par James Watt utilise le charbon comme combustible. Le charbon participe également au développement du transport, grâce aux bateaux et aux chemins de fer (locomotives à vapeur).

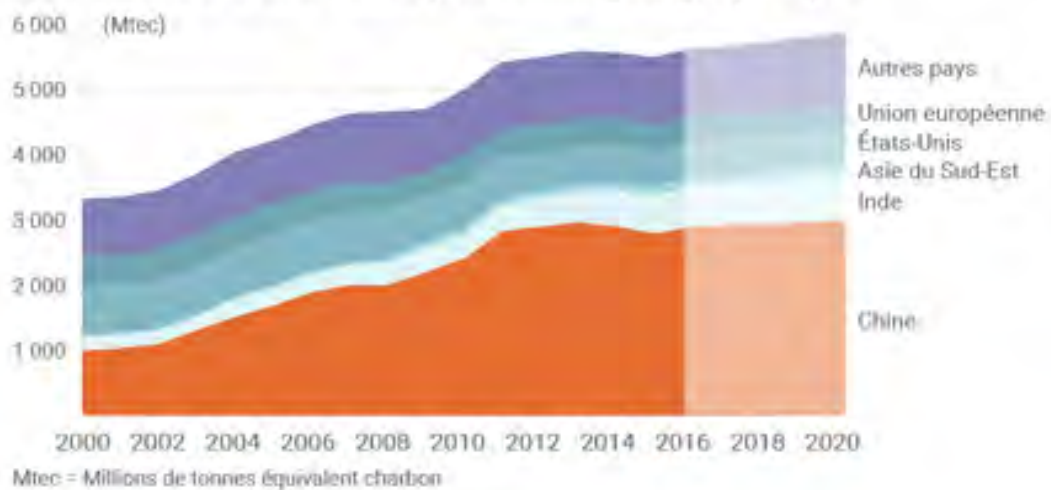
- **Futur**

Le pic mondial du charbon désigne le moment où plus de la moitié des réserves seront consommées et où la production de charbon déclinera du fait de l'épuisement des réserves. En Europe, ce pic aurait eu lieu en 1982. En Chine, la production de charbon a baissé en 2014, pour la première fois depuis 14 ans.

L'avenir de la production mondiale de charbon repose sur l'amélioration des techniques d'exploration et sur celles de transformation du charbon, pour produire davantage d'énergie à partir d'une même quantité de charbon. La gestion de l'impact climatique de l'utilisation du charbon est devenue un enjeu central.

L'amélioration de l'efficacité énergétique des centrales à charbon et l'intégration des technologies de « captage et stockage géologique du CO₂ » (CSC) participent au développement du « charbon propre ». Avec les méthodes de CSC, le CO₂ rejeté dans l'atmosphère est récupéré puis séquestré (généralement sous terre dans des couches profondes). Toutefois, les projets de CSC sont encore confrontés à des contraintes économiques et techniques freinant leur développement. Si les moyens mis en œuvre sur le plan des recherches et des développements technologiques laissent entrevoir d'importants progrès des méthodes de CSC, la diffusion de ces pratiques dépend également des politiques mises en place pour lutter contre le réchauffement climatique (en donnant notamment un prix suffisant au carbone). En Asie du Sud-Est, le charbon pourrait satisfaire 40 % des besoins supplémentaires d'énergie d'ici à 2040, selon un rapport d'octobre 2017 de l'AIE. Il en résulterait une très forte hausse des émissions de CO₂ liées à l'énergie dans cette région (+ 75 % d'ici à 2040), malgré le recours à des centrales au charbon supercritiques ou ultra-supercritiques.

Demande de charbon par zone géographique



Le gaz naturel

Définition et catégories

Le gaz naturel est un combustible fossile présent naturellement sous forme gazeuse dans les roches poreuses du sous-sol. Utilisé comme source d'énergie, le gaz est composé d'hydrocarbures.

Le gaz naturel peut être de diverses natures : il est dit « thermogénique » lorsqu'il provient de la transformation de matière organique sous l'effet de la pression et de la chaleur ; il est dit « biogénique » lorsqu'il est généré à partir de la fermentation de bactéries présentes dans les sédiments organiques.

Selon la profondeur et les types de gisements, le gaz peut être conventionnel ou non conventionnel.

Les gaz conventionnels

Le gaz concentré dans les roches est naturellement piégé sous pression, sous une couverture imperméable permettant l'existence d'un gisement.

Le gaz non associé est présent dans les gisements de pétrole, mais il n'est pas mélangé à ce dernier.

Les gaz non conventionnels

Ils représentent d'importantes réserves souterraines, dont l'exploitation demeure complexe et coûteuse.

Le gaz de schiste est un gaz piégé dans une roche-mère très peu poreuse et très peu imperméable.

Le gaz de charbon est naturellement présent dans les pores du charbon.

Le gaz compact est emprisonné dans de petits réservoirs souterrains difficiles d'accès.

Les hydrates de méthane sont piégés sous haute pression et à basse température. Ils se trouvent sous les océans et dans les zones de permafrost (Alaska, Russie). Aucune technique économiquement viable ne permet pour l'instant d'exploiter ces gisements.

- **Dimension énergétique et environnementale**

Le gaz peut être utilisé comme matière première pour l'industrie (production d'hydrogène, de méthanol, d'ammoniac, etc.), ou, compte tenu de son haut pouvoir calorifique, comme combustible industriel ou domestique (chauffage, cuisson). Il participe pour environ 20 % à la production de l'électricité. Considéré comme un combustible souple, efficace et simple d'utilisation, il peut être stocké et transporté. Lors de sa combustion, le gaz génère, à production d'énergie équivalente, de 30 à 50 % d'émissions de CO₂ en moins que le pétrole.

- **Dimension économique**

Face à une demande qui ne cesse d'augmenter, l'existence de réserves gazières constitue une manne financière pour les pays producteurs. Toutefois, l'exploitation de ces réserves nécessite d'importants investissements. Les pays producteurs et importateurs doivent financer les infrastructures d'exploitation et de transport du gaz. L'AIE estime à 3 700 milliards d'euros le montant des investissements nécessaires entre 2007 et 2030.

- **Passé et présent**

Longtemps considéré comme un élément dangereux et gênant des puits de pétrole, le gaz a été progressivement exploité. Le gaz des mines de charbon est d'abord utilisé au XVIII^e siècle pour éclairer les rues. Ensuite, au XIX^e siècle, les premiers gisements de gaz sont forés, mais les utilisations restent limitées. La construction de plusieurs milliers de kilomètres de gazoducs après la Seconde Guerre mondiale permet de diversifier les utilisations du gaz (domestiques, industrielles).

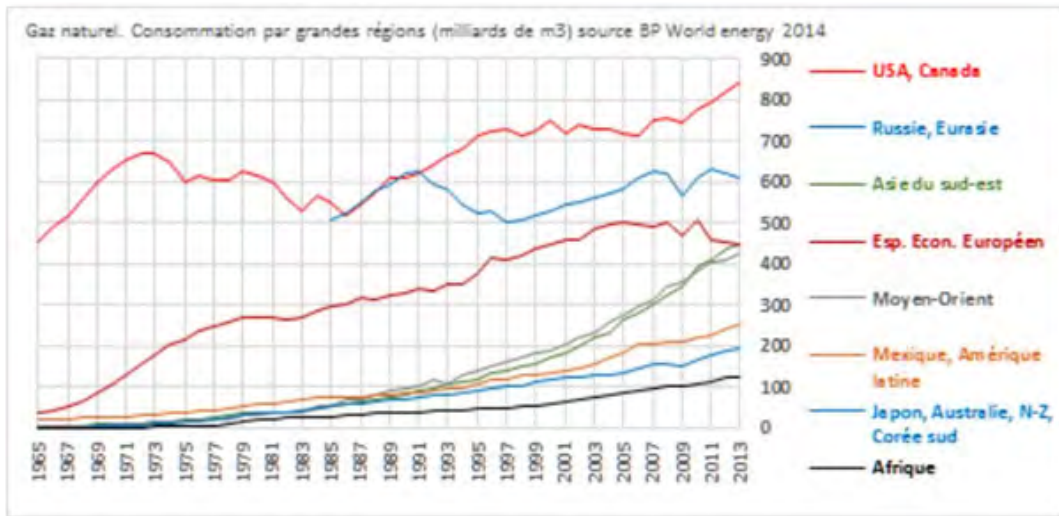
Depuis les années 1970, les avantages du gaz sont reconnus et la demande ne cesse d'augmenter. L'amélioration des techniques d'exploitation permet de répondre à cette demande. Il faut néanmoins veiller à la sécurité des utilisations, parfois sources d'explosions.

- **Futur**

Le gaz naturel est une ressource non renouvelable, dont les réserves sont très concentrées dans certaines zones géographiques. L'amélioration de ses conditions d'approvisionnement, de transport et de stockage joue un rôle stratégique pour son avenir dans le mix énergétique.

Les niveaux futurs d'exploitation du gaz dépendront notamment de l'amélioration des techniques de prospection et d'extraction des réserves pour le moment inaccessibles

(sous l'océan, sous les zones de permafrost). Par ailleurs, la mutation opérée par l'exploitation récente des gaz de schiste devrait s'accroître et permettre de répondre en partie aux besoins énergétiques croissants pendant plusieurs années.

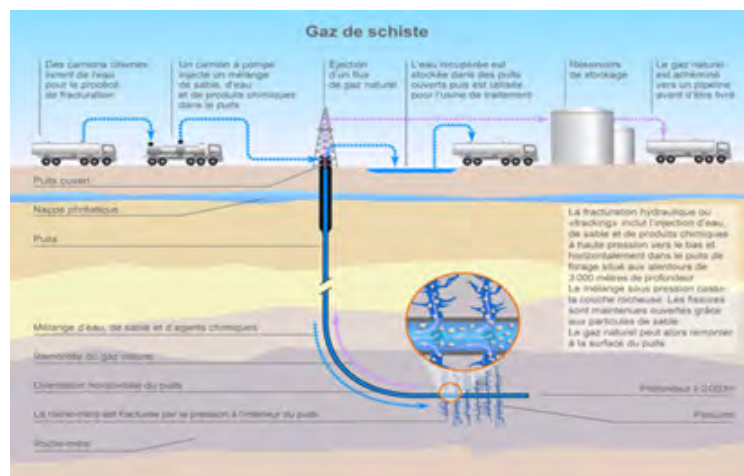


Le gaz de schiste

Définition et catégories

Les gaz dits « non conventionnels » ont connu un développement massif aux États-Unis depuis 2006. Leur production constituait près de 59 % de la production américaine de gaz en 2010 et pourrait poursuivre sa croissance au-delà de 2035, selon certains scénarios de l'AIE. Parmi ces différents gaz, les ressources recouvrables de gaz dits « de schiste » seraient les plus importantes.

Les gaz de schiste se trouvent sous terre, occlus dans des roches-mères argileuses. Leur composition (essentiellement du méthane) est semblable à celle des gaz dits « conventionnels », mais la technique utilisée pour les extraire diverge : emprisonnés dans des roches très peu perméables et très peu poreuses, les gaz de schiste ne peuvent être exploités comme ceux qui sont piégés dans des structures géologiques. On les extrait par fracturation des roches qui les retiennent.



Enjeux par rapport à l'énergie

L'exploitation du gaz de schiste se généralise progressivement. Elle représente pour beaucoup d'États une alternative possible au gaz naturel conventionnel :

- **L'opportunité pour les États de développer leur autonomie énergétique**

Pour les États important de grandes quantités de gaz naturels (États-Unis, pays de l'Union Européenne), la valorisation du gaz de schiste présent sur leur territoire permet de réduire la dépendance énergétique développée auprès des pays exportateurs. Ainsi, aux États-Unis, l'exploitation du gaz de schiste se développe rapidement afin de réduire la dépendance énergétique développée vis-à-vis du Canada.

- **Une rentabilité sous condition**

Aujourd'hui, la valorisation du gaz de schiste est principalement justifiée d'un point de vue économique, lorsque la zone de consommation est proche.

Peu de temps après le premier forage d'exploitation, le débit du gaz extrait ralentit considérablement, affectant ainsi la rentabilité de l'exploitation. Il est alors nécessaire de réitérer le processus en creusant de nouveaux puits.

- **Un impact environnemental**

L'eau injectée dans le sous-sol pour briser la roche est mélangée à du sable et à des produits chimiques. Pour faciliter la remontée du gaz à la surface, de nombreux puits sont également creusés, ce qui peut dénaturer le paysage et altérer la structure du sous-sol. Cela représente un frein au développement des exploitations de gaz de schiste dans les zones habitées ou protégées. Il existe toutefois des moyens de limiter l'emprise au sol, en implantant notamment de multiples drains à partir de la même plateforme en surface.

Le nucléaire

L'énergie nucléaire représente actuellement 13,8 % de l'énergie mondiale d'électricité – et 78 % de l'électricité en France. Vingt-huit pays l'intègrent actuellement dans leur mix énergétique, avec en tête de liste les États-Unis et la France. Plusieurs d'entre eux ont cependant décidé de progressivement la supprimer, et la question de sa légitimité face au risque qu'elle peut représenter a été remis au cœur du débat, à la suite de la catastrophe de Fukushima. Celle-ci a fortement remis cette énergie en cause, de telle sorte que l'Allemagne a décidé d'arrêter ses 17 réacteurs d'ici 2022. La Suisse a également annoncé une sortie progressive de l'énergie nucléaire d'ici 2034, tandis que l'Italie a décidé, le 19 avril 2011, d'abandonner le retour au nucléaire. Fin 2011, le Mexique et la Belgique ont également annoncé leur intention d'abandonner leurs projets dans le nucléaire. Pour autant, en septembre 2009, on comptait 53 réacteurs nucléaires en construction dans le monde.

● **Passé et présent**

L'atome a été découvert en 1912 (Rutherford, Bohr), le neutron en 1932, la fission spontanée et le dégagement d'énergie (Curie) en 1938 ; puis, en cinq ans, dans l'urgence de la Seconde Guerre mondiale, la bombe atomique (1945). Le nucléaire a pour aînés l'aéronautique et l'automobile. Il est le contemporain de l'électronique.

Au niveau militaire, deux bombes à fission ont été utilisées en 1945 contre le Japon. Les engins thermonucléaires, cent fois plus puissants, ont ensuite joué un rôle clé dans la dissuasion mutuelle entre les deux blocs pendant toute la guerre froide (1950-1990).

Simultanément, des réacteurs nucléaires ont été développés pour la propulsion des navires de guerre, en particulier les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE).

Au niveau civil, la fission nucléaire contrôlée a démarré dès 1950 aux États-Unis, pour la production d'électricité. Les modèles actuels utilisés pour produire de l'électricité sont pour l'essentiel des réacteurs à eau de deuxième génération, dont la durée de vie pourrait atteindre ou dépasser 50 ans dans certains pays. Une troisième génération améliorée de ces réacteurs à eau est en cours d'installation (ex. : EPR, API1000). Leur remplacement par des réacteurs de quatrième génération à neutrons rapides consommant tout l'uranium et produisant moins de déchets nécessite l'emploi de matériaux résistants aux hautes températures et aux flux intenses. Ces surgénérateurs sont au stade expérimental (ex. : réacteur Astrid du CEA).

Aujourd'hui, l'énergie nucléaire a également un rôle clé dans les secteurs d'activité suivants :

- En médecine : radiothérapie, imagerie médicale (IRM) ;
- En instrumentation industrielle et scientifique : neutrographie pour le contrôle non destructif ;
- Dans le domaine spatial : propulsion des satellites et sondes interplanétaires.

● **Futur**

De nouvelles opportunités pourraient stimuler le développement de l'énergie nucléaire civile dans les décennies à venir :

- L'intensification des recherches technologiques en vue de maîtriser les réacteurs de quatrième génération pourrait résoudre les problèmes de sécurité de l'approvisionnement et des déchets ;
- L'émergence des « smart grid⁶⁸ » (réseaux de distribution électrique intelligents), conjuguée à celle de petits réacteurs modulaires (150 MW), consommateurs d'uranium appauvri, pourraient constituer une source d'approvisionnement électrique local ;
- Les progrès attendus en fusion nucléaire, énergie puissante et disposant également de ressources naturelles considérables, pourraient ouvrir une seconde voie de production d'énergie nucléaire.

68 <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/reseau-intelligent-smart-grid>

● En France

Aujourd'hui, la France dépend fortement de l'énergie nucléaire. En moyenne, la production en électricité provient pour plus de trois quarts de l'atome. En 2014, d'après les statistiques de RTE, le Réseau de transport d'électricité, la part du nucléaire dans la production d'électricité s'élevait à 77 %. Une proportion qui a peu varié depuis.

Le 18 mai 2017 à 15 h 30, selon les données publiées en temps réel par RTE sur le mix énergétique, 71 % de la production d'électricité émanait de l'énergie nucléaire, 14% de l'énergie hydraulique, 6 % du gaz, 4 % de l'énergie solaire, 3 % de l'éolien, 1 % des bioénergies et 1 % du charbon.

La loi de transition énergétique adoptée en août 2015 prévoit de baisser de 75 à 50 % la part du nucléaire dans la production d'électricité d'ici 2025.

Les énergies renouvelables

Une énergie est dite « renouvelable » lorsqu'elle provient de sources que la nature renouvelle en permanence, par opposition à une énergie non renouvelable dont les stocks s'épuisent. Les énergies renouvelables proviennent de deux grandes sources naturelles : le Soleil (à l'origine du cycle de l'eau, des marées, du vent et de la croissance des végétaux) et la Terre (qui dégage de la chaleur).

Il existe cinq grands types d'énergies renouvelables : l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique, la biomasse et la géothermie. Leur caractéristique commune est de ne pas produire d'émissions polluantes (ou peu), et ainsi d'aider à lutter contre l'effet de serre.

Les énergies renouvelables représentent près du quart de la production annuelle d'électricité dans le monde en 2016. L'énergie hydraulique (les barrages) restant de loin la méthode la plus répandue pour produire de l'électricité renouvelable (source REN 21).

Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2016



REN21 *Renewables 2017 Global Status Report*

Note: Based on renewable generating capacity at year-end 2016.
Source: See endnote ¹⁰ for this chapter.



L'énergie solaire photovoltaïque ou thermique

Découvert au XIX^e siècle par le physicien français Antoine Becquerel⁶⁹, l'effet photovoltaïque désigne les propriétés de certains matériaux, les semi-conducteurs, consistant à générer un courant électrique lorsqu'ils sont exposés à la lumière du soleil. Ces propriétés sont mises en œuvre dans la production d'électricité à partir d'installations solaires photovoltaïques.

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend du soleil. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité à partir de panneaux photovoltaïques ou de centrales solaires thermiques, grâce à la lumière du soleil captée par des panneaux solaires.

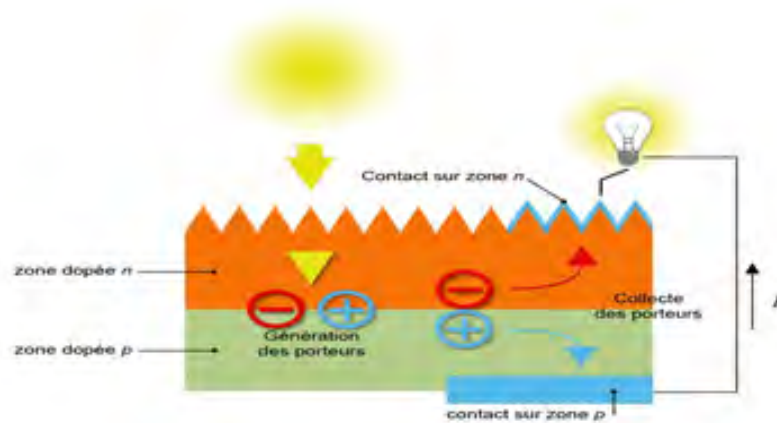
Le marché du photovoltaïque a augmenté de 50 % en 2016. Cette année a constitué un « grand millésime » au niveau mondial, en croissance par rapport à 2015 (+ 50 %). Le marché mondial a atteint 76 GW à la fin de 2016, contre 51 GW fin 2015 (source : IRENA). L'énergie photovoltaïque est la première énergie électrique installée dans le monde en 2016 (en termes de nouvelles capacités installées). L'électricité photovoltaïque est compétitive dans de nombreux pays, son prix de revient étant devenu inférieur aux autres sources de production d'électricité traditionnelles ou renouvelables.

Enjeux par rapport à l'énergie

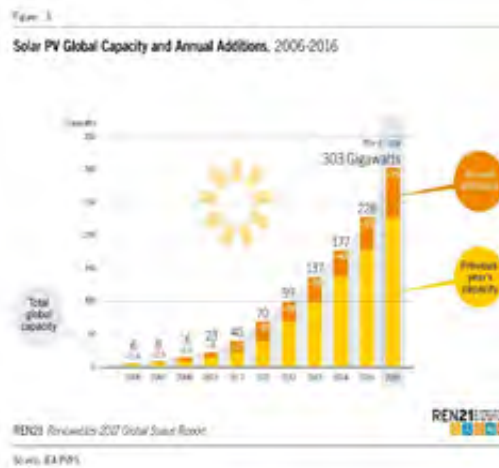
● Avantages

- L'énergie solaire est, à l'échelle humaine, inépuisable et disponible gratuitement en très grandes quantités. De plus, lors de la phase d'exploitation, la production d'électricité au moyen de panneaux photovoltaïques n'est pas polluante ;
- Le silicium, matériau utilisé dans les panneaux solaires actuels les plus répandus, est très abondant et n'est pas toxique ;
- Les panneaux solaires ont une durée de vie de 20 à plus de 30 ans et sont presque intégralement recyclables ;
- La modularité des panneaux est très importante, c'est-à-dire qu'il est possible de concevoir des installations de tailles diverses dans des environnements très variés. Ceux-ci sont par conséquent adaptés à la production décentralisée d'électricité en sites isolés ;
- Les panneaux photovoltaïques peuvent être utilisés à des fins domestiques de petite échelle (par exemple sur des toitures) ou à des fins de production énergétique industrielle à grande échelle (par exemple, la ferme solaire de Toul-Rosières en Lorraine).

69 <http://estebansolarcar.tumblr.com/post/8689763729/antoine-c%C3%A9sar-becquerel-et-leffet-photovolta%C3%AFque>



Constitution d'une cellule photovoltaïque (d'après source CEA)



● Limites

- La technologie photovoltaïque est encore coûteuse, même si son coût de production a fortement baissé au cours des dernières années ;
- Les panneaux photovoltaïques les plus répandus, faits de silicium cristallin, sont lourds, fragiles et difficiles à installer ;
- Une centrale requiert de vastes espaces bien que la densité tende à être améliorée (exemple de la centrale photovoltaïque de Besse-sur-Issole en Provence : 1,2 hectare par mégawatt installé) ;
- L'impact environnemental et énergétique de la fabrication des panneaux de silicium n'est pas nul. Une cellule photovoltaïque doit fonctionner entre un an et demi et cinq ans pour compenser l'énergie utilisée pour la fabriquer ;
- L'énergie électrique n'est pas « directement » stockable, c'est-à-dire sous sa forme primaire. Il est en revanche possible de la stocker « indirectement » dans des batteries sous forme chimique ou dans des accumulateurs. Les technologies existantes sont encore coûteuses.

L'air à l'origine de l'énergie éolienne

L'énergie éolienne consiste à exploiter l'énergie du vent. Les éoliennes produisant de l'électricité peuvent être terrestres ou installées offshore.

L'énergie électrique ou mécanique produite par une éolienne dépend de trois paramètres :

- La forme et la longueur des pales ;
- La vitesse du vent ;
- La température qui influe sur la densité de l'air.

Les trois pays disposant des plus grands parcs éoliens sont la Chine, les États-Unis et l'Allemagne.

Enjeux par rapport à l'énergie

Considérée comme une énergie propre, l'énergie éolienne connaît un essor important. Parmi les énergies renouvelables, elle est considérée comme une technologie mature et comme la plus économique après l'hydroélectricité.

● Les atouts de l'énergie éolienne

- L'énergie éolienne est renouvelable et « décarbonée » en phase d'exploitation ;
- Le terrain où les éoliennes sont installées reste toujours exploitable pour les activités industrielles et agricoles. L'installation peut être démantelée assez facilement ;
- Leur développement offshore présente un potentiel non négligeable ;
- Implantées localement, les éoliennes peuvent permettre de répondre à des besoins électriques de masse, tout comme à des besoins domestiques limités.

● Les problèmes qui se posent

- L'énergie éolienne dépend de la puissance et de la régularité du vent ;
- C'est une source d'énergie intermittente ;
- Les zones de développement sont limitées ;
- Les éoliennes peuvent susciter des conflits d'usage d'ordre environnemental, comme les nuisances visuelles et sonores ;
- Il peut exister des conflits d'utilisation de l'espace terrestre ou marin avec les autres usagers (par exemple, les pêcheurs ou les plaisanciers).

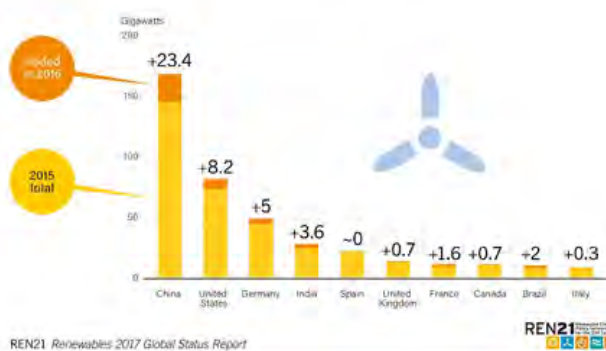
● L'éolien en Europe

L'Europe a été pionnière dans le développement de l'éolien et se caractérise également

par son dynamisme dans le développement de cette forme d'énergie. Elle est la deuxième région du monde en termes de croissance du parc (+ 12 400 MW en 2016), avec une capacité de 153 700 MW. La France se situe en quatrième position, avec près de 12 000 MW de capacités installées, derrière l'Allemagne (50 000 MW), l'Espagne (23 000 MW) et le Royaume-Uni (14 500 MW).

Figure 27

Wind Power Capacity and Additions, Top 10 Countries, 2016



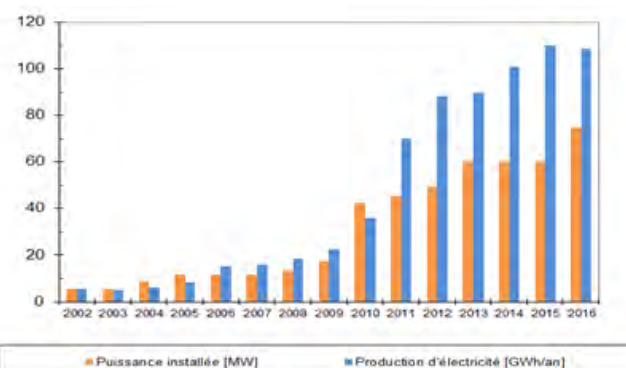
● En France

Dans le sillage de la politique européenne de promotion des énergies renouvelables, de nombreux États membres ont fait le choix de développer l'énergie éolienne. Dès le début des années 2000, la France s'est engagée dans cette voie. Aujourd'hui, cette politique énergétique lui permet de :

- Réduire ses émissions de CO₂ avec une énergie propre sans émission de gaz à effet de serre ;
- Renforcer son indépendance énergétique et diversifier son mix électrique ;
- Favoriser un coût de l'électricité maîtrisé et compétitif ;
- Développer une filière industrielle créatrice d'emplois sur le territoire national.

La France s'est fixé des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables dans la Loi de transition énergétique pour la croissance verte, adoptée en août 2015. En particulier pour l'énergie éolienne, avec 15 000 MW en 2018 et entre 21 800 MW et 26 000 MW en 2023.

En France, la filière éolienne représente 12 520 emplois directs, à la fin de 2014.



L'énergie hydraulique

Grâce à plus de 25 000 MW de puissance installée, l'énergie hydraulique délivre chaque année près de 70 TWh d'électricité, soit 14 % de la production électrique française, et près de 95 % de l'électricité produite par les énergies renouvelables⁷⁰.

L'énergie hydraulique permet de fabriquer de l'électricité, dans les centrales hydroélectriques, grâce à la force de l'eau. Cette force dépend soit de la hauteur de la chute d'eau (centrales de haute ou moyenne chute), soit du débit des fleuves et des rivières (centrales au fil de l'eau).

L'énergie hydraulique dépend du cycle de l'eau. Elle est la plus importante source d'énergie renouvelable. En outre, il s'agit d'une énergie locale qui favorise le développement économique des zones rurales, et notamment des zones de montagne.

2,4 % de l'énergie mondiale est de l'hydroélectricité, selon l'Agence internationale de l'énergie. Le potentiel hydroélectrique total de la planète serait d'environ 15 000 TW, soit 15 mille fois plus que le niveau d'exploitation actuel.

Pour 5 des 10 premiers producteurs d'énergie hydraulique, l'hydraulique représente plus de la moitié de leur électricité (Norvège, Brésil, Venezuela, Canada, Suède).

Enjeux par rapport à l'énergie

- **Rentabilité et prévisibilité de la production**

La construction de barrages est caractérisée par des investissements d'autant plus élevés que la hauteur de chute est importante et que la vallée est large. Ces dépenses d'investissements diffèrent fortement selon les caractéristiques de l'aménagement et les dépenses annexes liées aux contraintes sociales et environnementales, en particulier le coût des terrains expropriés. Les avantages économiques liés à la capacité de modulation de la production d'électricité permettent de rentabiliser ces investissements, car la ressource hydraulique est gratuite et les frais d'entretien sont réduits.

L'énergie hydraulique permet de répondre aux besoins d'ajustement de la production électrique, notamment en stockant de l'eau dans de grands réservoirs au moyen de barrages ou de digues. Les fluctuations annuelles de la production hydraulique sont cependant importantes. Elles sont essentiellement liées aux précipitations. La production peut croître de 15 % les années où la ressource hydraulique est forte, et diminuer de 30 % les années de grande sécheresse.

- **Impact social et environnemental**

Il est parfois reproché à l'énergie hydraulique d'engendrer des déplacements de population, les rivières et les fleuves étant des lieux privilégiés pour installer des habitations. Par exemple, le barrage des Trois Gorges en Chine a entraîné le déplacement de près de 2 millions de personnes. En raison d'une régulation modifiée de l'eau, les écosystèmes en amont et en aval des barrages peuvent être perturbés (notamment la migration des

⁷⁰ Source SER

espèces aquatiques), bien que des dispositifs comme les passes à poissons soient installés. D'après l'étude menée par le cabinet BIPE⁷¹ pour le SER en 2013, l'atteinte de cet objectif devrait permettre de créer plus de 10 000 nouveaux emplois d'ici à 2020, portant à plus de 30 000 le nombre d'emplois générés par la filière à cet horizon.

Figure 13

Hydropower Global Capacity, Shares of Top 6 Countries and Rest of World, 2016



REN21 Renewables 2017 Global Status Report

REN21

La géothermie

La géothermie exploite le différentiel thermique de l'écorce terrestre pour en extraire de la chaleur utilisable par l'Homme. On distingue trois types :

- La géothermie profonde à haute énergie (150-250 °C à 2 500 m de profondeur dans des zones au gradient géothermal anormalement élevé), pour la production d'électricité (vapeur + turbine) ;
- La géothermie moyenne à basse énergie (30 à 150 °C dans les aquifères) pour le chauffage urbain collectif par réseau de chaleur ;
- La géothermie à très basse énergie (< 30 °C). Elle extrait la chaleur terrestre et solaire présente à faible profondeur dans le sol (10 à 100 m) par pompe à chaleur (PAC).

Enjeux par rapport à l'énergie

La géothermie est la seule énergie qui soit à la fois quasi-inépuisable, omniprésente, stable et propre. Sa faible accessibilité en restreint cependant drastiquement l'emploi.

Dans ses deux applications majeures, la production d'électricité et de chaleur, la géothermie est donc encore aujourd'hui marginale, loin derrière les énergies fossiles et d'autres énergies renouvelables telles que l'hydroélectricité, le solaire photovoltaïque ou encore l'éolien.

En production électrique mondiale, la puissance totale installée est d'environ 11,7 GWth en 2012 avec une production de près de 72 TWh, soit près de 0,3 % de la production électrique mondiale.

En production directe de chaleur, la puissance fournie serait de 66 GWth en 2012, ce qui correspond à une production équivalant à près de 150 TWh/an.

71 <https://lebipe.com/>

Les deux filières seraient en nette croissance (+ 5 % par an) grâce à la progression des techniques de prospection et de prélèvement (forages profonds surtout offshore, doublet géothermal, pompes à chaleur), et aux soutiens financiers des États (soutien lié, dans le cas de la France, au Grenelle de l'Environnement).

- **Acteurs majeurs**

Les principaux pays producteurs d'électricité d'origine géothermique se trouvent dans des régions volcaniques situées aux frontières des plaques (ceinture de feu Pacifique, arcs antillais et méditerranéen, rift africain). On trouve en tête les États-Unis (29 % de la puissance mondiale installée, essentiellement dans l'Ouest), puis les Philippines (16 %), l'Indonésie (11 %), le Mexique (8,5 %). Suivent l'Italie, la Nouvelle-Zélande, l'Islande et le Japon. La France ne dispose, pour la production d'électricité géothermique, que de la centrale de Bouillante en Guadeloupe, et un projet en Alsace (Soultz-Sous-Forêts).

Au moins 78 pays produisent de la chaleur d'origine géothermique en 2012. La Chine, les États-Unis, la Suède, la Turquie, l'Islande et le Japon en sont les principaux producteurs.

En France, l'Ademe (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) et le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) sont les deux EPIC chargés de la promotion de la géothermie, en particulier individuelle, en coopération avec EDF. L'Île-de-France, qui exploite le Dogger⁷², réservoir d'eau chaude situé sous le Bassin parisien, a la plus forte densité au monde de géothermie exploitée pour l'industrie et le chauffage urbain.

- **Capacité mondiale d'électricité géothermique**

Figure: 12

Geothermal Power Capacity and Additions, Top 10 Countries, 2016



72 Le Dogger est le principal aquifère géothermique exploité en région parisienne, systématiquement par « doublet » de forages. Il se situe entre 1 500 et 2 000 mètres de profondeur et contient une eau d'une température variant en fonction de la profondeur de 65 à 85 °C. Le Dogger correspond à des dépôts anciens (-175 à -154 millions d'années) à dominante calcaire du jurassique moyen.

Hypothèses

Compte tenu des spécificités françaises, dues en particulier à la part (importante et atypique par rapport au reste du monde) du nucléaire dans la production d'électricité, deux séries d'hypothèses ont été formulées :

- Une concernant le mix énergétique mondial ;
- L'autre le mix énergétique français.

Hypothèses concernant le mix énergétique mondial

Hypothèse 1. Demande en hausse, énergies fossiles dominantes

Avec une demande de consommation d'énergie supérieure de 37 % pour une population mondiale de + 1,6 milliards d'habitants, 81 % de la demande seront encore couverts en 2035 par les énergies fossiles, contre 86 % en 2013. Pour la première fois depuis la Révolution industrielle, aucune énergie ne serait largement dominante dans le mix énergétique mondial. Les parts du pétrole et du charbon devraient baisser tandis que celle du gaz naturel devrait augmenter. Elles devraient respectivement se situer entre 26 % et 28 %. Les énergies renouvelables (hors hydroélectricité) devraient poursuivre leur essor au niveau mondial et satisfaire 8 % de la demande énergétique mondiale en 2035, contre près de 3 % aujourd'hui.

Le mix électrique devrait lui aussi rester fortement dépendant des énergies fossiles. Le charbon restera la première source de production électrique et pourrait couvrir près d'un tiers de la production électrique mondiale. Le déploiement des énergies renouvelables au cours de la période considérée n'est pas assez rapide pour couvrir l'augmentation de la demande d'énergie, et les investissements dans les capacités fossiles et nucléaires se poursuivent.

Hypothèse 2. Hausse de la demande mais transition accélérée vers les ENR

On assiste à une augmentation du coût des énergies fossiles, qui correspond au début de leur épuisement après une phase de demande forte, liée en partie à une surestimation des stocks de gaz de schiste. Des politiques publiques sont mises en place et favorisent les ENR, principalement pour réduire le montant de la facture énergétique. Innovations technologiques et hausse de la demande permettent une réduction du coût des ENR.

Dès le début de la période considérée dans l'exercice, l'électricité renouvelable a représenté 70 % des ajouts nets à la capacité mondiale de production d'électricité, confirmant les chiffres de 2017 selon le « Rapport sur la situation mondiale des énergies renouvelables 2018 » de REN21

Mais les secteurs de la chaleur, du froid et des transports qui, ensemble, représentent environ les quatre cinquièmes de la demande finale mondiale d'énergie, continuent d'accuser un retard considérable par rapport au secteur de l'électricité. Les investissements

dans les énergies renouvelables ont été concentrés dans certaines régions du globe : la Chine, l'Europe et les États-Unis ont représenté près de 75 % des investissements mondiaux dans les énergies renouvelables à partir de 2017.

Hypothèse 3. Sobriété énergétique

Pour pallier une production énergétique destructrice en particulier pour le climat, les énergies renouvelables se sont développées et apparaissent comme la meilleure solution pérenne pour notre avenir énergétique. En effet, si nous prenons l'exemple de la France, l'énergie solaire reçue uniquement par les surfaces artificielles (bâtiments, routes, voies ferrées...) en un an représente 35 fois toute l'énergie consommée. Malgré les problèmes techniques pour récupérer cette énergie, l'humanité ne va donc pas manquer d'énergie.

Cependant, le faible rendement des moyens de production énergétique associé aux énergies renouvelables implique la nécessité d'un déploiement massif de ces technologies. Cette intégration dans le paysage énergétique actuel prendra beaucoup de temps pour représenter une part majeure de notre production énergétique.

De plus, le photovoltaïque requiert pour sa fabrication des matériaux qui sont, tout comme le pétrole ou le charbon, épuisables. Face à cette croissance, les gisements des ressources métalliques rares seront insuffisants pour subvenir au passage au soleil en flux.

Il est donc essentiel de revoir notre consommation énergétique, pour que l'on puisse répartir équitablement l'énergie récupérée sur notre planète. Les économies d'énergie sont possibles grâce à l'efficacité et à la sobriété énergétique. L'efficacité énergétique concerne essentiellement la performance et la bonne utilisation des équipements avec lesquels nous consommons de l'énergie.

La sobriété énergétique se décline également sous différents aspects :

- La sobriété dimensionnelle, qui vise à ne pas utiliser des équipements surdimensionnés ;
- La sobriété d'usage, qui vise à surveiller le niveau et la durée d'utilisation et d'exploitation d'un appareil consommant de l'énergie ;
- La sobriété coopérative, qui consiste à mettre en place des organisations collectives et à mutualiser les biens (les transports en commun, par exemple).

Hypothèses concernant le mix énergétique en France

Hypothèse I. Mix dépendant des énergies fossiles et du nucléaire

La consommation nationale d'énergie augmente faiblement, voire stagne. C'est un mix énergétique toujours très dépendant des énergies fossiles et du nucléaire. Les ENR se développent plus lentement que prévu, les objectifs fixés par les pouvoirs publics ne sont pas atteints.

Hypothèse 2. Une amorce de sortie du nucléaire

La consommation nationale d'énergie augmente faiblement, voire stagne. Elle s'accompagne d'une volonté politique d'accélérer la sortie du nucléaire, y compris en recourant à des énergies fossiles, mais principalement à des ENR. Cette hypothèse peut advenir suite à un accident nucléaire, même mineur. Mais cette sortie du nucléaire est nécessairement lente et difficile, compte tenu des inerties des infrastructures et des acteurs. Elle est donc amorcée à l'horizon 2040, mais loin d'être achevée.

Enfin, la France demeure un des pays d'Europe les plus en retard sur les objectifs de déploiement des énergies renouvelables fixés pour la période : la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique français reste très en deçà de la trajectoire prévue (23 % en 2020 et 32 % en 2030). Les territoires peinent à prendre leur place dans cette politique de transition. Alors que les régions devaient jouer un rôle de pilote, elles n'ont pas été dotées de moyens supplémentaires pour le faire.

Hypothèse 3. Baisse de la dépendance aux énergies fossiles

La consommation nationale d'énergie augmente faiblement, voire stagne. La volonté des pouvoirs publics de réduire la dépendance aux énergies fossiles importées devient une réalité, ceci notamment en accélérant l'électrification des consommations. Cette volonté passe par un recours accru aux ENR, mais aussi au nucléaire. Mais il s'agit alors de justifier le maintien en service des centrales auprès de nos concitoyens.

Hypothèse 4. Sobriété énergétique

Elle correspond à une baisse de la demande et à un recours accru aux ENR. C'est le fruit d'un croisement entre la volonté de réduire la facture énergétique du pays, de gagner en autonomie énergétique et de réduire les émissions de CO₂. Une priorité absolue est donnée aux ENR, à l'efficacité énergétique, à la rénovation des bâtiments, aux véhicules électriques et hybrides, etc.

Gestion des ressources minérales non énergétiques

Marc Malenfer, INRS

Définition

Cette fiche traite du phénomène de déplétion des ressources minérales non énergétiques, notamment des métaux et, dans une moindre mesure, des matériaux de construction (sable, graviers...) et des minéraux industriels (silice, gypse, potasse, phosphates...). Cette question sera traitée notamment au regard de la problématique énergétique qu'elle pose. En effet, d'un côté, la raréfaction des ressources minérales conduit à exploiter des gisements à plus faible teneur, pour un coût énergétique et écologique de plus en plus élevé. D'un autre côté, les technologies permettant de procéder à la transition énergétique qu'imposent les changements climatiques sont fortement consommatrices de ressources minérales rares.

Définitions

Gisement : concentration naturelle de minéraux supérieure à la concentration moyenne, permettant d'en envisager l'exploitation. Seuls certains gisements peuvent faire l'objet d'une exploitation à un moment donné. Si certains sont connus, d'autres restent à découvrir.

Ressources (minières) : ensemble des gisements connus susceptibles de faire l'objet d'une exploitation si les conditions techniques et économiques du moment le permettent. Elles sont définies sur la base de caractéristiques essentiellement géologiques.

Réserves : part des ressources qui peuvent techniquement et économiquement être exploitées au moment où elles sont déclarées. Elles sont estimées sur la base de critères géologiques et socio-économiques.

Les ressources peuvent donc être supérieures aux réserves.

Origine et qualité des données

L'estimation des ressources et réserves est une démarche coûteuse qui est assurée par les sociétés minières. Bien que des standards internationaux aient été définis, les données sont plus ou moins précises et fiables en fonction de leur nature et de leur origine. On considère que les sociétés minières cotées en bourse publient des données de qualité. En revanche, les sociétés totalement privées (« private equity ») ne publient généralement pas leurs données. Enfin, certains pays dans lesquels le secteur minier est très étatisé peuvent refuser de publier ces données, ou utiliser des normes différentes. De plus, ces données varient dans le temps en fonction des découvertes de nouveaux gisements et de la révision des réserves. La fiabilité et l'exhaustivité des données disponibles ne sont donc pas parfaites, ce qui rend les comparaisons et prévisions complexes.

Il est à noter qu'il n'existe pas, pour les marchés des minéraux, d'organismes comparables à ce qu'est l'OPEP pour le pétrole.

Indicateurs

Le traitement de cette problématique impose de manipuler différents indicateurs.

L'estimation des réserves est généralement exprimée en tonnage, par rapport aux tonnages extraits annuellement, ce qui permet d'estimer une durée de disponibilité de la ressource en années.

Cet indicateur présente deux principales limites :

- Si la demande et les prix augmentent dans le futur, les investissements en exploration vont augmenter également, entraînant une augmentation des réserves estimées ;
- Si la consommation de la ressource augmente de manière exponentielle, les quantités extraites annuellement vont augmenter également, et l'épuisement en ressources sera plus rapide que prévu.

Pour être le plus précis possible, il convient également de prendre en compte la teneur en matière recherchée du minerai extrait. Plus cette teneur sera faible, plus le processus sera consommateur d'énergie, coûteux et nuisible à l'environnement.

Prospective

Des ressources non renouvelables et inégalement réparties

Les ressources minérales sont le fruit de processus géologiques très longs (plusieurs millions d'années) et ne sont donc pas renouvelables à l'échelle de l'humanité. Leur genèse étant notamment liée à la tectonique des plaques, leur répartition sur la surface du globe est inégale : certaines régions, voire certains États, disposent de proportions importantes des réserves de certains minéraux, alors que d'autres en sont totalement dépourvues.

Une activité à fort impact environnemental

L'extraction et la production de métaux est fortement consommatrice d'énergie, on considère que 10 % de la consommation mondiale d'énergie y est consacrée. Durant la période allant de la moitié du XX^{ème} siècle jusqu'à 2011, la consommation mondiale d'énergie a été multipliée par 2, alors que, sur cette même période, la consommation d'énergie consacrée à l'exploitation minière a été multipliée par 4.

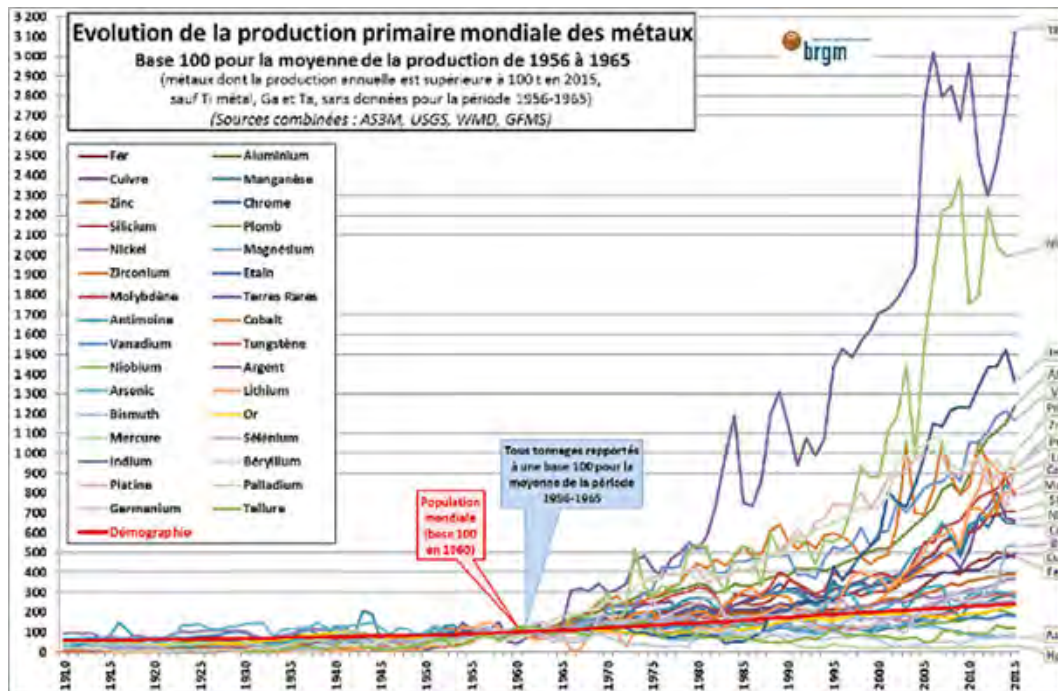
De plus, cette activité est très consommatrice d'eau, notamment dans les phases de broyage et de concentration du minerai. Ce sujet devient de plus en plus problématique pour l'industrie minière, car de nombreux projets sont situés dans des zones pauvres en eau, où se posent des questions de concurrence entre les usages. Dans un contexte d'augmentation des tonnages extraits et de baisse des teneurs, le besoin d'eau continuera de croître, même si des gains d'efficacité sont réalisés. Dans certains pays, comme le Chili, les besoins en eau sont en partie couverts par de l'eau de mer désalinisée, mais ce dessalement est lui-même consommateur d'énergie et augmente les coûts d'exploitation.

Enfin, les activités d'extraction ont un impact sur les écosystèmes et les paysages qui peut être lourd de conséquences et qui conduit souvent les États à interdire ou encadrer fortement certaines activités. Ainsi, de nombreux États voisins de Singapour ont interdit les exportations de sable vers ce pays en raison des conséquences écologiques des extractions massives qu'ils ont subies (augmentation du débit des rivières et de l'érosion associée, assèchement de puits, déstabilisation de bâtiments et d'ouvrages d'art...).

Une demande qui explose

Entre 1900 et 2009, la population mondiale a été multipliée par 4. Sur cette même période, la consommation de minéraux a été multipliée par 30.

La consommation de ressources minérales connaît une croissance exponentielle de l'ordre de 3 % par an pour des métaux comme le fer ou le cuivre, et de 6 % par an pour certains métaux rares. Cette croissance est largement corrélée à la croissance mondiale (PIB), qui est notamment tirée par le phénomène de rattrapage des économies occidentales par les nouvelles puissances industrielles (avec la Chine en première place).



Dans une fiche technique sur ce sujet publiée par l'ADEME en 2017, Alain Geldron estime que « sans évolution politique et sociétale majeure au niveau mondial, on peut s'attendre à ce que, d'ici 2050, nombre de métaux et de minéraux de base poursuivent une croissance similaire de leur consommation, et donc de la demande en ressources minérales, avec *a minima* un doublement d'ici 2050. Celui-ci nécessitera la découverte et l'exploitation de nouveaux gisements importants à un rythme soutenu ».

Exploration et exploitation minière sous l'influence des lois du marché

Alors que les délais entre les découvertes de gisements potentiels et leur exploitation effective sont longs (de l'ordre de plusieurs décennies en général), les investissements en exploration sont fortement corrélés au prix des matières premières, comme le montre le graphique ci-contre.

De plus, les gisements connus, accessibles et facilement exploitables sont naturellement exploités en premiers. Le coût moyen des découvertes augmente donc au fil du temps. L'exploitation de gisements à teneurs plus faibles ou plus difficilement atteignables revient également plus chère.

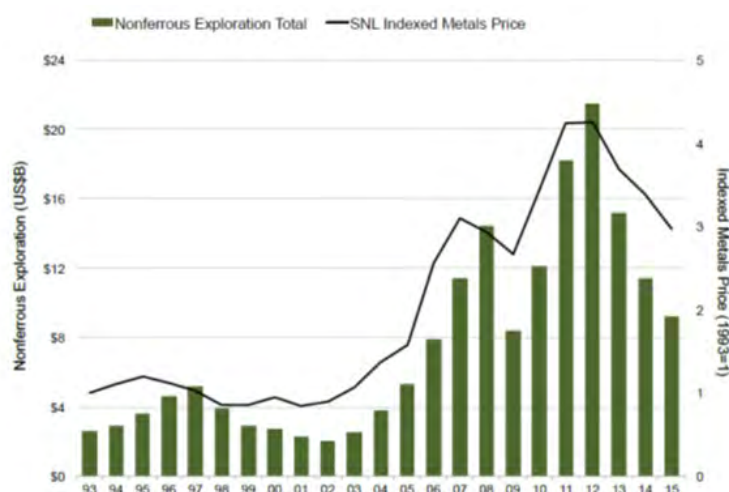


Figure 2. Estimation globale des budgets d'exploration des métaux non ferreux entre 1993 et 2015 (SNL Metals & Mining, 2016).

La notion de pic de ressources, ou courbe de Hubbert

Ce modèle, défini par le géophysicien pétrolier américain Marion King Hubbert, représente l'exploitation d'un gisement sous la forme d'une courbe en cloche dite « courbe de Hubbert ».

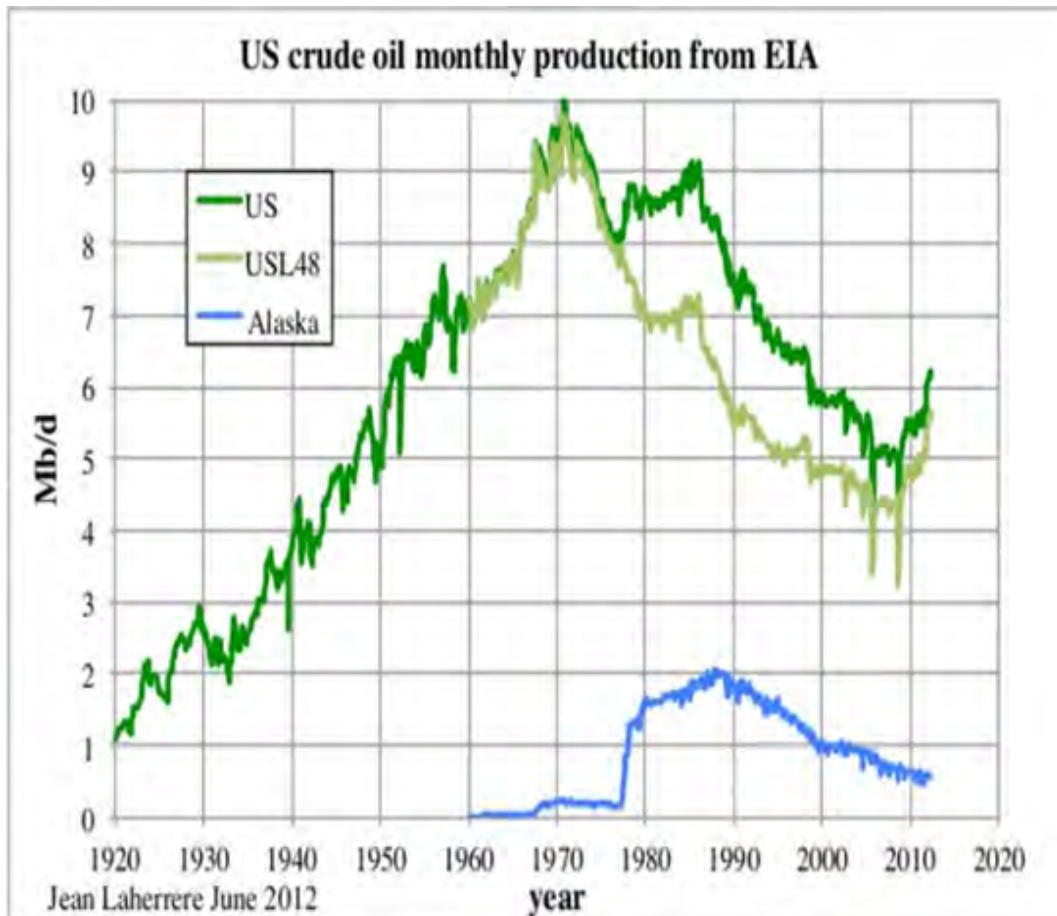
Le pic de production est atteint lorsque la moitié de la ressource a été extraite. Durant la phase ascendante de la courbe, les coûts d'exploitation sont faibles, mais ils augmentent lorsque la courbe s'inverse. En additionnant les données de plusieurs gisements, on peut établir une courbe à une échelle plus large, celle d'un territoire par exemple. Ce modèle permet de prédire, à partir des données d'exploration, les futurs pics de production.

Bien que défini et validé sur le cas particulier des ressources pétrolières américaines, ce modèle a été utilisé pour prédire les pics de ressources de nombreux minéraux. Cependant, il fait l'objet de critiques en raison de plusieurs limites liées à la nature des ressources étudiées, aux innovations technologiques et aux règles de marché :

- Contrairement aux hydrocarbures, les métaux extraits ne sont pas détruits, ils peuvent être réutilisés après recyclage ;
- Les ressources ultimes n'étant pas connues, de nouvelles découvertes interviennent régulièrement et invalident les prévisions ;
- Des phénomènes de substitution peuvent faire baisser la demande sur certaines ressources ;
- Une augmentation des prix peut entraîner des investissements en exploration et la découverte de nouvelles réserves.

Le graphique ci-après illustre bien certaines limites de ce modèle. Au moment où il avait établi sa prévision d'un pic de la production de pétrole aux États-Unis dans les années 50, Hubbert disposait d'informations précises sur les réserves connues, qui lui ont permis de situer le *peak oil* à 1970. La courbe ci-après montre que cette prévision était tout à fait exacte. Cependant, les investissements en exploration et les progrès techniques, motivés par la hausse des prix du pétrole, ont entraîné deux phénomènes qui viennent sensiblement modifier la courbe. D'une part, la découverte et l'exploitation d'importants gisements de

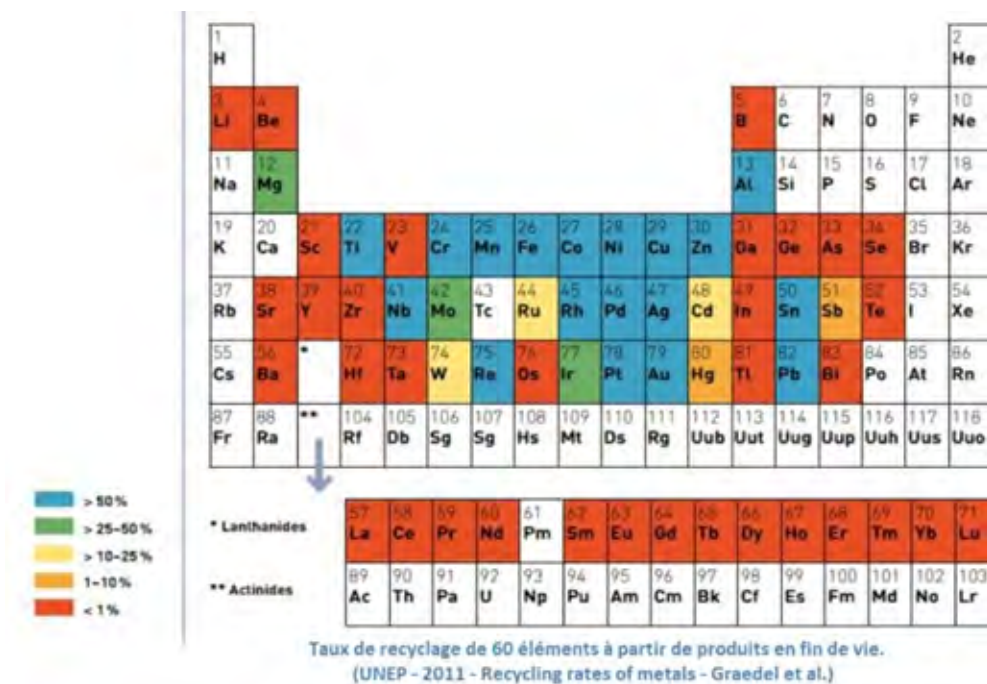
pétrole en Alaska, qui retardent le pic d'une quinzaine d'années ; et, d'autre part, le recours à la technique de fracturation hydraulique, qui interrompt le déclin de la production et réoriente la courbe à la hausse à partir des années 2010.



Le recyclage permettra-t-il d'atténuer le phénomène de raréfaction des ressources minérales ?

Face au phénomène de raréfaction des ressources naturelles, le recyclage est souvent une solution avancée. Mais un certain nombre d'éléments atténuent les effets potentiels du recyclage sur la raréfaction des métaux.

Les taux de recyclage des métaux de base peuvent être particulièrement élevés (de l'ordre de 83 % pour l'acier) ; mais, pour les métaux utilisés en faibles quantités dans divers alliages, les taux sont plus faibles. Certains de ces alliages sont réalisés pour des usages bien spécifiques, avec des dosages précis permettant d'obtenir certaines propriétés recherchées. Il est quasiment impossible d'atteindre les mêmes résultats à partir de matière première recyclée, moins pure.



Une part de la matière est perdue à chaque boucle : par exemple, avec une efficacité théorique de 80 %, il ne reste que 33 % de la matière initiale après 5 cycles de recyclage.

De plus, le recyclage des métaux n'est possible qu'à partir de déchets qui doivent être collectés : les matières consommées dans des usages dispersifs (incorporées dans des produits cosmétiques, par exemple) sont donc perdues. Le traitement de ces déchets doit ensuite être techniquement possible. Certains métaux rares sont utilisés en petites quantités dans de très nombreux petits équipements électroniques (notamment les smartphones), pour lesquels il est difficile d'organiser une filière de recyclage viable.

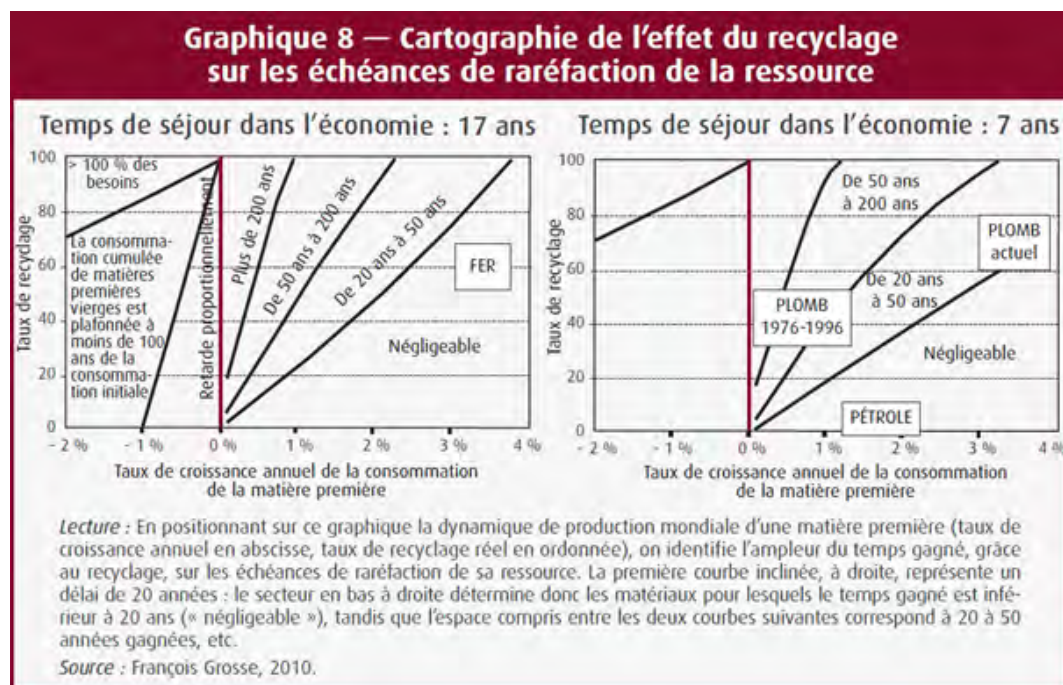
Le recyclage n'offre pas non plus la même souplesse d'adaptation à la demande qu'un gisement naturel. Car, si les déchets issus directement des processus de fabrication (dits « *new scrap* ») peuvent être rapidement réinjectés dans une filière de recyclage, ce n'est pas le cas des déchets issus des biens de consommation ou des constructions (dits « *old scrap* »), qui ne seront disponibles qu'à l'issue des cycles de vie des produits en question, moins prévisibles et qui peuvent être de plusieurs semaines, mois, années, voire décennies pour les bâtiments.

Enfin, et surtout, tous les efforts qui seront faits en matière de recyclage n'auront qu'un effet marginal si les niveaux actuels de croissance de la demande se maintiennent (plus de 3 % par an).

En effet, cette croissance soutenue de la demande impose nécessairement une augmentation des volumes extraits dans une proportion quasiment équivalente. C'est uniquement à des niveaux de croissance faible (moins de 1 %) que le recyclage peut avoir un réel impact.

Si on prend l'exemple de l'acier, qui est l'un des métaux qui se recycle le mieux avec un taux de 83 % (part de l'acier récupérée et introduite dans une filière de recyclage), dans la consommation mondiale d'acier, la part d'acier recyclé à partir de produits en fin de vie ne représente que 16 % de la consommation totale d'acier. 22 % provient des déchets de fabrication et 62 % sont issus de minerais de fer (BIR 2015).

La figure ci-dessous permet de représenter l'effet du taux de croissance de la consommation d'une ressource sur les échéances de raréfaction, en tenant compte du taux de recyclage. Pour le fer, par exemple, si le taux de croissance de la consommation se maintient à 3 %, l'effet du recyclage sera négligeable même avec un taux de recyclage élevé.



Dans un article paru en 2010 dans *Futuribles*, François Grosse explique que, pour enrayer le phénomène de raréfaction des ressources minérales, il faudra deux découplages qui devront s'exercer à l'échelle mondiale :

- Un « découplage fondamental entre développement économique et consommation totale de la matière première, qu'elle soit primaire ou secondaire (vierge ou recyclée) » ;
- Puis un « découplage relatif entre consommation totale de matières premières et consommation de matières vierges, par le développement du recyclage ».

« Le découplage fondamental, c'est faire en sorte que la croissance des consommations de matières premières soit sensiblement inférieure à la croissance de la richesse économique, et s'abaisse tendanciellement au-dessous de 1 % par an. Le découplage relatif, c'est faire en sorte de satisfaire les consommations de matières premières en majorité grâce au recyclage, et subsidiairement grâce aux matières vierges (les minerais). Le second découplage, on l'a montré, n'a aucun impact significatif tant qu'il n'est pas précédé du premier. Le premier, on le verra ci-après, n'a qu'un impact décevant s'il n'est pas suivi du second. En englobant généralement sous un concept unique de découplage toute une palette d'outils, certes pertinents mais juxtaposés sans ordre de priorité, on suggère que les effets de ces outils s'additionneraient, alors qu'ils se multiplient : c'est-à-dire que l'effet du tout est nul ou presque, si l'un des deux découplages est insuffisamment réalisé ».

De nouveaux horizons d'exploration qui n'offrent pas de solutions à court terme

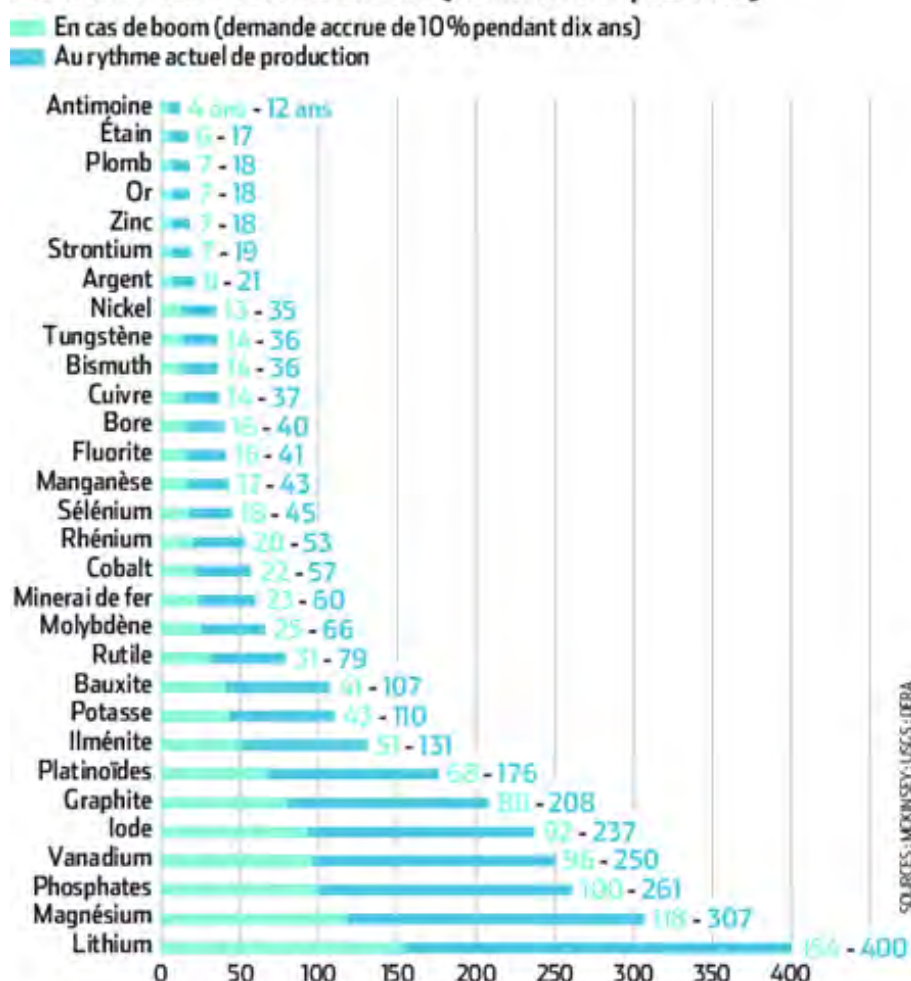
Face à la diminution des réserves et à l'augmentation des prix, des recherches sur de potentielles ressources jusqu'ici inenvisageables sont engagées : zones d'extraction aux conditions climatiques extrêmes, gisements en grandes profondeurs, fonds marins, astéroïdes...

Cependant, les conditions dans lesquelles l'exploitation de ces ressources pourrait modifier les perspectives d'approvisionnement ne sont pas rassemblées aujourd'hui, et ne le seront pas à l'horizon auquel nous nous projetons pour cet exercice. Par exemple, il n'existe qu'un seul cas concret de projet d'exploitation minière offshore, par une société canadienne, concernant l'exploitation de sulfures massifs pour en extraire du cuivre, au large de la Papouasie Nouvelle-Guinée. Il est prévu de démarrer l'exploitation en 2019, mais les ressources totales de ce gisement représentent moins de 1 % de la production annuelle de cuivre actuelle.

Transition énergétique et ressources minérales

L'épuisement annoncé des réserves de pétrole et de gaz conduit à une accentuation des investissements dans les énergies renouvelables. Dans l'état des technologies actuelles, celles-ci induisent des besoins importants de certaines ressources minérales spécifiques.

Durée de vie des réserves rentables (en années d'exploitation)



Les énergies renouvelables posent notamment des problèmes de stockage d'énergie pour pouvoir gérer des besoins de consommation qui sont irréguliers. En effet, parmi les énergies renouvelables, seule l'hydroélectricité est stockable grâce aux barrages. Le développement de l'éolien et du photoélectrique impose donc des avancées en matière de stockage. De même que le développement du marché des véhicules électriques entraîne une forte augmentation de la production de batteries Li-ion.

Aujourd'hui, les systèmes de batterie les plus performants utilisent notamment des ressources minérales, pour lesquelles des questions d'approvisionnement risquent de se poser rapidement : le cobalt et le lithium.

Le lithium est le métal le plus léger et ses caractéristiques physiques en font un excellent conducteur. Cette ressource est relativement abondante, mais peu de gisements présentent un intérêt commercial : la majorité sont trop petits ou pas assez concentrés. Aujourd'hui, 200 kt de lithium sont extraites par an et quatre pays assurent à eux seuls 95 % de la production (Chili, Australie, Chine et Argentine). La satisfaction des besoins à venir pourrait en nécessiter 1400 kt en 2050. Face à ces besoins, les investissements en exploration ont entraîné la découverte de nombreux gisements : entre 2009 et 2011, les réserves ont triplé et les ressources estimées sont passées de 14 à 33 millions de tonnes. Il existe trois sources de lithium : les saumures, les minéraux et l'eau de mer.

Aujourd'hui, l'extraction se fait essentiellement à partir de saumures, car le procédé qui recourt à l'évaporation naturelle est le moins coûteux. Les saumures les plus étendues sont concentrées en Amérique latine (Chili, Bolivie, Argentine...) ainsi qu'en Chine et au Tibet. Le plus grand gisement exploité est le Salar d'Atacama au Chili, qui fournit à lui seul 40 % de la production mondiale. Il existe un gisement encore plus important en Bolivie, le Salar d'Uyuni, mais il n'est pas exploité à ce jour, en raison de considérations géographiques (haute altitude, faible potentiel d'évaporation), techniques (forte concentration de magnésium) et environnementales (site unique et concurrence sur l'usage de l'eau avec les fermes voisines).

L'extraction de lithium à partir de minerais ou d'eau salée en reste pour le moment au stade projet, en raison des coûts plus élevés. Mais l'exploitation de minerais de pegmatites pourrait se développer car ils contiennent, outre du lithium, d'autres éléments rares comme le béryllium, le tantale ou le niobium.

Le lithium est un bon exemple des questions que pose cette variable, notamment la nécessité de prendre en compte de nombreux paramètres : cette ressource ne présente absolument pas de risques d'épuisement, mais les données économiques, géopolitiques et techniques ne mettent pas à l'abri d'un risque de pénurie dans les années à venir.

Le cas du cobalt en est une autre illustration. La fabrication d'une batterie de véhicule électrique peut nécessiter jusqu'à 22 kg de cobalt. Cette industrie en fort développement capte 40 % de la production actuelle, car on en trouve également dans les smartphones. La moitié des réserves connues et de la production actuelle de cobalt est localisée en République Démocratique du Congo (RDC), dont 95 % des recettes d'exportation proviennent de la mine. Le raffinage se fait majoritairement en Chine, mais le prix est fixé à Londres, sur le *London Metal Exchange* (LME), où il a été multiplié par 3,7 en deux ans. La RDC, dont le poids dans la production mondiale va encore augmenter dans les années à venir, a récemment entrepris une modernisation de son code minier, qui pourrait se traduire par une multiplication par 5 de la redevance des compagnies minières étrangères sur le cobalt, qui serait désormais considéré comme un métal « stratégique ». Selon Amnesty International, 20 % du cobalt congolais est extrait à la main, en partie par de jeunes enfants. Cette situation conduit à une réaction du LME, qui demande la mise en place d'une traçabilité éthique ; celle-ci pourrait recourir notamment à la technologie de la *blockchain*.

Ici encore, la question qui se pose n'est pas tant celle d'un épuisement de la ressource que celle des conditions économiques, géopolitiques, éthiques et environnementales qui ne permettront peut-être pas un approvisionnement à la hauteur de la demande.

Hypothèses

Hypothèse 1. Tension sur les marchés

Dans un contexte de maintien des niveaux de croissance actuels de la demande mondiale en ressources minérales et minières, les marchés des minéraux se tendent. Le phénomène de rattrapage des économies occidentales par les pays en plein développement industriel et les investissements dans les énergies renouvelables tirent la demande en minéraux. Les pays détenteurs des réserves tentent d'en tirer le plus grand bénéfice en jouant sur les règles de marché. On observe des augmentations de prix très fortes pour certains minéraux, pouvant provoquer des pénuries plus ou moins durables qui entravent le développement de certains secteurs. Les prix incitent à la recherche de minéraux de substitution et permettent une augmentation des investissements dans les filières de recyclage, ainsi que d'en améliorer les taux sans pour autant parvenir à désamorcer les tensions.

Hypothèse 2. La mineuse universelle

D'importants progrès techniques sont réalisés pour permettre l'exploitation de roche recelant des teneurs très faibles et pour exploiter des gisements dans des conditions extrêmes (Arctique, grandes profondeurs...). Ces techniques très dévastatrices de l'environnement et coûteuses en énergie sont mises en œuvre uniquement par certaines grandes puissances (États-Unis, Russie, Chine), afin de s'assurer un approvisionnement sans être trop dépendants des pays producteurs. Compte tenu de leur coût de production, ces minéraux sont dédiés uniquement à des usages jugés stratégiques par ces États. En parallèle de ces avancées techniques, qui éloignent l'échéance d'un épuisement total des ressources, les grandes puissances ne freinent pas leur consommation de matières premières.

Hypothèse 3. Le double découplage

Le développement de l'économie d'usage et de partage, ainsi que certaines avancées techniques (notamment des substitutions significatives), permettent de découpler croissance économique et extractions de matières premières minérales. Ces évolutions sont portées par des politiques publiques qui encouragent l'économie circulaire et la réduction du recours à ces ressources. Dans ce contexte, les investissements dans le développement de filières de recyclage plus efficaces augmentent et portent leurs fruits

en permettant de réduire les risques de pénuries.

Hypothèse 4. Une Europe qui se démarque du reste du monde

Les choix politiques et industriels opérés en Europe en raison des difficultés d'approvisionnement et sous pression de la société civile pour une gestion plus durable des ressources, conduisent à limiter le recours aux matières premières minérales importées. Il s'agit de réduire la dépendance économique vis-à-vis de ces ressources largement importées, et de faire notamment face à des phénomènes de pénuries de métaux rares orchestrées par la Chine. L'effet sur le tissu économique est fort, certaines filières sont très impactées et font l'objet de mutations profondes. Dans ce contexte, des progrès importants sont réalisés en matière de recyclage et de substitution. Dans les autres régions du globe, l'extraction massive de minéraux se poursuit et les tensions géopolitiques qui y sont associées se multiplient.

En fin de période, après les crises liées à sa mutation industrielle, l'Europe se retrouve relativement épargnée par les phénomènes de pénuries de matières premières minérales. De plus, elle se retrouve en position favorable pour exporter les solutions technologiques qu'elle aura développées pour réduire la dépendance aux minéraux.

Bibliographie

- « Le découplage croissance / matières premières », François Grosse, *Futuribles* n°365, juillet-août 2010.
- « Le grand pillage » (rapport adressé au Club de Rome), Ugo Bardi, *Les petits matins*, 2015.
- « L'épuisement des métaux et minéraux : faut-il s'inquiéter ? », Alain Geldron, Fiche technique ADEME, juin 2017.
- « The growing role of minerals and metals for a low carbon future », *World Bank Publications*, juin 2017.
- « La guerre des métaux rares », Guillaume Pitron, *Les liens qui libèrent*, 2018.

Biomasse

Louis Laurent, INRS

Définition

La biomasse représente la matière organique d'origine végétale ou animale. Elle suit un trajet parfois très complexe entre sa « naissance » et son retour à l'environnement. Au niveau mondial, on estime qu'elle représente 550 milliards de tonnes de carbone⁷³. Environ 2 % de cette masse sont produits annuellement par l'Homme, pour se nourrir et produire de l'énergie ou des matériaux⁷⁴. Pour décrire l'économie fondée sur ces flux de matière, on parle de bioéconomie. La bioéconomie est circulaire quand le retour de la biomasse à l'environnement se fait dans des conditions telles, qu'elle est recyclée pour donner, à terme, naissance à de la nouvelle biomasse. Ce cycle s'accompagne de transformations produisant de la valeur ajoutée (nourriture, énergie, matériaux, molécules biosourcées, services environnementaux).

En France, les flux se mesurent en centaines de millions de tonnes par an. L'activité économique liée au traitement de cette biomasse est importante, car elle englobe l'agroalimentaire, la chimie verte, et la production d'énergie. On estime que cette activité représente près de 1,9 millions d'emplois et 300 milliards d'euros de chiffre d'affaires⁷⁵.

Indicateurs

La « circularisation » des flux de biomasse est déjà réalisée en grande partie dans le monde de l'agro-alimentaire. Les enjeux pour le futur sont surtout la récupération des déchets organiques non agricoles et la création de plus de valeur. À ces deux enjeux, on

73 Source : Yinon M. Bar-On, Rob Phillips et Ron Milo. "The biomass distribution on Earth" <http://www.pnas.org/content/pnas/early/2018/05/15/1711842115.full.pdf>

74 Source : Stefan Wirsenius. "Global use of agriculture biomass for food and non food puposes : current situation and future outlook" <http://www.sp.se/sv/units/risebiovet/fb/network/traditionalgrains/Documents/Wirsenius.pdf>

75 Source : « Dynamique de l'emploi dans les filières bioéconomiques », Rapport CGAER, avril 2016 <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/164000372.pdf>

peut associer deux indicateurs :

- La capacité de valorisation des déchets organiques non agricoles

Selon l'ADEME⁷⁶, les services publics collectent annuellement 20 millions de tonnes de déchets organiques (ordures ménagères, déchets verts, papier, etc.). Ceux-ci, plus d'autres déchets organiques issus d'entreprises, sont envoyés dans des installations de traitement des ordures ménagères, mêlées à d'autres déchets. Globalement, ces installations gèrent chaque année 53 millions de tonnes de déchets. L'un des indicateurs est leur capacité à valoriser les déchets organiques par compostage, c'est-à-dire que les déchets retournent à la terre, ou par méthanisation.

	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Déchets compostés	3,8	4,0	4,6	5,1	5,3	6,2	7,2	8,4
Déchets méthanisés	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,5	0,6	0,9

Tableau 1. L'évolution des modes de valorisation des biodéchets dans les ordures ménagères (en millions de tonnes).

Source : Rapport de l'ADEME « Déchets, chiffres clés 2016 ».

- La production de produits chimiques bio-sourcés

Selon une étude du cabinet ALCIMED pour l'ADEME sur des chiffres de 2012⁷⁷, cette production (hors biocarburants) est d'environ 1,5 million de tonnes – production qui consomme 1,2 % de la surface agricole utile.

		2005		2012	
		Volume consommé	Pourcentage de biosourcé	Volume consommé	Pourcentage de biosourcé
Produits simples :	Résines	6700	0,15 %	5040	0,8 %
	Solvants	700	1 %	600	5,8 %
	Tensio-actifs	400	27,5 %	400	30 %
Produits formulés :	Composites	85	5,8 %	300	9,6 %
	Encres	95	10,5 %	94	23,4 %
	Lubrifiants	750	0,13 %	580	11,2 %
	Peintures	950	1,6 %	950	2,4 %
	Plastiques	6700	0,14 %	4300	1 %

Tableau 2. Évolution entre 2005 et 2012 de la consommation des produits simples et formulés par les secteurs de la chimie et des matériaux, en volume et en taux de pénétration des produits bio (sources selon l'étude du cabinet ALCIMED). Les volumes consommés sont en milliers de tonnes.

⁷⁶ Source : Rapport de l'ADEME « Déchets, chiffres clés 2016 », <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/dechets-chiffres-cles-edition-2016-8813.pdf>

⁷⁷ Marchés actuels des produits biosourcés et évolutions à horizons 2020 et 2030 ; http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/2015_ademe-etude-marches-produits-biosources-synthese.pdf

Rétrospective

Des origines lointaines

L'utilisation de la biomasse par l'Homme remonte à l'Antiquité, beaucoup des matériaux utilisés jusqu'au début du XX^e siècle étant des biomatériaux (bois, fibres, cuir, papier). De même, les biodéchets sont naturellement recyclés dans l'environnement depuis des siècles. Des utilisations nouvelles de la biomasse se développent dès la fin du XIX^e siècle, à la suite des travaux de Pasteur et, au début du XX^e siècle, naît une industrie visant à transformer la biomasse non seulement en produits alimentaires, mais également en substances chimiques, comme l'acétone. Toutefois, cette bioéconomie avant l'heure ne progresse pas, l'industrie chimique étant souvent moins chère et le pétrole abondant. Ainsi, la production mondiale de matières plastiques croît, de presque rien dans les années 1950, à plus de 320 millions de tonnes en 2015⁷⁸.

Dans les années 1970, le concept de bioéconomie naît sous l'influence de personnalités, comme l'économiste américain Nicholas Georgescu-Roegen. C'est à l'époque un concept multiforme : il s'agit alors de comparer le fonctionnement de l'économie à celui du vivant ou à la thermodynamique, mais aussi de mettre en avant les interdépendances entre économie et environnement. Ces idées entrent en résonance avec d'autres évolutions. Tout d'abord, les préoccupations croissantes en matière de développement durable, qui remettent la biomasse sur le devant de la scène en tant que ressource ; et, d'autre part, l'essor de la biologie, qui ouvre des perspectives considérables en matière d'applications. Ainsi, Janez Potocnik, alors commissaire européen chargé de la recherche, déclarait dans le discours d'ouverture d'un colloque dédié au sujet en 2005 : « Mais la bioéconomie ne devrait pas être perçue comme un concept dépassé, la « soupe primordiale » de laquelle l'économie moderne a émergé. Elle est l'un des concepts à l'avant-garde d'une économie du XXI^e siècle, fondée sur la connaissance ».

2000 : OCDE et Europe. L'émergence d'un concept « win win »

Au niveau institutionnel, à la fin des années 2000, on parle de plus en plus de bioéconomie. Le document souvent cité comme fondateur est le rapport de l'OCDE publié en mai 2009 : « La bioéconomie à l'horizon 2030 : quel programme d'action ? »⁷⁹.

78 <http://www.plasticseurope.fr/centre-dinformations/salle-de-presse/communiqués-de-presse-2016/24-05-16---cp-matieres-plastiques-en-europe-et-en-france-2015-une-embellie-qui-ne-leve-pas-les-incertitudes.aspx>

79 <http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/42837897.pdf>. On retrouve également des idées très proches dans l'article : « La bioéconomie aujourd'hui et ses perspectives de développement » par Frederic Sgard et Yuko Harayama de l'OCDE, dans le numéro de février 2013 de Réalités Industrielles. <https://www.cairn.info/revue-realites-industrielles1-2013-1-page-5.htm>

La vision défendue dans ce texte peut se résumer par la citation tirée du résumé en Français⁸⁰ : « L'application de ces biotechnologies à la production primaire, à la santé et à l'industrie est susceptible de donner naissance à une bioéconomie, c'est-à-dire à un système dans lequel les biotechnologies assureront une part substantielle de la production économique ». Elle implique l'essor des biotechnologies (amélioration des végétaux et du cheptel, nouveaux médicaments, chimie verte), qui allieraient croissance économique et contributions à la prise en compte des grands défis sociétaux du futur en termes d'alimentation, d'environnement et de santé. Ce rapport traite également de facteurs pouvant impacter le futur de la bioéconomie : un monde plus multipolaire, des questions de compétitivité économique, d'action publique, la réglementation, l'acceptation de certaines applications... Il conclut sur la nécessité d'une stratégie coordonnée pour favoriser le développement de la bioéconomie :

- Préparer les fondements d'un développement long terme de la bioéconomie ;
- Ne plus négliger son impact dans les secteurs agricoles et les biotechnologies ;
- Se préparer à une révolution coûteuse mais bénéfique dans le secteur de la santé ;
- Transformer le potentiel disruptif des biotechnologies en avantage économique ;
- Réduire les barrières contre l'innovation des biotechnologies :
- Promouvoir les liens entre recherche et applications commerciales ;
- Établir un dialogue entre les parties prenantes (gouvernement, citoyens et firmes).

Point notable, ce rapport est très orienté vers les ruptures technologiques et les bienfaits associés, et ne traite que peu de la disponibilité de la biomasse elle-même et de possibles conflits d'usages.

Dans la foulée de la stratégie de Lisbonne, l'Europe s'est également emparée du sujet sous le vocable KBBE (*knowledge based on bioeconomy*, soit « bioéconomie fondée sur la connaissance »). En 2005, un colloque est organisé à Bruxelles, lors duquel diverses facettes de la bioéconomie sont explorées, de la sécurité alimentaire à la biologie de synthèse. En février 2012, la commission décrit sa vision dans une communication au Parlement européen, intitulée : « L'innovation au service d'une croissance durable : une bioéconomie pour l'Europe »⁸¹. Si le titre de cette communication semble reprendre la vision d'innovation de l'OCDE, elle apporte des nuances. Notamment, la préoccupation de la durabilité est très présente : limiter la pression sur l'environnement, le défi de l'alimentation, diminuer la dépendance en ressources fossiles, limiter l'émission de gaz à effets de serre, recycler les déchets... La question de la quantité finie de la biomasse disponible est clairement exprimée. La dimension de l'innovation et de la création d'emplois est également très présente. Il est souligné que le concept de bioéconomie a ceci d'intéressant qu'il recouvre divers secteurs potentiellement concurrents : production de biomasse, transformation, prise en compte des déchets, bioproduits, bioénergies. La bioéconomie est donc un concept qui permet d'élaborer une stratégie plus globale, permettant de gérer des contradictions. Cette approche est principalement intégrée dans le défi sociétal 2 du programme H2020 : « Sécurité alimentaire, Agriculture et Foresterie durables, Recherches marines, maritimes et sur les eaux continentales et Bioéconomie ». Dans ce même laps de temps, divers Etats membres développent une réflexion propre sur la question.

80 Tirée de <http://www.oecd.org/prospective/defistechnologiquesetsocialesalong-terme/labioeconomiealhorizon2030quelprogrammedaction.htm>

81 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0060:FIN:FR:PDF>

En France, l'émergence d'une vision intégratrice

En France, il existe de nombreuses initiatives que l'on peut regrouper comme un ensemble d'actions en faveur du développement d'une bioéconomie. Dans son avis « Vers une bioéconomie durable »⁸² d'avril 2017, le Conseil économique social et environnemental en fait un inventaire :

- Plan biocarburants (2004) ;
- Plan stratégique chimie du végétal et biomatériaux (2007) ;
- Plan national d'action pour les énergies renouvelables (2010) ;
- Plan d'actions déchets (2009-2012) ;
- Plan énergie méthanisation autonomie azote (2013) ;
- Plan national d'action pour l'avenir des industries de transformation du bois (2013) ;
- Plan d'action avancées et perspectives des filières des matériaux de construction biosourcés (2013) ;
- Des actions en matière de recherche et d'innovation financées par l'ANR, l'ADEME et BPI France, notamment dans le domaine de la chimie du végétal.

De manière plus générale, la stratégie nationale de recherche « France Europe 2020 »⁸³ mentionne la bioéconomie dans l'un des dix défis sociétaux, « Sécurité alimentaire et défi démographique », et dans l'un de ses cinq programmes d'action, « Biologie des systèmes et applications ». Dans le domaine de l'innovation en bioéconomie, on peut également citer le pôle de compétitivité Industries & Agro-Ressources (IAR), situé en région champenoise.

En 2017 émerge en France la notion d'une stratégie de bioéconomie plus globale⁸⁴ (rejoignant en cela l'avis du CESE, qui appelle à une vision d'ensemble). La bioéconomie est en effet mentionnée comme un tout, qui prend en compte divers milieux (agriculture, mer, forêt) et différents modes de valorisation (agroalimentaire, forêt et bois, chimie et matériaux, bioénergie, gestion des déchets).

Cette même année 2017, la bioéconomie a fait l'objet de débats lors des ateliers généraux de l'alimentation. L'un de ces ateliers traitait explicitement d'économie circulaire de la biomasse, l'objectif étant clairement de répondre à la question : « Comment créer de la valeur ? » Il a permis d'aborder de nombreux aspects opérationnels de la bioéconomie. Lors des débats, on a pu noter des points clés pour l'évolution de la bioéconomie en France et, on peut l'extrapoler, en Europe, ainsi que dans d'autres secteurs de l'économie circulaire.

82 « Vers une bioéconomie durable », Jean David Abel et Marc Blanc, mars 2017. www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2017/2017_08_bioeconomie_durable.pdf

83 <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid86688/strategie-nationale-recherche-france-europe-2020.html>

84 « Une stratégie bioéconomie pour la France », Ministère de l'agriculture, 2017. <http://agriculture.gouv.fr/telecharger/83956?token=5ca0471bff3ee2b0224510d28274e95f>

La manière de tirer la valeur de la biomasse

Il faut promouvoir une approche en cascade pour en tirer le maximum de valeur (alimentation humaine, alimentation animale, chimie, matériaux de production d'énergie, épandage), dont on peut espérer qu'elle sera régulée par le marché. C'est ce qui se dessine avec la montée en puissance d'écosystèmes d'usines – les unes se nourrissant des déchets des autres – et de la méthanisation des biodéchets. Se pose toutefois la question de la rémunération des services environnementaux associés à l'usage de la biomasse⁸⁵, que le marché seul ne peut traiter. Les agriculteurs sont un point d'ancrage particulier, car ils peuvent tirer de la valeur de la bioéconomie (économie de fertilisant, revenus d'appoints d'un méthaniseur) mais sont également des fournisseurs de services, notamment la réception des biodéchets ultimes pour épandage.

La logistique est un point crucial si la biomasse doit être mobilisable à des coûts économiques et environnementaux acceptables, donc avec peu de trajets. Il s'agit d'encourager les approches type « écologie industrielle » avec une vision très « interfilière », afin de valoriser au maximum les déchets, les coproduits et l'énergie. Parmi les acteurs clés : les collectivités territoriales, des établissements producteurs comme la restauration collective, des acteurs privés (par exemple des bioraffineries) et les agriculteurs, incontournables pour l'épandage des déchets. Cette logique territoriale a des limites, comme celle due au déséquilibre des régions d'élevage (très productrices de biodéchets) et de culture (consommatrices), ainsi que la nécessité, dans certains cas, de traitement à grande échelle pour assurer la rentabilité d'une installation.

Divers freins ont été évoqués

- La réglementation et les normes pour réguler le commerce, avec parfois des demandes contradictoires (sécurisation des acteurs avec des règles claires mais limitation de la bureaucratie) ;
- L'acceptabilité : la biomasse est perçue comme sale, parfois associée à des nuisances. Cela impacte aussi bien le tri des biodéchets par les particuliers que la perception d'une installation par les riverains. Ce point est à moduler par les particularités culturelles des pays ;
- La logistique pour les très petites quantités (les déchets alimentaires des ménages, les plastiques compostables) peut être difficile à organiser ;
- Des risques sanitaires (agents pathogènes) et/ou d'endommagement des sols (épandage de matières polluées). Cela va avec la question de la confiance dans ces échanges de biodéchets, ce qui milite vers une dimension territoriale.

L'opposition de visions productivistes et écologiques

On peut voir l'usage de la biomasse comme une stratégie « win-win », alliant croissance du PIB et préoccupations environnementales. Dans la pratique, il existe chez les acteurs des visions favorisant plus un aspect ou l'autre. D'un côté, une vision écologique de la biomasse mettant l'accent sur le local, la sobriété et les services écosystémiques (proche de

⁸⁵ Parmi ces services : minimiser l'usage d'intrants minéraux (phosphates ou azotes), absence de déchets, épandage en fin de cascade rendant l'économie circulaire, ou enrichissement du sol en carbone. Lié à l'initiative « 4 pour 1000 », qui part du constat que ce chiffre est l'accroissement du taux de carbone dans les sols qui contrebalancerait les émissions de CO₂.

l'agriculture bio, de la micro-méthanisation), de l'autre une vision qu'on pourrait qualifier de bioéconomie intensive, visant à tirer le maximum des écosystèmes afin de produire. Un tel débat existe par exemple au sujet des biocarburants.

Les biocarburants

Il s'agit de convertir de la biomasse végétale en carburant, par des procédés physiques, chimiques ou biologiques. Le rendement des cultures et de cette conversion plante-carburant varie en fonction des espèces récoltées... et des hypothèses qui ont servi à le calculer. Il est de l'ordre de 1 à 5 tep/ha⁸⁶. On distingue trois générations de biocarburants :

- La première, obtenue à partir de plantes à usage alimentaire (céréales, colza, betteraves...) dont on extrait – suivant le cas – des sucres ou des lipides. Elle fournit les biocarburants actuels ;
- La seconde, qui utilise de la biomasse à usage non alimentaire (résidus forestiers, paille, déchets organiques, plantes non alimentaires). On en est au niveau des pilotes industriels. Le gisement national utilisable pour la production de biocarburants de ce type est estimé à 5-15 millions de tonnes d'équivalent pétrole par an ;
- La troisième, qui fait appel à des micro-organismes (par exemple, des microalgues). Le rendement attendu (en termes de litres de carburant produits par unité de surface) pourrait être meilleur. Elle en est au stade de la recherche.

L'usage des biocarburants n'accumule pas de gaz carbonique dans l'atmosphère : celui-ci étant refixé dans les plantes, c'est d'une certaine manière une économie circulaire du carbone. Il constitue également une alternative aux énergies fossiles qui finiront par se raréfier. Toutefois, il s'agit de manipuler des tonnages importants, donc des surfaces conséquentes. Pour fixer les idées, en France, le secteur des transports consomme annuellement 50 millions de tep, c'est-à-dire qu'il faudrait, pour reposer à 100 % sur la biomasse, des surfaces du même ordre de grandeur que la surface cultivée. En pratique, on consomme annuellement en France un peu plus de 3 millions tep de biocarburants. Les effets négatifs d'une part trop importante de biocarburants ont été soulignés par diverses ONG : augmentation du prix des cultures alimentaires, pratiques de déforestation massives, pertes de la biodiversité. Un exemple emblématique, très discuté en 2018, est celui de l'huile de palme, dont la production intensive endommage les écosystèmes des pays producteurs.

On estime que la biomasse cultivée au niveau planétaire, à usage principalement alimentaire, représente un équivalent énergie de 5 milliards de tep par an⁸⁷. Si on compare aux 10 milliards de tep consommées par l'usage des combustibles fossiles, on se rend compte qu'il sera difficile de remplacer la totalité des combustibles fossiles par de la biomasse.

Au niveau européen, on a tout d'abord perçu les aspects positifs des biocarburants. Ainsi, la directive 2009/28/CE fixe aux États l'objectif, pour 2020, d'incorporer 10 % de produits issus de la biomasse dans les carburants. Puis, le débat s'est instauré autour de visions variées : défense du secteur économique pour les producteurs d'agrocarburants, limitation

⁸⁶ Tonne d'équivalent pétrole. 1 tep = 42 gigajoules = 11 600 kWh. De quoi faire rouler une automobile 20 000 km.

⁸⁷ Stefan Wirsenius op. cit.

des rejets de carbone, considérations environnementales en Europe et dans des pays tiers quand la biomasse est importée... Ces débats ont impacté l'objectif global du volume de carburants renouvelables à intégrer dans le secteur des transports. On a introduit un plafond sur la proportion de carburants de première génération autorisée et, à terme, l'interdiction de l'usage de l'huile de palme. En particulier, la directive 2015/1513 mentionne que la part des agrocarburants de première génération ne devra pas dépasser les 7 %. On encourage également l'introduction des carburants de seconde génération.

Tendance à faire du circulaire

En France, les sources de biodéchets sont principalement^{88,89} :

- Les déchets issus de l'élevage, de l'ordre de 115 millions de tonnes, répandues sur les sols agricoles (après compostage ou méthanisation pour 5 % de la masse) ;
- Les déchets issus de « gros producteurs » (industries, marchés, restauration...), avec 21 millions de tonnes ;
- Les déchets organiques des petits producteurs y compris les ménages, collectés par le service public, avec 20 millions de tonnes. Ils consistent en trois catégories de tonnages proches : déchets putrescibles, papier/carton et déchets verts.

La biomasse est depuis longtemps un modèle d'économie quasi-circulaire. En effet, les déchets issus de la ferme sont presque entièrement épandus. L'État agit pour que l'on approche progressivement un recyclage de 100 % des biodéchets. Depuis 2012, les gros producteurs de biodéchets (au-dessus de 120 tonnes/an en 2012, le seuil ayant été baissé à 10 tonnes/an en 2016) ont obligation de les séparer et de les valoriser sous forme de biogaz et de compost. Étape suivante, la loi de transition énergétique pour la croissance verte prévoit que le tri concernerait également les ordures ménagères, la date fixée étant en 2025⁹⁰. Sous l'impulsion de l'ADEME⁹¹, une réflexion est en cours au niveau des collectivités, dans des contextes très hétérogènes, sur la manière de procéder (collecte séparée, « chalets de compostages », micro-méthanisation, sensibilisation de l'utilisateur...).

Même si les biodéchets contenus dans les ordures ménagères représentent quelques millions de tonnes, un chiffre faible par rapport à la masse totale de la biomasse (> 100 millions de tonnes), c'est la collecte de cette partie très diffuse qui est l'enjeu en termes de réduction des déchets. Les raisons avancées par l'État sont multiples : limitation des volumes de déchets, limitation des émissions de gaz à effets de serre (méthane et dioxyde de carbone), lutte contre l'appauvrissement des sols, économie d'engrais minéraux... C'est aussi une forme d'économie circulaire : le carbone des biens n'ayant pas été recyclés directement est recyclé en biomasse via l'environnement.

Un autre intérêt de cette évolution pourrait être la promotion de l'usage des bioplastiques.

88 Source : Expertise collective INRA-CNRS-IRSTEA : « Valorisation des matières fertilisantes d'origines résiduelles sur les sols à usage agricole et forestier », <https://www6.paris.inra.fr/depe/Media/Fichier/Expertises/Mafor/synthese-janv-2015>

89 Source : « Déchets chiffres-clés, Édition 2016 », ADEME op. cit.

90 Source : <https://www.ecologique-solaire.gouv.fr/biodechets>

91 « Collectivités. Comment réussir la mise en œuvre du tri à la source des biodéchets ? ». ADEME, avril 2017 <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/recommandations-tri-a-la-source-biodechets-2017.pdf>

Ces matériaux peuvent, pour un certain nombre d'usages, remplacer les matières plastiques, qui polluent durablement l'environnement. Toutefois, les bioplastiques doivent être compostés après usage, donc être pris en compte dans une filière biodéchets. Ce serait d'autant plus facile si cette filière existait au niveau des particuliers.

À cette tendance à la « circularisation » des flux de biodéchets résiduels (qui sont déjà très élevés puisque la plus grosse fraction, les déchets agricoles, est épandue) s'ajoute surtout la volonté de ne pas se contenter de les éliminer, mais aussi de les valoriser selon un modèle en cascade, ne serait-ce que pour financer le surcoût de leur traitement. On peut citer :

- La lutte contre le gaspillage alimentaire ;
- Des écosystèmes d'industries échangeant des coproduits, souvent avec une forte dimension territoriale, notamment dans l'agroalimentaire ;
- Des installations de méthanisation pour produire de l'énergie.

Cette tendance existe dans d'autres pays européens (Allemagne, Suisse, Autriche, Italie...).

L'agriculture urbaine

Depuis l'ère industrielle, on a assisté à une fuite de la biomasse vers la campagne, celle en ville ayant le statut de « déchets ».

On observe des initiatives variées réintroduisant des cultures ou des élevages dans les villes. Cela va de petits potagers sur le toit d'un immeuble à des bâtiments *high-tech* de plusieurs étages, comme la ferme verticale Sky Greens, inaugurée à Singapour. Pour citer un exemple français, la société Agricoool⁹² commercialise des fruits et légumes cultivés en ville dans des containers.

Les objectifs peuvent être variés, selon la zone géographique et les acteurs :

- Production, malgré la pénurie de surfaces cultivables dans le pays, comme à Singapour ;
- Autosuffisance individuelle dans les pays les plus pauvres ;
- Économie, avec l'émergence de *start-up* visant à commercialiser des produits plus frais, car locaux et sans pesticides ;
- Amélioration du cadre de vie, lien social, insertion professionnelle.

Il existe différentes interrogations quant au devenir de ces filières, notamment en termes de volume de production. Tout dépendra de considérations économiques (le prix du terrain en ville, le coût de l'énergie – notamment de l'éclairage –, le cours des produits sur le marché...), et des goûts des consommateurs pour ces produits qui ont des caractéristiques nouvelles. Ils sont à la fois plus sains (pas de pesticides) mais moins « naturels » (ils ne voient ni le soleil, ni le sol), des avantages ou inconvénients perçus par les riverains (amélioration du cadre de vie ou nuisances, services écologiques).

Il est probable que les résultats de ces équilibres subtils dépendront des contextes locaux⁹³. À terme, on peut imaginer des scénarios dans lesquels ce type d'agriculture permettra de recycler localement une partie des biodéchets urbains.

⁹² <https://agricool.co/>

⁹³ Pour plus de détails sur le contexte national, voir rapport ADEME de décembre 2017 : « Agriculture urbaine : quels enjeux de durabilité ? », https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/agriculture_urbaine.pdf

Hypothèses

Avec l'analyse des tendances actuelles, on ne peut que présager l'instauration d'une économie quasi-circulaire de la biomasse. On peut toutefois imaginer des futurs contrastés.

Hypothèse 1. Une bioéconomie intensive

La bioéconomie est principalement tirée par les lois du marché. Certains secteurs à hautes valeurs ajoutées se détachent du fait d'innovations technologiques, mais aussi des mesures visant à lutter contre le réchauffement climatique. La biomasse devient une matière première de plus en plus convoitée, à tel point que sa valeur augmente et que des tensions apparaissent sur son usage, en particulier celui alimentaire. Les conséquences en sont les suivantes :

- Intensification des cultures et des échanges mondiaux pour augmenter la production de biomasse dans des conditions non durables (recours massifs aux engrais minéraux, pratiques d'épandages limités, dégradation des sols trop sollicités, perte de biodiversité...);
- Cela se fait au détriment du recyclage des déchets, certaines utilisations à petite échelle s'avérant non rentables (micro-méthanisation, déchets ménagers...);
- Dans un tel scénario, la bioéconomie contribue à la hausse du PIB. On peut imaginer une augmentation du tonnage de produits biosourcés et des emplois, en particulier dans des entreprises de taille significative, mais une dégradation du taux de recyclage des biodéchets.

Hypothèse 2. Une bioéconomie écologique

La bioéconomie est régulée par la puissance publique qui tente d'intégrer au mieux la valeur des services écologiques, *via* des taxes accrues sur l'enlèvement des déchets ou les hydrocarbures, et des aides tous azimuts pour favoriser leur recyclage. D'autre part, elle organise les flux de biomasse à l'échelle des territoires. Si la création de valeur est encouragée dans le secteur de la chimie végétale, l'accent est davantage mis sur la sobriété et le recyclage. Les conséquences en sont les suivantes :

- La stabilité de la production agricole, avec des efforts pour limiter la masse des intrants minéraux. Cela se traduit en particulier par une meilleure organisation des productions agricoles au niveau national. L'État met en place des dispositifs pour mieux rémunérer les services écologiques rendus par l'agriculture, comme l'enrichissement du sol en carbone ;
- La priorité est à la sobriété et au recyclage des déchets, avec l'organisation de la logistique au niveau des territoires, et la mise en place de petites unités de traitement des déchets ;
- La bioéconomie vise à améliorer l'environnement. L'augmentation du tonnage de produits biosourcés est modérée, mais ils représentent une part croissante de marché.

Hypothèse 3. Une bioéconomie repoussoir

L'essor de la bioéconomie s'accompagne d'un impact de plus en plus concret pour le citoyen, avec l'obligation de tri de biodéchets perçus comme sales, des cas fréquents de proximité d'installations ou de stockage, ou des rotations accrues de camions. De même, des incidents sanitaires, l'augmentation des populations de rats ou des incidents de contamination de champs contribuent à donner mauvaise presse aux pratiques de recyclage de la biomasse. Les acteurs s'organisent pour que cette bioéconomie soit la plus invisible possible :

- L'État multiplie les actions de sensibilisation, d'éducation... et les incitations fiscales, pour que le citoyen participe ;
- L'industrie des déchets s'organise pour pallier le manque de tri des déchets en amont. Elle multiplie les technologies de tri en aval (robotique, IA) pour essayer de tirer au mieux la valeur des déchets. Elle implante ses installations à l'écart ;
- Éventuellement, des flux transfrontaliers de biodéchets s'organisent pour traiter là où c'est mieux accepté.

Économie numérique (technologies de l'information et de la communication)

Rémy Le Moigne, Gate C

Définition

Les technologies de l'information et de la communication désignent l'ensemble des matériels, logiciels et services utilisés pour la collecte, le traitement et la transmission de l'information.

Le secteur des technologies de l'information et de la communication, couramment appelé « économie numérique », regroupe quatre catégories d'acteurs⁹⁴ :

- Les entreprises des secteurs producteurs des TIC, dont les activités s'exercent dans les domaines de l'informatique, des télécommunications et de l'électronique ;
- Les entreprises dont l'existence est liée à l'émergence des TIC (services en ligne, jeux vidéo, e-commerce, médias, contenus en ligne...) ;
- Les entreprises qui utilisent les TIC dans leur activité et gagnent en productivité grâce à elles (banques, assurances, automobile, aéronautique, distribution, administration et tourisme) ;
- Les particuliers et les ménages qui utilisent les TIC dans leurs activités quotidiennes, pour les loisirs, la culture, la santé, l'éducation, la banque, les réseaux sociaux...

Indicateurs

- Part de l'économie numérique dans l'économie globale ;
- Volume de données numériques ;
- Nombre de giga-octets stockés pour le coût d'un euro ;
- Nombre d'équipements connectés à Internet.

94 Observatoire du numérique

Rétrospective et situation actuelle

Les tendances émergentes sont indiquées en italique.

Une multiplication des technologies numériques

Les technologies numériques se sont multipliées ces dernières décennies. Cette multiplication s'explique par l'augmentation continue des capacités de stockage, de traitement et de transmission de l'information. En 1965, Gordon Moore, le co-fondateur d'Intel, énonçait une prévision selon laquelle l'informatique allait augmenter en puissance et diminuer en coût, de façon exponentielle. Cette prévision s'est révélée valide pendant 50 ans. La vitesse de calcul des super-ordinateurs, le nombre de micro-processeurs par puce, le nombre de giga-octets stockés pour un coût d'un dollar ou encore l'efficacité énergétique des supercalculateurs ont augmenté de façon exponentielle pendant environ 40 ans⁹⁵.

La multiplication s'explique également par la combinaison des technologies entre elles, qui a permis l'essor de nouvelles technologies. Par exemple, l'Internet et les smartphones ont permis l'émergence des plateformes en ligne. L'Internet des objets s'est développé grâce au *cloud computing* et aux capteurs à bas coût.

Des technologies accessibles au plus grand nombre

Les ordinateurs ont augmenté en puissance et diminué en taille et en coût, faisant émerger chaque décennie une nouvelle famille d'ordinateurs : ordinateurs centraux dans les années 60, mini ordinateurs dans les années 70, ordinateurs personnels dans les années 80, ordinateurs portables dans les années 90, smartphones dans les années 2000 et processeurs embarqués dans les années 2010⁹⁶. Chaque nouvelle classe de machines a vu croître son nombre d'utilisateurs. Il y avait 100 000 ordinateurs centraux, 10 millions de stations de travail, 1,5 milliards d'ordinateurs personnels et près de 5 milliards de téléphones mobiles (dont 2,5 milliards de smartphones)⁹⁷.

Si l'évolution du *hardware* a facilité l'accès aux nouvelles technologies, celle du *software* en a facilité l'usage. Progressivement, les interfaces homme-machine ont évolué pour devenir plus faciles à utiliser : ligne de commande, interface graphique (fenêtres et souris), écran tactile et, aujourd'hui, interface conversationnelle.

L'amélioration de la performance des interfaces conversationnelles (comme Siri, Cortana et surtout DuEr de Baidu) permet de s'affranchir de l'apprentissage d'une nouvelle interface pour chaque nouvel équipement⁹⁸. La réalité augmentée fait également son apparition pour quelques applications de niche.

Les technologies de communication sont également accessibles au plus grand nombre. Les performances des réseaux de communication s'améliorent en faveur du déploiement de la fibre et de la 4G (et de la 5G demain), tandis que les prix baissent, en particulier

95 « The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies », Brynjolfsson, Erik, McAfee, Andrew (2014)

96 « The chips are down for Moore's law », Mitchell Waldrop, Nature (2016)

97 « Mobile is eating the world », Andriessen Horowitz (2016)

98 « 10 Breakthrough Technologies 2016 », MIT Technology Review

pour les services mobiles. En 2007, seuls 500 millions d'habitants avaient accès à la 3G, contre environ 6 milliards en 2016⁹⁹.

Ainsi, un grand nombre d'habitants ont accès à de nouvelles technologies, mais aussi aux services qu'elles supportent. Par exemple, près de 300 millions d'habitants d'Afrique subsaharienne possèdent un compte de paiement par téléphone mobile¹⁰⁰.

Une croissance exponentielle du volume des données

Pendant longtemps, seules les données structurées sous forme de texte étaient traitées par les ordinateurs. Elles étaient stockées et traitées à l'aide, par exemple, de systèmes de gestion de base de données.

Avec la multiplication des sources de données (capteurs, imagerie, Internet, etc.), le volume de données numériques est devenu très important et augmente de manière exponentielle. Par exemple, 90 % de l'ensemble des données disponibles ont été créées ces deux dernières années. Ces données ne sont pas toujours structurées : elles peuvent être du texte, mais aussi des images ou du contenu multimédia. Elles sont, pour la plupart, produites en temps réel.

Les technologies du *big data* permettent de convertir ces données en informations. Le *deep learning* permet de convertir ces informations en connaissances. Il a par exemple permis d'améliorer de façon très importante la reconnaissance d'images.

Les nouvelles technologies ne permettent toutefois pas d'assurer la confidentialité et la sécurité des données des particuliers et des entreprises. Aussi, les politiques pour protéger les citoyens et les entreprises de l'impact des nouvelles technologies (sécurité et confidentialité des données, etc.) se multiplient.

Une évolution des bases de données

Pendant des années, les entreprises ont investi dans des centres de données (*data centers*) propriétaires, pour héberger leurs systèmes d'information.

Progressivement, ces systèmes d'information sont transférés à des entreprises comme Amazon, Microsoft ou Alibaba, qui offrent des services de *cloud computing*. Le marché des services dans les nuages a ainsi crû de 31 % en 2016¹⁰¹. Les données de l'Internet des objets sont également hébergées par des plateformes mises en place, par exemple, par Microsoft, IBM ou GE.

Plus récemment, quelques bases de données sont hébergées de façon décentralisée en s'appuyant sur la technologie blockchain. Les hébergeurs sont rémunérés avec des cybermonnaies (cryptocurrencies). Si la technologie est aujourd'hui disponible, les cas d'usage restent à définir¹⁰².

99 ITU

100 Our World in Data

101 Gartner

102 a16z

Un nombre croissant de nouveaux services pour les entreprises et les territoires, qui ne sont pas utilisés à leur pleine capacité

Les entreprises, les territoires et les citoyens bénéficient d'un nombre croissant de services, qui s'appuient à la fois sur les technologies numériques et sur les nouvelles données disponibles. La conception de ces nouveaux services est beaucoup plus rapide que leur adoption.

Utilisant les données accessibles notamment grâce à l'Internet des objets, les entreprises ont accès à de nouveaux services, comme la maintenance préventive ou l'agriculture de précision. Par exemple, Rolls-Royce analyse en temps réel les données transmises par 25 capteurs équipant chaque moteur d'avion de la famille Trent, et détecte les pannes avant qu'elles ne surviennent, grâce à l'intelligence artificielle. Le déploiement de ces services dans les entreprises est toutefois long. En moyenne, 95 % des entreprises des pays de l'OCDE disposaient d'une connexion haut débit en 2014, contre 86 % en 2010¹⁰³. Toutefois, minoritaires sont les entreprises des pays de l'OCDE qui utilisent un progiciel de gestion intégrée (31 %), l'informatique en nuage (22 %), ou qui reçoivent des commandes par voie électronique (21 %)¹⁰⁴.

Les villes intelligentes (*smart cities*) ont également accès à de nouveaux services pour la gestion des déchets, des places de stationnement automobile ou encore pour la réduction de la consommation d'énergie. Ces services s'appuient sur les données fournies par les réseaux d'énergie intelligents (*smart grids*), les systèmes de localisation équipant les bus ou les tramways, les systèmes de navigation des particuliers (comme Waze) ou encore les capteurs équipant les infrastructures (comme les routes ou les ponts). Par exemple, la ville d'Amsterdam a réduit le nombre d'embouteillages sur son périphérique de moitié en adaptant les limitations de vitesse aux conditions de circulation. Les villes peuvent également faciliter le développement de nouveaux services en donnant accès à leurs données (*open data*) à des entreprises privées. Par exemple, l'application de calcul d'itinéraires multimodaux Citymapper a été rendue possible grâce à l'ouverture des données publiques des villes comme Paris.

La montée en puissance des plateformes d'intermédiation

Internet a permis l'apparition de plateformes en ligne qui mettent en relation des fournisseurs et des clients de biens et de services. Ces plateformes ont d'abord concurrencé le secteur de la distribution traditionnelle (vente *B to C*) et ont connu une croissance très forte. En France, le montant des ventes sur Internet est passé de 8,4 à 71,3 milliards d'euros de 2005 à 2015¹⁰⁵. En 2015, leur chiffre d'affaires a progressé de 14 % par rapport à 2014, dans un contexte de consommation toujours ralentie. En 10 ans, les ventes sur Internet ont progressé de 675 %. Les ventes sur terminaux mobiles continuent de progresser à un rythme important : elles atteignent 6,4 milliards d'euros en 2015. Chez les sites leaders, les ventes sur mobiles et tablettes représentent près de 25 % du total des ventes¹⁰⁶.

Plus récemment, les plateformes ont vu leur périmètre s'étendre à la vente mais aussi au partage et à l'échange de biens et de services. Elles couvrent les transactions *B to C* mais aussi : *C to C*, *B to B* et *C to B*. En 2015, cinq secteurs de l'économie du partage (hébergement, transport, services professionnels à la demande, services à domicile à la demande et

103 « Perspectives de l'économie numérique », OECD (2015)

104 « Perspectives de l'économie numérique », OECD (2015)

105 Observatoire du numérique

106 Chiffres clés, FEVAD (2016)

finance participative), qui regroupaient 275 plateformes, ont généré 3,6 milliards d'euros de revenus, contre 1,8 milliards en 2014 et 1 milliard en 2013¹⁰⁷. Ils ont facilité 28,1 milliards d'euros de transactions en 2015, contre 16 en 2014 et 10 en 2013.

Une automatisation aux succès limités

Depuis environ une quarantaine d'années, des robots industriels automatisent certaines tâches de production. Par exemple, dès le milieu des années 70, Renault utilisait des robots sur ses chaînes de production d'automobiles. Ces robots « traditionnels » font exactement ce qu'ils ont été programmés à faire, comme peindre une surface ou souder deux pièces. Leur coût élevé (comparé au coût du travail) et leur performance souvent limitée expliquent un déploiement limité dans les usines. La France, par exemple, ne compte que 32 000 robots industriels¹⁰⁸.

Toutefois, une nouvelle génération de robots apparaît. Ces robots disposent de moyens de perception (reconnaissance d'images, capteurs, etc.) et d'interaction, de capacités d'analyse et d'apprentissage (intelligence artificielle, apprentissage automatique). Grâce à ces capacités, ils sont beaucoup plus autonomes et nécessitent de moins en moins d'être programmés. Moins chers et plus performants, ils deviennent beaucoup plus compétitifs que les robots traditionnels. Ils ont par exemple permis à Adidas de relocaliser une usine de fabrication de chaussures de Chine en Allemagne. Les exosquelettes, en apportant une aide à la fois mécanique et cognitive, permettent d'industrialiser des opérations comme le démontage de véhicules, tout en réduisant la pénibilité du travail.

Les robots semblent avoir franchi plus facilement les portes des entrepôts que celles des usines. Pour réduire leurs coûts de distribution, les acteurs de la distribution en ligne ont beaucoup automatisé leurs entrepôts. Par exemple, Amazon utilise 100 000 robots (que l'entreprise fabrique elle-même) dans ses entrepôts. De premières expérimentations sont réalisées pour utiliser des moyens de transport autonomes.

Les robots ont également permis d'automatiser des activités de service. Par exemple, dans le secteur bancaire, le déploiement de distributeurs automatiques de billets, qui sont passés en France de 5 000 en 1983 à 60 000 fin 2013, a permis de réduire le coût d'exploitation des agences bancaires. Par contre, dans la distribution, les caisses automatiques mises en service en France à partir de 2004 ne représentaient encore en 2012 que 3,5 % des terminaux de caisses en grande distribution.

Quelques entreprises expérimentent l'automatisation du service client, à l'aide d'agents conversationnels (chatbot).

107 PwC

108 « L'effet de l'automatisation sur l'emploi : ce qu'on sait et ce qu'on ignore », France Stratégie (2016)

109 « Le consommateur et les caisses automatiques : pour une compréhension du processus d'adoption », Florence Benoit-Moreau et al.

Des technologies qui ne répondent que partiellement aux besoins des chaînes logistiques mondialisées

Les technologies du numérique peinent à améliorer le pilotage, la traçabilité et la transparence des chaînes logistiques mondialisées.

Défini en 1973 par l'industrie des produits de grande consommation, l'Uniform Product Code (UPC), qui repose sur la technologie du code-barres, et les autres codes d'identification qui suivirent (EAN-8, EAN-13, SSCC) sont encore très largement utilisés.

Mais ils sont adaptés au suivi d'un produit, et non de chacun de ses exemplaires. L'Electronic Product Code (EPC), lui, permet d'identifier chaque exemplaire d'un produit de façon unique. Pour cela, il s'appuie sur la technologie d'identification par fréquence radio (RFID). Toutefois, son déploiement se limite à des applications de niche, en raison du coût et des limites de cette technologie.

Chaque intervenant de la *supply chain* (fournisseur, producteur, distributeur, utilisateur, recycleur, etc.) collecte des informations sur chaque produit : localisation, composition, usage, provenance, etc. Toutefois, ces informations, souvent enregistrées dans des bases de données non partagées, ne sont pas accessibles à d'autres. La mise en place de bases de données partagées, contrôlées et distribuées grâce à la *blockchain* devrait faciliter le partage d'informations entre les différents acteurs de la *supply chain*. Par exemple, Walmart, IBM, Nestlé et Unilever se sont associés pour améliorer la traçabilité de la chaîne alimentaire, grâce à la *blockchain*.

Les produits qui circulent le long des supply chains ne sont pas accompagnés d'informations sur la composition de leurs matériaux (la présence de substances toxiques, par exemple), leur provenance, leur usage ni sur leur gestion en fin de vie (la procédure de démontage, par exemple), rendant souvent difficile la gestion du cycle de vie de ces produits. La généralisation de certaines technologies, comme les capteurs, l'Internet des objets ou encore la blockchain, facilite progressivement la collecte, le stockage et l'échange de certaines de ces informations.

La technologie de géolocalisation, initialement conçue pour des applications militaires, se décline dans un grand nombre d'applications, grâce à des coûts faibles. Les puces de géolocalisation, dont le coût baisse et la précision augmente, facilitent le suivi des moyens de transport et de certains moyens de conditionnement. Galileo, dont le déploiement devrait s'achever en 2020, permet à l'Europe d'être indépendante du système de géolocalisation américain GPS (*Global Positioning System*) et améliore la précision de la localisation.

Les technologies du numérique améliorent la performance des chaînes logistiques. L'intelligence artificielle est utilisée progressivement pour améliorer la prévision de la demande et la planification de l'offre.

« Software is eating the world »

« Six décennies après la révolution de l'ordinateur, quatre décennies depuis l'invention du micro-processeur et deux décennies depuis l'essor de l'Internet moderne, toutes les technologies nécessaires pour transformer les industries avec le logiciel fonctionnent et peuvent être déployées globalement. »¹¹¹ Progressivement, les entreprises des secteurs producteurs des TIC (comme Apple) ou celles dont l'existence est liée à l'émergence des

111 « Why Software Is Eating The World », Marc Andreessen, The Wall Street Journal (2011)

TIC (comme Amazon ou Facebook) concurrencent les industries traditionnelles. Dans la distribution des biens culturels, Amazon, Netflix ou Deezer ont remplacé Borders ou Blockbuster. Les constructeurs automobiles qui conçoivent leurs véhicules autour du moteur sont concurrencés par des entreprises spécialisées dans le logiciel, comme Google, Apple ou Uber, qui veulent concevoir des véhicules autour du système d'exploitation.

Les années 90 ont vu l'émergence de l'économie numérique, les années 2000 ont été témoins de sa domination. En 1995, Intel et Microsoft représentaient les 9^{ème} et 11^{ème} entreprises de la capitalisation boursière des États-Unis. Entre les années 1990 et 2000, Wintel (Microsoft + Intel) a vu son revenu multiplié par 10. Mais, de 2005 à 2015, les GAFAs (Google, Apple, Facebook et Amazon) ont connu une croissance 10 fois plus élevée et sont présentes aux 5 premières places de la capitalisation boursière des entreprises américaines¹¹².

Une fréquence et un impact des cyber-attaques plus élevés

Il y a une quinzaine d'années, les cyber-attaques étaient assez rudimentaires et l'affaire de seulement quelques « hacktivistes ». Mais la fréquence et l'impact (perte de données, interruption de l'activité, vol de données, rançonnage, etc.) des cyber-attaques a depuis connu une croissance exponentielle.¹¹³ Le développement de l'économie numérique, une plus grande interconnexion des équipements et la professionnalisation de la cybercriminalité expliquent cette croissance. Par exemple, la consolidation des capacités de stockage et de traitement des données par des fournisseurs de service de *cloud computing* peut augmenter l'impact d'une cyber-attaque. Les États-Unis ont recensé 5 029 violations de données depuis 2005¹¹⁴.

Une économie virtuelle qui consomme des ressources bien réelles

L'économie numérique s'appuie sur des équipements (*hardware*) qui consomment des matières premières parfois critiques. Par exemple, les ordinateurs utilisent de l'or et du platine, les écrans plats de l'indium, les panneaux photovoltaïques du germanium, les batteries électriques du lithium et du cobalt, les diodes électroluminescentes (LED) du gallium... Les smartphones actuels utilisent près de 75 % des éléments de la table périodique.¹¹⁵ De nouvelles technologies utilisent de nouveaux matériaux pour assurer de nouvelles fonctions. Par exemple, une cinquantaine de métaux sont nécessaires pour fabriquer un smartphone, soit deux fois plus que pour un téléphone portable de l'ancienne génération¹¹⁶. Certaines matières premières ont des réserves limitées, comme le lithium ou le cobalt.

L'économie numérique est également responsable d'une augmentation de la consommation d'énergie. La consommation électrique des réseaux de communication, des centres de données et des ordinateurs personnels augmente de 6,6 % annuellement. Ces équipements représentaient 4,7 % de la consommation mondiale d'électricité en 2012, contre 4 % en 2007¹¹⁷.

112 « Mobile is eating the world », Andreessen Horowitz (2016)

113 « A Guide to Cyber Risk », Allianz (2015)

114 « A Guide to Cyber Risk », Allianz (2015)

115 USGS

116 ADEME

117 The EINS Consortium

Hypothèses

Hypothèse 1. Une économie numérique qui poursuit sa croissance

L'économie numérique continue de croître dans les secteurs dans lesquels elle est déjà présente, comme la vente de détail (commerce électronique), et se déploie dans de nouveaux secteurs, comme le transport (Robo-Taxi), l'enseignement (cours en ligne ouverts et massifs) ou encore la santé (dossier médical électronique et médecine personnalisée) :

- L'économie numérique gagne d'importantes parts de marchés dans certains secteurs traditionnels : distribution, automobile, santé, média, etc. ;
- Les nouvelles technologies (et en particulier l'intelligence artificielle), une fois développées, déployées et optimisées, permettent à la croissance de la productivité d'augmenter à nouveau¹¹⁸ ;
- L'économie numérique est dominée par les géants de l'Internet actuels (GAFA, etc.) et les entreprises chinoises (Baidu, Alibaba, Tencent, etc.).

Hypothèse 2. Un ralentissement de l'économie numérique

L'expansion de l'économie numérique est freinée par de nombreux obstacles, comme une pénurie de ressources critiques, l'augmentation des cyber-attaques ou la réglementation :

- La croissance exponentielle de la demande en métaux critiques est supérieure au rythme de la croissance des capacités d'exploitation, entraînant des pénuries temporaires ;
- Avec un trillion d'équipements connectés à Internet d'ici 2020, la vulnérabilité aux cyber-attaques augmente significativement ;
- Les gouvernements mettent en place des politiques pour protéger les citoyens (confidentialité des données, etc.) ou l'emploi (Robo-Taxi, intelligence artificielle, etc.). Ils limitent l'accès aux technologies pour des raisons économiques (neutralité du Net) ou politiques (censure d'Internet en Chine).

Hypothèse 3. Une technologie de rupture bouleversant les équilibres en place

L'économie numérique continue de croître fortement grâce à des technologies de rupture, qui bouleversent les équilibres en place. Des start-up mettent fin à la domination des GAFA, comme les GAFA avaient elles-mêmes mis fin à la domination de Wintel. Les « plateformes de réalité augmentée », proposées par exemple par Magic Leap, mettent fin à la domination des plateformes sur iOS ou Android. Les fabricants automobiles deviennent des sous-traitants de fournisseurs de services de mobilité, comme Uber, Lyft ou Didi.

118 The National Bureau of Economic Research

Glossaire

Big data : Ensemble des technologies, infrastructures et services permettant la transformation des données en information, et de l'information en connaissances¹¹⁹.

Blockchain : Mode d'enregistrement de données produites en continu, sous forme de blocs liés les uns aux autres dans l'ordre chronologique de leur validation, chacun des blocs et leur séquence étant protégés contre toute modification¹²⁰.

Cybermonnaie : Monnaie dont la création et la gestion reposent sur l'utilisation des techniques de l'informatique et des télécommunications¹²¹.

Intelligence artificielle : Ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine¹²².

Internet des objets : Infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables, existantes ou en évolution¹²³.

Plateforme en ligne : Service de mise en relation, par voie électronique, de plusieurs parties en vue de la vente d'un bien, de la fourniture d'un service ou de l'échange ou du partage d'un bien ou d'un service¹²⁴.

Véhicule autonome : Véhicule connecté qui, une fois programmé, se déplace sur la voie publique de façon automatique, sans intervention de ses utilisateurs¹²⁵.

119 Commissariat général à la stratégie et à la prospective

120 Legifrance

121 Legifrance

122 Larousse

123 Union internationale des télécommunications

124 D'après le Code de la consommation

125 Legifrance

Vers une logistique circulaire

Laurent Grégoire, Chaire Supply Chain, CentraleSupélec

Par définition et à l'instar du *management* de la logistique, l'économie circulaire nécessite une approche systémique des problèmes. À ce titre, cette fiche doit être reliée et, pour partie, découler d'un certain nombre d'autres fiches, notamment celles sur les déchets, l'organisation industrielle, l'économie numérique, le mix énergétique, la vente à l'usage ou l'action publique multiniveaux.

Dans cette note, les nombres entre crochets en exposants renvoient aux sources bibliographiques, répertoriées dans l'Annexe I. Assez souvent, ces sources abordent le sujet concerné mais ne sont pas explicites sur les propositions ou questions qui sont posées par le rédacteur.

Définition

Au sein d'une organisation, la logistique a pour finalité de répondre à un taux de service fixé en gérant les flux physiques, informationnels et financiers associés. Pour cette note, nous avons retenu la définition de la logistique telle qu'elle est retenue par les pouvoirs publics français depuis 3 ans, à savoir qu'elle regroupe les opérations relatives aux flux de biens (ou de marchandises ou de fret). Ces flux sont : le transport, la manutention, l'entreposage, l'emballage (mais pas le conditionnement) ; tant en *B to B* qu'en *B to C* et *C to B*, voire *C to C*.

Nous ne traiterons donc pas de la logistique de personnes (ce qui représente une difficulté lorsqu'il faut traiter de la logistique urbaine et des congestions).

Pour rappel, depuis le milieu des années 90 et pour les entreprises industrielles et du commerce, le *management* de la logistique fait partie d'une approche plus vaste, celle du *supply chain management*. C'est un processus stratégique qui inclut d'autres opérations, notamment celles liées à la gestion de la demande, des services clients, achats, et programmes de production.

En retard par rapport à la plupart des autres grands pays de la planète, la France n'a reconnu que récemment l'importance de la logistique pour l'économie nationale.

Suite à un amendement de l'Assemblée nationale lors du vote de la loi du 28 mai 2013,

une conférence nationale sur la logistique s'est tenue le 8 juillet 2015, aboutissant à la stratégie nationale « France Logistique 2025 », présentée en Conseil des Ministres le 24 mars 2016. Un chapitre de cette stratégie porte d'ailleurs sur l'économie circulaire (cf. Annexe 2).

Rétrospective

La logistique pour l'ensemble des marchandises

Comme l'indique la stratégie nationale, la logistique représente aujourd'hui, en France, 10 % du PIB national, 200 milliards d'euros et 1,8 millions d'ETP^[20]. Les activités logistiques sont externalisées (sous-traitées) à environ 50 %, davantage en transport (60 %) qu'en entreposage (35 %).

Transport

Le transport intérieur français, qui représente 330 milliards de tonnes-kilomètres, est en légère baisse régulière, d'environ 1 % par an. Il est effectué :

- À 87 % par la route (stable depuis 15 ans) ;
- À 11 % par le fer (baisse de 40 % en 15 ans) ;
- À 2 % par le fluvial (stable).

La part du transport routier externalisé est assurée par 30 000 entreprises, dont 0,2 % ont plus de 250 salariés et 84 % moins de 10 salariés.

Le transport routier, en France comme dans la plupart des autres pays, est caractérisé par un assez mauvais remplissage des véhicules^{[13],[44],[45],[48]}. Un chiffre assez généralement partagé est le taux de remplissage moyen, de 50 % (en simplifiant : moyenne d'un tiers plein, un tiers à moitié plein et un tiers vide). Notons qu'il y a de toutes façons un déséquilibre entre la moitié nord et la moitié sud de la France, la moitié nord produisant et important plus par rapport à sa population que la moitié sud.

Ces dernières années ont enfin été marquées par un développement des petites livraisons aux consommateurs, surtout dans les agglomérations, du fait de la croissance des commandes par Internet. En 2017, 530 millions de colis ont été livrés en France, dont 60 % par La Poste, 86 % au domicile des particuliers. La croissance est de l'ordre de 8 à 10 % par an.

Entreposage

La surface des entrepôts, ou plateformes logistiques, est en France de 80 millions de m².

Un peu plus de 4 500 entrepôts ont une surface supérieure à 5 000 m² ; la moitié de la surface totale d'entreposage en France se situe dans des entrepôts supérieurs à 30 000 m² et cette tendance s'accélère, avec des entrepôts de plus en plus grands. On s'oriente donc vers une concentration croissante des stocks.

En revanche, contrairement à d'autres pays comme l'Allemagne, ils sont (pour l'instant ?) très peu automatisés, les retours sur investissements étant faibles.

Les entrepôts appartiennent :

- 33 % à des prestataires logistiques ;
- 30 % à des entreprises du commerce ;
- 25 % à des entreprises industrielles.

Les surfaces d'entreposage les plus importantes se situent dans les régions autour de Paris, Lyon et Lille.

Il n'y a pas de chiffre disponible sur le taux de remplissage moyen des entrepôts, qui est de toutes façons lié à d'assez fortes variations saisonnières, notamment dans les produits de grande consommation. Des sites Web se développent actuellement pour mieux informer des disponibilités d'entreposage.

Emploi

Un panorama récent de l'AFILOG^[6] indique, pour l'emploi logistique en France : 1 607 000 ETP, hors intérim, dont 812 000 chez des prestataires logistiques. 81,5 % sont des hommes, 18,5 % des femmes. 80 % sont des ouvriers et employés.

L'intérim est estimé à 100 000 ETP.

Performance

Nous ne disposons pas d'une comparaison de ce que serait la réelle efficacité logistique de la France par rapport aux autres pays, et notamment de ses voisins.

La Banque Mondiale diffuse cependant de façon bisannuelle un indice de performance logistique : la France n'y est pas placée en bonne position et celle-ci a baissé ces dernières années. Lors de la dernière publication, l'Allemagne avait le meilleur indice, et la France était le 16^{ème} pays de la liste, ayant perdu 4 places en deux ans.

Il peut y avoir des raisons relatives à la géographie du pays – notamment une répartition territoriale de la population assez spécifique –, mais il faut aussi reconnaître d'autres causes, comme la priorité donnée à la mobilité des personnes par rapport au fret et la reconnaissance tardive du rôle de la logistique dans l'économie française.

La logistique des déchets

C'est sans doute une conséquence de ce qu'indique la conclusion du chapitre précédent, mais il faut tout d'abord remarquer que les nombreux rapports – récents – que nous avons lus sur l'économie circulaire abordent très peu les questions logistiques, voire n'en parlent pas (même quand ils sont issus d'un ministère qui chapeaute cette responsabilité !). Une heureuse exception, cependant : les études de l'ADEME^[2], dont la plupart des éléments évoqués ci-dessous sont tirés.

À notre connaissance, aucune étude n'a été effectuée sur la logistique de l'ensemble des retours de produits, pas seulement les déchets. Nous n'étudions donc ici que la situation actuelle de ce qui est aujourd'hui appelé « déchets ».

En France, la production de déchets a atteint, selon l'ADEME, 770 millions de tonnes en 2009. Les déchets de l'agriculture et de la sylviculture (374 Mt), ainsi que de la construction et du BTP (254 Mt), représentent environ 80 % de ce gisement. Les déchets d'activités des entreprises (hors agriculture et BTP) représentent 106 Mt. Enfin, les déchets des ménages et des collectivités représentent des volumes respectifs de 32 et 5 Mt. Les déchets de l'agriculture représentent une quantité importante, mais la majeure partie (déjections animales) est valorisée au sein des exploitations productrices par retour au sol. En ce qui concerne la nature de ces déchets, environ 3 % (exceptés ceux de l'agriculture et de la sylviculture valorisés sur place) sont des déchets dangereux, la grande partie des déchets non dangereux étant des déchets minéraux composant la majorité des déchets de construction et de BTP (71 % du total). Les déchets des collectivités sont composés principalement de déchets de voiries et de marchés, de boues de stations d'épuration et de déchets verts. Les déchets des ménages se répartissent principalement entre les encombrants, les déchets verts et les ordures ménagères. Les déchets de l'agriculture et de la sylviculture incluent en particulier les effluents d'élevage, valorisés en tant qu'amendements^[4].

Une étude de 2009 sur les déchets collectés a abouti à un montant de 500 millions de tonnes, dont 70 % pour les déchets du BTP.



Les déchets collectés par le service public (ordures ménagères résiduelles, collectes sélectives et déchetteries) représentaient 38 millions de tonnes en 2009. Les ordures ménagères représentent la moitié de ce flux, les déchetteries 31 %, et les collectes sélectives 18 %.

Le transport des déchets représente une consommation d'énergie de 1,6 % de la consommation des produits pétroliers du secteur des transports, 1,7 % des émissions de CO₂ pour ce secteur, et 0,4 % des émissions de GES.

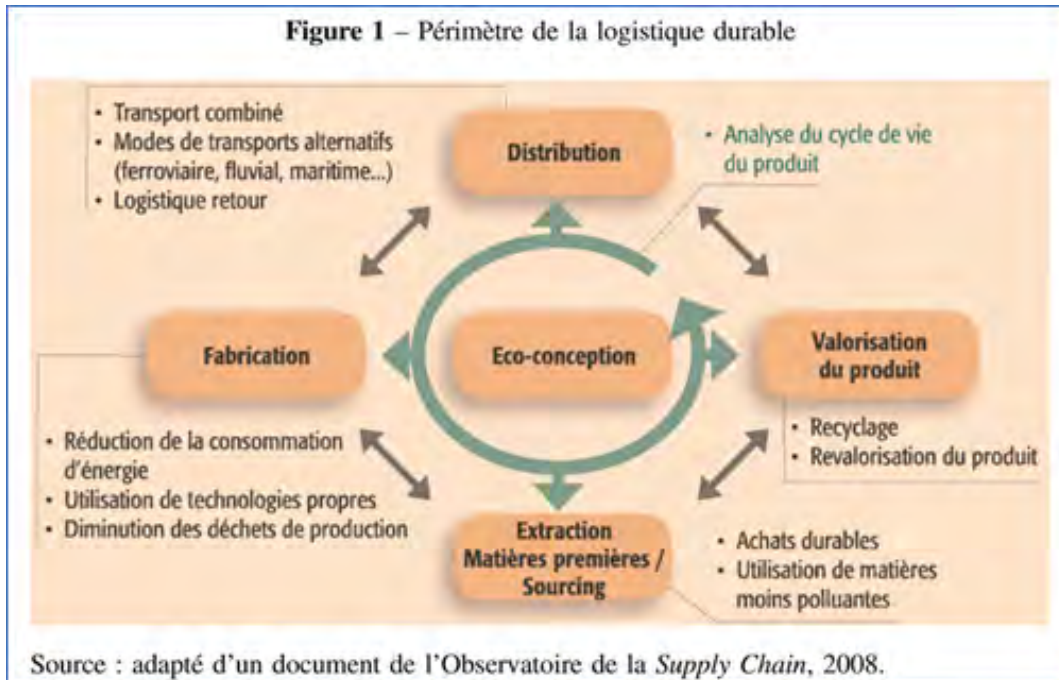
L'ADEME a proposé un certain nombre de leviers d'action pour améliorer la logistique des déchets :

- Optimiser le nombre et la répartition géographique des centres de tri ;
- Optimiser les trajets correspondant à des filières de déchets émergentes ;
- Optimiser la collecte et le transport des déchets diffus ;
- Rapprocher les sites de traitement et de valorisation des gisements de déchets et/ou de leurs débouchés ;
- Développer le report modal ;
- Optimiser les flux en sortie de déchetterie (flux issus des ménages et des activités économiques) ;
- Adapter les modalités de collecte des déchets à leur saisonnalité ou aux enjeux propres d'un territoire ;
- Développer le couplage d'installations de gestion des déchets entre déchets de natures différentes ;
- Optimiser l'utilisation de véhicules ;
- Réduire le poids et/ou le volume des déchets avant transport, au moyen de solutions techniques diverses : compactage, broyage ou séchage ;
- Mutualiser le transport au sein d'une même filière en réalisant du co-chargement, afin de maximiser le taux de remplissage des véhicules ;
- Promouvoir la formation des conducteurs à l'écoconduite ;
- Prospector les possibilités de traitement de certains déchets générés en DOM-COM par d'autres pays de la région ;
- Encourager les prestataires du déchet à s'implanter dans les DOM-COM, notamment concernant les installations de traitement des déchets.

Conséquences de l'économie circulaire sur la logistique

En remarque préalable, il est bon de rappeler que cette question fait partie d'une problématique plus globale, que les professionnels de la logistique étudient depuis une bonne dizaine d'années : la logistique durable. Celle-ci inclut un certain nombre d'autres sujets, comme les véhicules propres, l'intermodalité, les entrepôts HQE, etc. Le schéma ^[24] ci-après présente le périmètre de la logistique durable.

Figure 1 – Périmètre de la logistique durable



Des flux circulaires et non plus linéaires

Depuis l'application de la logistique (qui provenait de la fonction militaire) aux flux civils dans la première moitié du XX^e siècle, celle-ci a été conçue comme une chaîne linéaire d'intervenants et d'opérations successives.

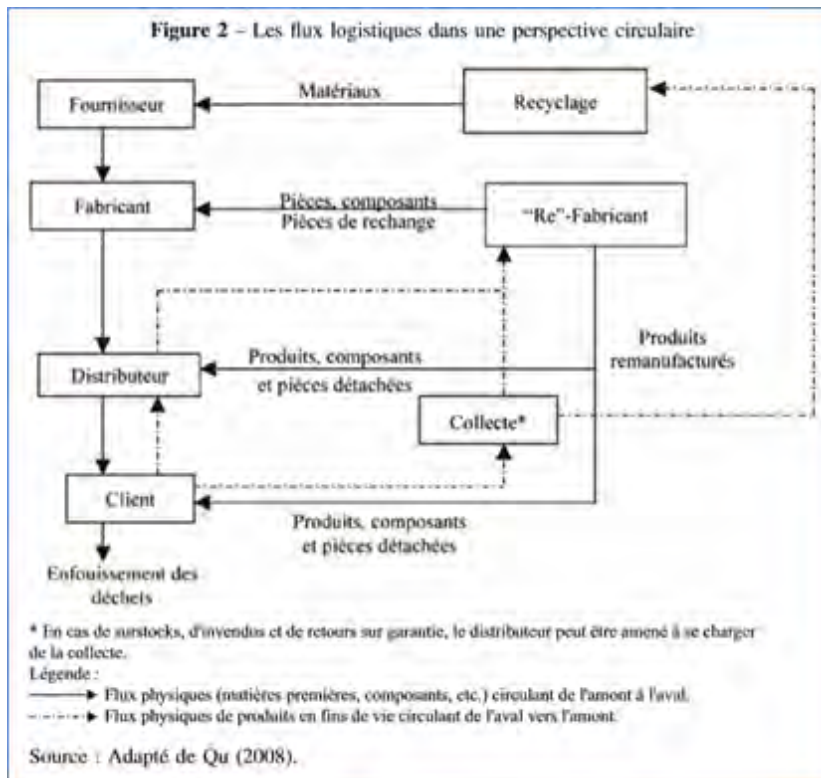
Même lorsqu'est apparue, dans les années 80-90, la question des flux retours, ceux-ci ont juste été rajoutés, estimant qu'il s'agissait des mêmes opérations en sens inverse, d'où l'expression de « logistique inverse » ou « logistique inversée ».



Modèle SCOR

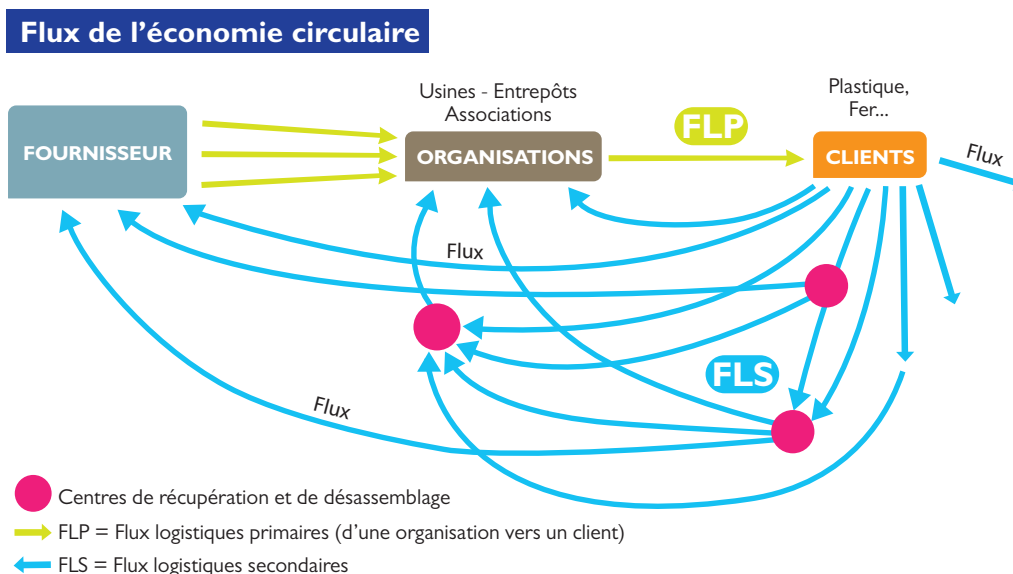
L'économie circulaire est une véritable disruption par rapport à cette représentation. Les flux linéaires sont remplacés par des boucles, ce qui caractérise bien les systèmes complexes, dans une approche systémique. Contrairement à la situation actuelle, le nouveau schéma des flux ne comprendra que des boucles fermées (ou « *closed-loops* »), à l'exception de l'enfouissement.

Nous reprenons volontiers ce que propose une étude^[24] sur la logistique, de façon simplifiée :



Pour les entreprises, et ainsi que le président d'Unilever l'a dit, c'est un changement total de repenser l'entreprise, ses produits, ses processus, ses projets. En logistique, la conception de la cartographie des flux (*supply chain design*) et les systèmes informatiques (ERP et logiciels en logistique) étaient conçus pour la représentation linéaire traditionnelle. La logistique circulaire va représenter, pour cette fonction de l'entreprise (comme pour d'autres), une remise à plat fondamentale.

Au-delà des diverses représentations des flux de l'économie circulaire qui existent déjà et qui relèvent davantage d'une approche macro-économique, nous proposons cette représentation pour une organisation et son client :



Le FLS le plus simple (du client vers son fournisseur) peut notamment aboutir au *remanufacturing*^[29].

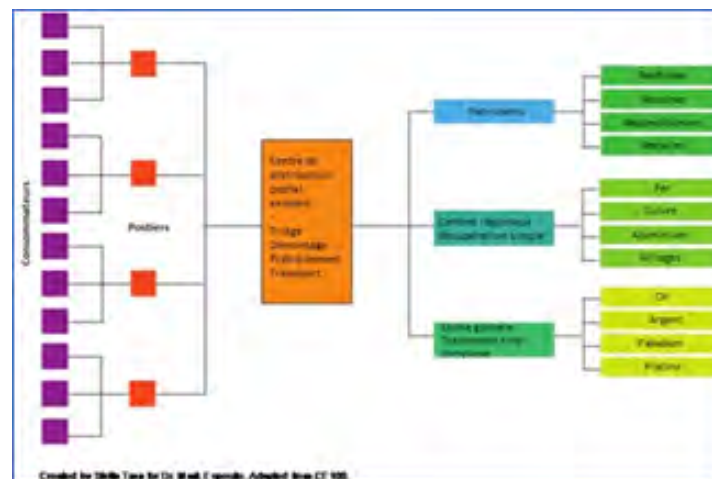
Un tel schéma pose un grand nombre de questions, telles que : qui est responsable de chacun des FLS ? qui gère la logistique de chacun des FLS ? quels FLS faut-il gérer ensemble ? qui suit chaque FLS de façon informationnelle ? quel est le coût de chaque FLS et qui le prend en charge ? etc.

Les FLS ne portent évidemment pas uniquement sur les déchets, mais sur tous les produits – ou morceaux de produits – dont le client n'a plus besoin durant la vie du produit reçu par le FLP : emballage, conditionnement, pièces défectueuses à remplacer, émissions du produit durant son utilisation, produit ou parties du produit dont le client ne veut plus, etc.

La collecte ou logistique du premier kilomètre

Le début de chaque FLS est traditionnellement appelé la « collecte ». Il s'agit de la « logistique du 1^{er} kilomètre » (à l'instar de la « logistique du dernier kilomètre », problématique d'actualité pour l'organisation de la livraison des produits achetés sur Internet). Aujourd'hui, cette collecte s'effectue de très nombreuses manières, suivant les produits ou les zones géographiques et s'il s'agit de personnes ou d'entreprises. Cette problématique sera l'une des grandes questions des années à venir, et les solutions apportées conditionneront fortement les coûts et le développement de l'économie circulaire.

Pour les particuliers, l'urbanisation croissante devrait faciliter cette collecte^[21]. À titre d'exemple, évoquons la proposition suivante : « une partie de cette collecte est assurée par les postiers^[22] ».



FLS : circuits courts ?

Il est aujourd'hui habituel de penser et de lire que l'économie circulaire, pour les FLS, va se développer dans des « circuits courts », c'est-à-dire des transports avec une faible distance entre les différentes parties prenantes. Ceci paraît logique : d'une part car, au titre de la logistique durable, on veut limiter les émissions liées au transport ; et d'autre part car, le coût des produits gérés par les FLS étant bas, il faut limiter le plus possible les coûts logistiques additionnels. De ce fait, l'économie circulaire pourrait faire revenir à une logistique plus locale, au sein d'une agglomération, d'un bassin d'emplois,

d'un territoire, d'un département ou d'une région^{[41],[21]}. Ceci nécessiterait une organisation macro-économique au niveau retenu, pour coordonner et optimiser ces FLS.

Mais on peut voir un certain nombre de raisons ne poussant pas nécessairement à cette logique :

- Contrairement à ce que certains pensent, les transports routiers en circuits courts ont un taux de remplissage beaucoup plus bas que les circuits longs^[45]. Il y a des raisons techniques (tournées de livraison) et des raisons financières (le surcoût est moins élevé, donc l'optimisation moins poussée) ;
- Au titre de la logistique durable, on souhaite développer l'intermodal : du fait de sa complexité, celui-ci s'applique plutôt aux circuits longs. C'est pourquoi il existe déjà un certain nombre d'exemples de FLS de déchets passant par la voie fluviale^[19] ;
- Une partie des FLS relie des organisations de filières (économiques, industrielles, etc.) différentes. Or, en France, les filières sont très inégalement réparties sur le territoire ;
- Une partie des produits des FLS portent déjà ou porteront sur des échanges internationaux^[7]. Certains pensent que les ports peuvent représenter de bonnes localisations pour gérer ces FLS^[6] : certains ports étrangers se positionnent déjà sur ces futurs flux. Si, demain, la biomasse remplace en partie le pétrole, pourquoi ne la transporterait-on pas comme celui-ci ?

FLS : quel suivi informationnel ?

La fiche variable 6 porte sur l'économie numérique et aborde cette question. Nous indiquons donc seulement une question essentielle pour les FLS : le développement de l'économie circulaire aura pour conséquence qu'un même produit, ou composant, aura durant sa vie beaucoup plus de « propriétaires ». De quel suivi aurons-nous alors besoin ? Notamment, mais pas uniquement, pour des raisons sanitaires : comment saurons-nous, par exemple, pour un produit qui a fait l'objet de nombreux FLS, s'il avait au départ été contaminé par une substance ? Pour ces raisons, on peut penser que la traçabilité va se généraliser, en utilisant si nécessaire la *blockchain*, voire les *smart contracts* qui la complètent.

Quel rôle pour les pouvoirs publics ?

Pour la logistique, l'économie circulaire nécessite une participation importante des pouvoirs publics :

- Le statut des déchets^[14] et le cadre réglementaire^[30] sont autant essentiels pour le développement et la gestion des FLS ;
- L'optimisation des flux est fortement liée au coût du transport : celui-ci est très dépendant du coût de l'énergie et de ses taxes, du coût de l'utilisation des infrastructures, etc. ;
- Le développement de l'intermodalité nécessite, entre autres, une forte participation des pouvoirs publics. C'est aussi le cas pour l'implantation d'éventuelles nouvelles plateformes, qui seraient spécialisées dans le traitement des FLS ;
- Le traitement de certains FLS, par exemple pour des déchets, nécessite l'application de conditions sanitaires spécifiques ;

- Il appartient aux pouvoirs publics d'organiser la collecte, auprès des particuliers, des produits gérés par les FLS, même s'ils peuvent le déléguer à des entreprises privées^[10] ;
- Les commandes publiques jouent, dans certains domaines, un rôle important, notamment pour repenser le cycle de vie des produits^[40] ;
- Les travaux publics représentent une part importante des volumes actuels de déchets.

Quelles conséquences pour l'emploi ?

Il est certain que le développement des FLS va créer des emplois dans le domaine de la logistique^{[21],[4],[23]}. Il est très difficile, à ce stade, de commencer à donner des estimations. Il faut naturellement rappeler la suppression probable d'emplois dans d'autres fonctions, notamment industrielles, si les produits durent plus longtemps.

Par ailleurs, le développement des FLS nécessitera l'évolution de certains métiers logistiques, voire l'apparition de nouveaux. Ce pourrait être le cas avec l'apparition de nouvelles entreprises optimisant l'ensemble des flux (FLP et FLS).

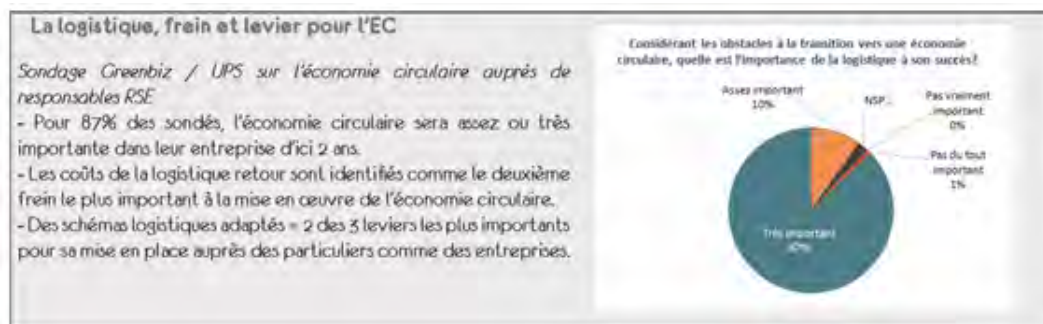
Une disruption dans un environnement connaissant d'autres changements

L'organisation logistique doit, par définition, se penser de façon systémique. Le développement de l'économie circulaire sera confronté à d'autres changements, en cours ou annoncés :

- En premier lieu, une autre disruption : le développement de l'économie de la fonctionnalité qui inclut la vente de l'usage, à laquelle est consacrée la fiche variable 14. En logistique, cela concerne notamment le développement du paiement des véhicules (de transport et de manutention) et des entrepôts à l'usage^{[18],[31]}. Cela entraînera des changements très importants dans l'organisation et l'optimisation des flux. Par ailleurs, du fait du probable développement de la réparation des produits, cela entraînera également un accroissement des flux de pièces de rechange, éventuellement par des circuits courts utilisant des imprimantes 3D ;
- Ensuite, le développement de nouvelles technologies : au-delà de la *blockchain* et des imprimantes 3D, déjà citées, il s'agit principalement des automatisations, totales ou partielles, tant des moyens de transport que d'entreposage et de manutention. En découlent de profondes interrogations sur l'évolution de l'emploi en logistique d'ici 20 ans, auxquelles il n'est pas possible actuellement d'apporter des réponses fondées ;
- Enfin, le développement de « l'Internet physique », le nouveau sésame de l'organisation logistique, qui consiste à appliquer les principes qui ont permis l'Internet (normalisation des messages et interopérabilité totale et « invisible » des serveurs) à la logistique : normalisation des contenants et interopérabilité de tous les prestataires logistiques. C'est pourquoi la plateforme européenne de recherche en logistique, Alice, a mis l'Internet physique au cœur de son objectif à 20 ans.

En conclusion, il faut souhaiter, comme certains pays ont commencé à le faire, qu'une étude de grande ampleur soit menée en France sur les conséquences de l'économie circulaire quant à l'organisation logistique de notre pays. C'est d'ailleurs l'une des nombreuses recommandations de la stratégie nationale « France Logistique 2025 ».

Ajoutons enfin que le processus d'élaboration du référentiel national RSE en logistique (cf. Annexe 2) ainsi que l'enquête suivante^[18] ont montré une réelle prise de conscience des différents acteurs – tant publics que privés – du rôle de la logistique dans l'avancement du développement durable en général, et de l'économie circulaire en particulier.



Incertitudes majeures

Suite à cet état des lieux et aux conséquences de l'économie circulaire sur la logistique, nous pouvons formuler les questions suivantes sur les perspectives à 20 ans.

- Y aura-t-il une ou deux filières logistiques pour gérer les flux FLP d'une part, et FLS d'autre part ?

Actuellement, le début des flux FLS est majoritairement géré par une seconde filière, l'une des conséquences étant un mauvais remplissage des véhicules.

Une seule filière nécessiterait notamment une coordination des flux entre les niveaux micro et macro-économique (sur quels territoires ?) et une forte évolution de l'organisation des entreprises, tant en prestations logistiques qu'industrielles et commerciales.

- Comment s'effectuera la logistique du 1^{er} kilomètre ? De façon désorganisée, comme aujourd'hui ?
- L'organisation de la logistique urbaine par les pouvoirs publics associera-t-elle les FLP et les FLS^[12] ? Et, plus généralement, le développement de l'économie circulaire amènera-t-il les pouvoirs publics, au niveau régional, national, européen, voire mondial (cf. l'initiative GCEL, *Global Coalition for Efficient Logistics*), à s'impliquer davantage dans l'organisation des flux logistiques ?
- Quelle sera l'augmentation des FLS pour chacun des circuits : courts, moyens ou longs ? L'intermodalité sera-t-elle à ce titre favorisée ?
- Quels seront les contenants pour la manutention, l'entreposage et le transport des produits gérés par les FLS, seront-ils spécifiques par rapport aux contenants des FLP ?
- L'Internet physique sera-t-il, avec l'utilisation de la *blockchain* lorsque nécessaire, le graal d'une logistique durable et pleinement optimisée ?

Hypothèses

Hypothèse 1. Absence d'optimisation entre les flux de l'économie circulaire

Pas de coordination ni de gestion optimisée des FLP et FLS ; multiplication du nombre de collectes ; circuits courts avec faible remplissage des contenants et des véhicules ; grand nombre d'intermédiaires ; peu d'intervention des pouvoirs publics sur les opérations logistiques ; très faible intermodalité ; poursuite de l'écart croissant de la performance logistique entre la France et certains de ses voisins.

Hypothèse 2. Prise en charge coordonnée par les entreprises privées des flux de l'économie circulaire

Prise en main des FLS, avec les FLP, par l'ensemble des acteurs privés de la filière logistique (industrie, commerce, prestataires), décidant de se regrouper dans une coordination. Probable concentration du transport routier ; forte interopérabilité entre les acteurs ; quelques évolutions réglementaires. La France devient le *leader* dans la mise en place de l'Internet physique, en y incluant l'ensemble des flux, avec la normalisation des contenants, des *hubs* automatiques, des évolutions importantes des métiers.

Hypothèse 3. Implication majeure des pouvoirs publics dans l'organisation des flux de l'économie circulaire

Mobilisation des pouvoirs publics pour que le développement des FLS s'accompagne d'une optimisation de tous les flux, des collectes, de l'utilisation croissante de l'intermodalité, de la réduction des conséquences environnementales des flux et de l'amélioration des conditions de travail. Et ceci tant au niveau local que régional et national, voire européen entre quelques pays limitrophes (France, Allemagne, Benelux, Scandinavie).

Annexe 1 : Bibliographie

NB : La quasi-totalité de ces documents est disponible sur le Web.

1. Exercice de prospective de l'ADEME « Vision 2030-2050 », 2013.
2. « Transport & logistique des déchets – Vers une logistique plus vertueuse », ADEME, 2013.
3. « Guide méthodologique du développement des stratégies régionales d'économie circulaire en France », ADEME, octobre 2014.
4. « Transport et logistique des déchets – Enjeux et évolutions du transport et de la logistique des déchets », ADEME, octobre 2014.
5. « Économie circulaire, un atout pour relever le défi de l'aménagement durable des territoires », ADEME, juin 2017.
6. AFILOG
7. « Logistique et transport des vrac », Alix Y. sous la direction de Lacoste R., collection Les Océanides, 2013.
8. « Économie circulaire et écosystème portuaire », Alix Y., Mat N. sous la direction de Cerceau J., AIVP, collection Les Océanides, 2016.
9. « Vers une stratégie territoriale d'économie circulaire », ARENE, Cahier technique #1, juillet 2017.
10. « L'économie circulaire et la commande publique », ARENE, Cahier technique #2, septembre 2017.
11. « Économie Circulaire : vers des modèles de production et de consommation durables ? », ASLOG, Matinale de l'ASLOG, 2017.
12. « Économie circulaire, écologie et reconstruction industrielle ? », Aurez V., Levy J-C., CNCD, 2013.
13. « La taxe PL en Europe », Borri A., cité dans l'article ASLOG : *Supply Chain Magazine* N°80, p. 23, 2013.
14. « L'économie circulaire, état des lieux et perspectives », CGDD, novembre 2014.
15. « Économie circulaire - Conférence environnementale », CGPME, 2013.
16. « L'économie circulaire et ses bénéfices sociétaux, ses avancées réelles pour l'emploi et le climat, dans une économie basée sur les énergies renouvelables et l'efficacité des ressources », Club de Rome, 2015.
17. « Économie circulaire : vers moins de transports... ou transporter mieux ? », Cluster PACA Logistique, 2016.
18. « Économie circulaire, économie de la fonctionnalité - Nouveaux modèles et opportunités pour la logistique », Cluster, PACA Logistique, 2016.
19. « Des initiatives franciliennes en économie circulaire », Comité francilien de l'économie francilienne, OREE, édition 2017 du recueil cartographique.
20. Présentation de la Stratégie nationale « France Logistique 2025 », Conseil des Ministres, 24 mars 2016.
21. « Vers une économie circulaire : arguments économiques pour une transition accélérée », Ellen Macarthur Foundation, 2016.

22. « Les postiers, sauveurs de l'économie circulaire ? », Esposito M., Soufani K., Tse T., *Harvard Business Review*, « Chronique d'experts », 2017.
23. « L'économie circulaire, combien d'emplois ? », France Stratégie, avril 2016.
24. « Vers une nouvelle forme de croissance économique – Les apports des recherches en logistique et *supply chain management* », Fulconis F., Paché G., Reynaud E., *Revue Française de Gestion*, n° 261, pages 127 à 149, 2016.
25. « Feuille de route pour une économie circulaire », groupe de travail économie circulaire du MEDEF Sarthe, février 2016.
26. Avis sur le Paquet « économie circulaire » de la Commission européenne, Institut de l'économie circulaire, 2016.
27. « Économie circulaire, réconcilier croissance et environnement », Institut Montaigne, novembre 2016.
28. « L'économie circulaire. Comment la mettre en œuvre dans l'entreprise grâce à la *reverse supply chain* ? », Le Moigne R., Dunod, 2014.
29. « *Remanufacturing* – Une formidable opportunité pour la France industrielle de demain », Le Moigne R., Georgeault L., Institut de l'économie circulaire, février 2016.
30. « Économie circulaire : quel cadre réglementaire en France ? », Levillain A., Bonet Fernandez D., IPAG, 2014.
31. « Écologie industrielle, économie de la fonctionnalité, entreprises et territoires : vers de nouveaux modèles productifs et organisationnels ? », Maillefert M., Robert I. *Revue Développement durable et territoires*, vol.5, n°1, 2014.
32. « Prospective 2030 », Ministère de l'écologie– DRAST, PREDIT et Samarcande, juillet 2008.
33. « Projections de la demande de transport sur le long terme », Ministère de l'environnement, juillet 2016.
34. « Économie circulaire - Plan de réduction et de valorisation des déchets 2025 - Contribution à la stratégie nationale de transition vers l'économie circulaire », Ministère de l'environnement, 2016.
35. Chiffres clés du transport – Édition 2017, Ministère de l'environnement.
36. « 10 indicateurs pour suivre l'économie circulaire », Ministère de l'environnement, 2017.
37. Feuille de route « Économie circulaire – 50 mesures pour une économie 100 % circulaire », Ministère de la transition écologique et solidaire et Ministère de l'économie et des finances, 23 avril 2018.
38. « Démarche prospective transports 2050 – Éléments de réflexion », Ministère des transports, 2006.
39. « Vers une commande publique circulaire », Observatoire des Achats responsables et institut de l'économie circulaire, 2017.
40. « Recueil cartographique des initiatives en économie circulaire en Auvergne-Rhône-Alpes », Orée, novembre 2016.
41. « *Laudato Si'* », Pape François, *Lettre encyclique du Saint-Père François sur la sauvegarde de la maison commune*, Vatican, 2015.
42. « Approches du *management* de la *supply chain* en circuit fermé », Qu C., *Revue*

Française de Gestion, vol. 34, n° 186, pages 183-200, 2008.

43. « Taux de remplissage des véhicules : un levier environnemental et économique », *Supply Chain Newsletter* 1141, 24 février 2011.
44. « Entre *food miles* et circuits courts », Sureau S., mémoire de fin d'études. Université Libre de Bruxelles, 2014.
45. « *How the blockchain can enhance circular economic business activity* », Tom A. F. Harper, janvier 2017.
46. « Vers un cadre politico-juridique structurant pour catalyser la transition du Québec vers l'économie circulaire », Voyer-Oitras S., 2017.
47. « Analyse économétrique du taux de chargement des camions se déplaçant au Québec », Watters J., mémoire de fin d'études présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval, 2006.

Annexe 2 : Stratégie nationale « France logistique 2025 »

« Pour réussir la mise en œuvre de l'Accord de Paris sur le climat et réaliser les objectifs de la loi de transition énergétique pour la croissance verte en matière de transport, la modernisation de la chaîne logistique, du producteur au consommateur, constitue un levier important. Il s'agit de diminuer l'empreinte carbone des activités de transport de marchandises et leurs émissions polluantes, de promouvoir de nouveaux modèles économiques, comme l'économie circulaire et les circuits courts d'approvisionnement » (présentation au Conseil des Ministres, 24 mars 2016).

Dans le document-cadre de la stratégie :

Une logistique levier de l'économie circulaire

Les flux inverses se multiplient par la généralisation des filières à responsabilité élargie du producteur (REP), le développement des ventes en ligne, la commercialisation d'offres de location. Les flux inverses se sont aussi considérablement diversifiés pour respecter les réglementations relatives à la collecte, au tri et à la valorisation des déchets. La performance de la logistique inverse reste cependant souvent moindre que celle de la logistique à destination des clients. Pourtant, une logistique inverse performante améliore non seulement la compétitivité des entreprises mais est également indispensable au déploiement de l'économie circulaire. Cette logistique inverse est une composante d'une logistique de plus en plus ouverte et partagée.

Objectif : Améliorer la performance de la logistique inverse et supporter l'émergence de nouvelles offres et services logistiques qui supportent l'économie circulaire

- Identifier les forces et les faiblesses de la logistique inverse en France à travers un diagnostic ;
- Publier un guide d'introduction à la logistique inverse ;
- Favoriser la mise en place et l'animation d'une communauté professionnelle et de recherche autour du thème de la logistique inverse ;
- Accompagner le développement de solutions innovantes adaptées aux besoins de la logistique inverse. Expérimenter des solutions de réduction des coûts de collecte ;
- Évaluer les besoins de recherche en logistique inverse ;
- Engager une réflexion normative sur la logistique inverse.

Objectif : Favoriser l'émergence de nouvelles offres et services logistiques qui supportent l'économie circulaire

- Accompagner chaque filière dans l'évaluation des enjeux de la mise en place d'une logistique inverse ;
- Soutenir la conception et l'expérimentation de nouveaux services logistiques et le développement des technologies associées adaptées à la logistique.

Objectif : Favoriser le regroupement, la mutualisation et la massification des flux inverses entre eux ou avec les flux à destination des clients

- Favoriser la mutualisation des flux inverses d'une même filière, d'un même territoire, en particulier du premier et du dernier kilomètre ;
- Identifier et mettre en œuvre les opportunités de mutualisation des logistiques des filières REP ;
- Inclure les besoins de mutualisation des flux inverses dans les travaux en cours sur l'ouverture des données de transport ;
- Favoriser l'utilisation de modes de transport massifiés lorsqu'ils sont plus adaptés aux flux inverses.

Économie circulaire et action publique multiniveau

Fanny Debil, ANSES

Définition

Objet de l'analyse de la variable

Il s'agit de faire part des mesures prises par les autorités publiques à l'échelle globale, européenne, nationale ou locale, favorisant le développement de l'économie circulaire et des enjeux qui lui sont associés.

Défis et approches de la variable

Identifier des dispositifs favorisant l'économie circulaire implique de savoir ce que cette économie recouvre. Alors que l'économie circulaire peut *a priori* toucher tous les secteurs et activités humaines, elle est sujette à une grande variété de définitions. En l'occurrence, cet exercice de prospective a conduit à ne pas privilégier une définition plutôt qu'une autre. On peut toutefois garder à l'esprit certains aspects clés et génériques de l'économie circulaire.

Dans le cas présent, on choisit de distinguer schématiquement 4 grandes catégories d'intervention publique :

- Les dispositifs publics relatifs à l'environnement de manière générale, et la préservation et/ou l'usage raisonné des ressources naturelles en particulier ;
- Les dispositifs publics relatifs à l'énergie ;
- Les dispositifs publics concernant les produits (fabrication, consommation, abandon) ;
- Les dispositifs publics expressément tournés vers l'économie circulaire.

En ce qui concerne les quatre premiers volets, il n'est ici ni possible ni souhaitable de brosser une liste à la Prévert des dispositifs existants. Le seul champ des mesures environnementales est immense. **L'intérêt est ailleurs : problématiser et synthétiser les dynamiques majeures de l'action publique, cerner ses principes, changements ou inerties les plus structurants, voire d'éventuelles incohérences.** Par ailleurs, le choix d'entrée par thématique (et non par niveau) se justifie au vu des interdépendances existant de manière croissante entre les échelles de l'action publique (*voir supra*). Avec ces différentes thématiques, on abordera dans un premier temps les logiques passées et récentes – ce qui revient globalement à s'interroger sur les fondements, la conception et l'adoption de politiques publiques. Ensuite, les aléas et incertitudes de ces tendances sont disséqués – ce qui revient globalement à questionner la mise en œuvre et les effets des politiques publiques.

Indicateurs

Déterminer des signaux de l'action publique pour en cerner les évolutions et les incertitudes n'est pas évident. Les indicateurs ci-dessous présentent tout de même plusieurs limites :

- Nombre/Existence de dispositifs d'action publique traitant explicitement de l'économie circulaire ;
- Degré d'intégration de l'action publique relative à l'économie circulaire (action systémique ou fragmentée) ;
- Degré d'intégration interscalaire (lien entre les différents niveaux) ;

Cet indicateur permet de renseigner les interactions entre les niveaux d'action et les dynamiques d'influence d'un niveau sur un autre, ou encore le caractère clé d'un niveau d'action publique.

- Style d'action publique : incitatif/contraignant ;

Le style d'action publique ne préjuge pas forcément du changement ou de l'efficacité de l'action. Des mesures strictement incitatives peuvent conduire à des changements importants, tandis que des mesures contraignantes peuvent se voir opposer une certaine inertie. Par ailleurs, les données peuvent être difficiles à trouver.

- Existence d'objectifs quantifiés.

L'existence d'objectifs chiffrés peut offrir une certaine traçabilité à l'action publique et un support à l'analyse de ses évolutions.

Rétrospective et dynamique récente

L'action publique : constats fondamentaux

Des constats fondamentaux et transverses aux différentes thématiques et niveaux d'action sont à rappeler. Extrapolables à tous les secteurs d'intervention publique, ils sont clairement palpables dans l'action publique environnementale (*voir supra*). Notamment depuis les années 1980 :

- L'action publique est marquée par la diversification de ses acteurs ;
- Elle est caractérisée par des interdépendances croissantes entre niveaux ;
- Ses outils, instruments, mais également principes se sont transformés et étoffés, en nombre et en qualité ;
- Les dispositifs du *command and control* se sont réduits au profit de mesures incitatives et souples. Précisément, le contexte national actuel inclut une limitation forte des normes réglementaires (*cf. moratoire sur les normes*) ;
- L'action publique a pris une tournure plus stratégique. Plus largement, les importations pratiques et cognitives du secteur économique sont notables.

Dynamiques générales de l'action publique environnementale

La montée en puissance des enjeux environnementaux depuis les années 1970 est palpable. De l'espace public, elle affecte l'action publique à tous les niveaux. Cette dynamique est intimement liée au développement des connaissances scientifiques, comme à des mobilisations de pans de la société ou d'acteurs publics. En particulier dans les années 2000 : différentes mesures ont visé à garantir à l'environnement une portée trans-sectorielle (*i.e.* conditionner toute politique publique à des considérations, impacts et/ou coûts environnementaux). C'est le cas du processus de Cardiff à l'échelle européenne en 1998.

- À l'échelle mondiale, l'action publique environnementale a connu un élan certain à partir des années 1970. La conférence de Stockholm et la mise en place du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) ont notamment contribué à son institutionnalisation transnationale. Depuis cette période, une multitude d'acteurs, publics comme privés, ont façonné un « régime de l'environnement », en l'occurrence un millefeuille de régulations. Précisément, il existe un ensemble touffu d'accords multilatéraux, composés de protocoles, conventions, conventions-cadres et accords signés entre États, sous l'égide ou non des Nations unies. Ainsi, en 2001, le PNUE recensait l'existence de plus de 500 traités multilatéraux environnementaux.
- En ce qui concerne le niveau régional européen, l'environnement n'est pas le secteur fondateur de l'Europe. Il s'est très progressivement installé dans le paysage des procédures et décisions de l'Union européenne (UE), comme de ses différents traités (Amsterdam, Maastricht, Lisbonne). C'est précisément la question des déchets, objet

d'une première directive en 1973 (*voir supra*), qui a fondé l'action publique environnementale à l'échelle européenne. Plus récemment, la fin des années 2000 a vu émerger, sur l'agenda européen, la problématique de la durabilité des ressources naturelles¹²⁷ – l'UE important et consommant beaucoup de matières premières, et en produisant peu. Une initiative a été adoptée en 2008 pour garantir un accès pérenne et équitable aux ressources naturelles, comme améliorer les conditions d'extraction. Elle s'est prolongée en 2011 d'une feuille de route visant à réduire les prélèvements et les émissions de gaz à effet de serre (GES) associées. Elle tend vers une consommation de ressources naturelles à la fois moindre et différente. Plus largement, l'action publique environnementale européenne reste suspendue au principe de subsidiarité. Son influence au niveau français n'en demeure pas moins croissante depuis les années 1970, jusqu'à devenir dominante aujourd'hui.

- Instituée difficilement en France il y a plus de 40 ans, l'intervention publique environnementale a progressivement gagné en importance. Dans les années 2000, des soutiens politiques l'ont rendu particulièrement visible au niveau national (constitutionnalisation de la Charte de l'Environnement, du Grenelle de l'Environnement...). Au-delà, le champ d'intervention publique environnementale s'est considérablement diversifié en termes de thématiques, comme de cadrages : naturel, sécuritaire, aménageur, territorial... À cet égard, le déploiement du cadrage sanitaire des politiques environnementales est remarquable depuis les années 1990, quoique de manière réversible¹²⁸ et non linéaire.
- L'action publique environnementale reste exemplaire de la variété croissante des instruments maniés par les pouvoirs publics (obligation/incitation/interdiction ; financement/contrôle/réglementation, etc.). Si l'outil de la subvention est fréquemment employé¹²⁹, la rétribution « symbolique » a pris une place grandissante. Elle prend la forme de la labellisation et de la certification.

À partir de la fin des années 1980, l'action publique environnementale est de plus en plus marquée par ses principes systémiques et ses tentatives de conciliation avec des objectifs économiques. Ces logiques sont illustrées par la conception de nouveaux paradigmes d'action se diffusant à tous les niveaux (développement durable, croissance verte, écoconception...), dont l'économie circulaire n'est qu'un exemple parmi d'autres.

De nouveaux cadres cognitifs et pratiques de politique publique sont nés à l'échelle transnationale, pour se disséminer dans bien d'autres échelles, mais également dans des sphères privées. Ces principes sont porteurs d'une approche systémique articulant environnement, économie et société. On peut citer le développement durable d'abord, puis la croissance et l'économie vertes. Ils ont équipés de nouveaux dispositifs d'action publique, tels l'Agenda 21, les stratégies de développement durable (ou SNDD, initialement lancées au niveau des Nations unies), et la stratégie mondiale pour la croissance verte (OCDE), déclinables à des échelles inférieures (régional, national, local) – la SNDD en

127 Non énergétiques

128 Comme le montre l'Agence européenne pour l'environnement, opérant récemment une forme de « recentrage sur le cœur de métier », après des développements relatifs à la santé environnementale au début des années 2000.

129 Citons aussi les financements publics en faveur de l'innovation écologique existant depuis la fin des années 2000 à l'échelle européenne comme française

étant un exemple éclairant¹³⁰. Plus récemment, l'écoconception s'est constituée en objet global d'intervention publique. Ainsi, en 2009, une directive européenne *ad hoc*¹³¹ a été adoptée, et sa mise en œuvre a fait l'objet d'un plan de travail régional pour la période 2016-2019. L'écoconception s'est également insérée dans la récente loi française de transition énergétique pour la croissance verte (TECV)¹³².

Dans les années 2000, l'imposition de la question climatique est remarquable :

À la faveur de mobilisations d'acteurs scientifiques, sociaux et politiques, la question climatique s'est progressivement installée jusqu'à dominer l'action publique environnementale internationale. Encore peu traitée dans les années 1970, elle s'est consolidée à partir des années 1990 et surtout 2000, à travers la Convention-cadre des Nations unies (UNFCCC) et ses conférences de Parties (COP), débouchant sur des accords globaux. La principale logique qui anime l'action climatique reste la réduction des émissions de GES, de manière connexe la réduction de la consommation énergétique. Les outils qui lui sont consacrés sont principalement économiques (marchés carbone, quotas, droits à polluer, subventions...) et s'appuient sur des objectifs quantifiés. Ces approches ont traversé le protocole de Kyoto¹³³, et plus récemment l'Accord de Paris (2015) et celui de Bonn (2017). Les niveaux européen et français (national, local) ont traduit ces dynamiques transnationales.

Depuis les années 2000, quelques réformes de l'action publique énergétique se mettent en place

- Depuis de nombreuses décennies, les énergies fossiles forment le cœur des politiques énergétiques à tous les niveaux. Néanmoins, à partir des années 1970, les chocs pétroliers, la catastrophe nucléaire de Tchernobyl, et les mouvements sociaux environnementalistes ont contribué à installer la problématique de l'usage efficace de l'énergie et des énergies renouvelables dans le débat public. La prise en compte de ce type d'énergie comme objectif de politique publique s'est plus nettement opérée à partir du milieu des années 2000. Comme vu précédemment, elle est intimement liée à la prise en compte des changements climatiques¹³⁴. Ce lien ténu est visible dans de nombreux dispositifs et institutions publics : citons par exemple, à l'échelle européenne, le paquet énergie climat ; en France, l'organigramme de l'administration environnementale ou les plans climat-énergie territoriaux.
- À l'échelle mondiale, il y a peu, 25 États et collectivités se sont engagés, lors de la COP23, à sortir du charbon au cours de la prochaine décennie. Outre leur prise en compte dans les accords de l'UNFCCC, le One Climate Summit de décembre 2017 a acté la fin des subventions à l'extraction d'énergies fossiles, accordées par la Banque mondiale.

130 La stratégie française de transition écologique vers un développement durable 2015-2020 conçoit le « nouveau modèle d'économie circulaire, sobre en carbone et en ressources naturelles, [qui] peut se définir comme un système économique de production, d'échange et de consommation, conçu et organisé pour minimiser les prélèvements nets de ressources (énergies fossiles, matières premières, eau, foncier, milieux) et les émissions polluantes sources d'impact environnementaux et sanitaires négatifs, tant globaux que locaux ».

131 2009/125/CE.

132 Loi n° 2015-992 du 17 août 2015

133 Adopté en 1997 et entré en vigueur en 2005.

134 La combustion des énergies fossiles émettant des GES.

- En ce qui concerne la politique énergétique européenne, elle s'est, jusqu'aux années 1990, essentiellement tournée vers la gestion des importations d'énergies fossiles (charbon, électricité, gaz), le nucléaire, ainsi que la libéralisation des marchés. Cette politique est restée marquée par le poids et la divergence des intérêts nationaux. À partir des années 2000, les enjeux d'usage raisonné de l'énergie et des énergies renouvelables s'installent davantage dans la politique européenne. En 2005, le programme « énergie durable » est adopté. Les marchés carbonés, les quotas, les objectifs quantifiés et les subventions en forment les principaux instruments. En 2006, 2009 et 2012, des directives relatives à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables sont adoptées. Le paquet « énergie-climat » instaure quant à lui, en 2008, les « 3x20 » (- 20 % d'émissions de GES ; + 20 % d'énergie provenant des énergies renouvelables ; + 20 % d'efficacité énergétique). Sa version actualisée en 2014 fixe respectivement, pour les mêmes domaines, les taux de 40, 27 et 27 %.
- En France, l'action publique énergétique est marquée depuis les années 1970 par son homogénéité, sa stabilité, et son orientation principalement électronucléaire et pétrolière. Les problématiques de production, de distribution et d'indépendance l'ont régulièrement accompagnées. Ce n'est qu'à partir du milieu des années 2000 que des changements en faveur des énergies renouvelables s'inscrivent plus nettement dans les politiques publiques. En 2009, un plan national *ad hoc*, à la fois général et supportant de nouvelles réglementations par des filières énergétiques, rassemble une diversité de mesures incitatives, contraignantes, fiscales et administratives.
- En parallèle, l'outil de la programmation stratégique s'est largement déployé, comme l'illustre la loi TECV. Touchant à de nombreux domaines (transport, bâtiment, infrastructures énergétiques, sûreté nucléaire, etc.), cette loi interpelle à la fois les consommateurs et les entreprises, mais également l'État et les collectivités locales, en particulier les régions. Elle fixe, pour 2030, à 32 % la part du renouvelable dans la consommation d'énergie brute ; à 30 % la baisse de la consommation des énergies fossiles par rapport au niveau de 2012 ; et, pour 2050, à 50 % la baisse de la consommation énergétique totale par rapport au niveau de 2012. Début 2018, un nouveau *green deal*¹³⁵ énergétique, en faveur des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique et de la réduction de la part du nucléaire, est envisagé.

De la ligne production-consommation-abandon : quels dispositifs publics ?

Depuis les années 1970, les politiques publiques relatives aux diverses activités de production et de consommation se sont principalement structurées autour d'une logique de linéarité, de massification et de mondialisation.

Cette régulation publique doit se conjuguer avec les principes et pratiques du libéralisme économique.

Les accords commerciaux coordonnés par l'Organisation mondiale du commerce (OMC) abondent en ce sens à l'échelle mondiale.

¹³⁵ Ensemble d'engagements et d'accords public-privé, facilitant notamment les comportements et initiatives environnementaux.

À l'échelle européenne et française, l'action publique économique s'est davantage orientée vers l'offre.

Les politiques économiques françaises et européennes, depuis la fin des années 1970, sont principalement des politiques d'offre, ponctuellement de relance dans le cas français. Dans ce même cas, le volet redistributif des politiques économiques peut soutenir indirectement la consommation.

Au mouvement de production et de consommation linéaires, massifiées et mondialisées, ont notamment répondu les politiques des déchets. Complexifiées depuis les années 1970, elles se centrent de plus en plus sur la réduction à la source.

- La gestion des déchets relève d'un pan pluriséculaire d'action publique, historiquement coordonnée en France par les collectivités locales. Elle fait autant l'objet de conventions internationales que de directives européennes, et de lois nationales comme de programmations centrales et locales.
- Depuis les années 1970, les politiques des déchets se sont progressivement sophistiquées, en nombre et en objectifs. Elles ont intégré de plus en plus d'objectifs quantifiés : par exemple, la directive-cadre européenne de 2008 fixe le taux de recyclage des déchets ménagers et assimilés à 50 %, et à 70 % pour les déchets du BTP.
- En France, le plan national « déchets de 2009 » fixait à 7 % la baisse des quantités de déchets ménagers et assimilés par habitant entre 2008 et 2013. Le nouveau programme national « déchets de 2014-2020 » augmente ce taux à 10 %. En parallèle, la loi TECV fixe à 50 % la réduction de la mise en décharge d'ici 2025, et à 65 % le taux de recyclage des déchets non dangereux. Elle favorise également le tri à la source et la valorisation. Des outils, comme la tarification incitative, sont utilisés pour améliorer l'efficacité du tri ménager, qui comptera, d'ici 2022, l'ensemble des emballages plastiques. Très peu structurée, la filière des déchets du BTP fait l'objet d'une attention croissante.
- Soumettant le producteur de déchets à différentes obligations de financement et/ou de gestion du traitement de ses déchets, le principe de « responsabilité élargie du producteur (REP) » s'est diffusé dans les politiques des déchets. Complétant le principe « pollueur-payeur » à la mise en œuvre incertaine, il structure les politiques européennes et françaises à partir des années 1970, et plus encore à partir de 1990.

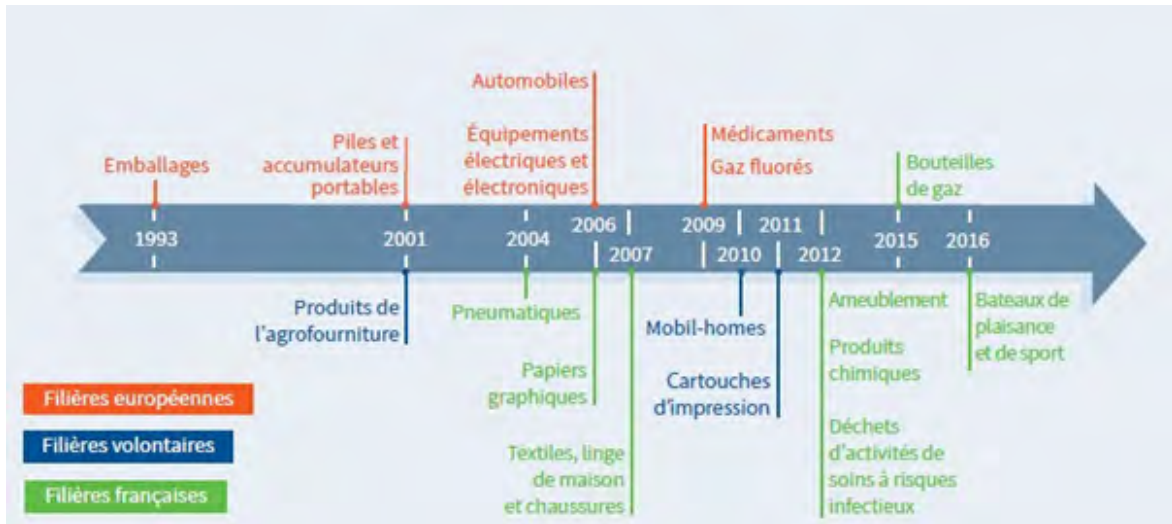


Schéma 1. Histoire des filières REP françaises et des origines de mises en place.



Schéma 2. Cadres réglementaires des filières REP.

Source : ADEME (2014),p.5-6.

Quand le « bien » vient concurrencer le « beaucoup » : les années 2000 ont vu émerger différents dispositifs publics visant à soutenir des changements pratiques de production et de consommation. Ils tendent à favoriser les qualités environnementale, sanitaire, et éthique des produits et de leurs usages.

La loi TECV inclut la lutte contre l'obsolescence programmée par la sanction financière et pénale. Elle promeut également l'allongement de la durée d'usage des produits, grâce à l'information des consommateurs. Elle soutient aussi l'économie de la fonctionnalité. Dans le même temps, l'implication des pouvoirs publics dans l'économie collaborative, notamment les collectivités locales, émerge sous des formes diverses (labellisation, coordination, mise en réseau, subvention...).

De nouvelles stratégies de bioéconomie¹³⁶ émergent au niveau européen (2013) et national (2017), encourageant notamment des initiatives éclatées préexistant au niveau local.

Au niveau européen, l'approche de la bioéconomie se veut intégrée en termes sectoriels, comme scientifiques. Elle vise la croissance durable, innovante et respectueuse de l'environnement. Ainsi, le plan d'action européen *ad hoc* s'articule autour de l'innovation, de la compétitivité bioéconomique et de la coordination public/privé. Au niveau français, la bioéconomie se présente comme opportunité environnementale, économique et locale. La stratégie nationale dispose de plusieurs volets (sécurité alimentaire, soutenabilité, participation, territorialité, innovation), accompagnés d'objectifs globaux (diffusion des produits biosourcés sur le marché, transformation industrielle, développement de la connaissance, évaluation des actions, dialogue interacteurs). Ses outils sont ceux de la recherche scientifique, des contrats publics-privés ou encore de la planification.

L'économie circulaire : un objet global d'intervention publique récemment identifié

La conception de dispositifs globaux d'action publique explicitement fléchés « économie circulaire » est récente.

Aux différents niveaux, la conception de ces nouvelles politiques d'économie circulaire est marquée par des logiques communes :

- Un constat de départ : la nécessité pour tous les acteurs (pouvoirs publics, industriels, citoyens) de ne pas épuiser les ressources limitées de la planète.
- Des cadrages : l'économie circulaire est cadrée par le développement durable et la croissance verte. Elle est également associée à la logique du « faire mieux et plus, avec moins » et du découplage « croissance économique/consommation de matières premières ».
- Des objectifs : les objectifs environnementaux et économiques ne sont *a priori* pas hiérarchisés. Les seconds – croissance, compétitivité, emplois, activités, innovations techniques – restent tout de même accentués.
- Des leviers : plusieurs secteurs et leviers d'action (déchets et énergie notamment) sont par ailleurs globalement partagés par les échelles mondiale, européenne, nationale, et locale.

¹³⁶ Usage des ressources biologiques et des déchets à des fins de fabrication et de production agroalimentaire, industrielle, et énergétique.

Dans le même temps, le degré accordé au changement de société sous-tendu par l'économie circulaire est variable dans les différentes politiques. Il est par exemple plus appuyé aux niveaux transnational et national qu'au niveau européen.

- À l'échelle transnationale, l'économie circulaire traverse plusieurs objectifs du développement durable, supportés par l'Organisation des Nations unies, notamment l'objectif 12 de production et de consommation responsables et soutenables. Non contraignants, ils ont été adoptés par les États membres. Leur visée globale reste la réduction de la pauvreté par l'augmentation de la croissance économique.
- Dans le cadre de l'UNFCCC, différents engagements ont également été pris. Non plus réductibles à la gestion des GES, les dernières COP (22 et 23) appellent à un équilibre nouveau entre croissance économique et ressources naturelles. Spécifiquement, l'économie circulaire a été formellement l'objet d'un *side event* de la COP23.
- Exceptés ces dispositifs, le niveau global reste encore celui de la production d'expertise, de la recommandation, de l'exhortation, et moins celui de l'adoption de politiques publiques. Cette logique concerne différents acteurs, tels que la Conférence des Nations unies pour le commerce et le développement, l'Organisation mondiale de la santé, le PNUE, le Forum économique mondial... Elle peut inclure des partenariats publics/privés (avec associations, organisations non gouvernementales et/ou représentations d'entreprises).
- À l'échelle européenne, un paquet « économie circulaire » a été adopté en 2018 par le Parlement et a été connecté à d'autres politiques européennes (feuille de route sur l'usage efficient des ressources, dans le cadre de la stratégie de croissance « Europe 2020 »). À destination des consommateurs et industriels, il reste principalement articulé autour d'enjeux économiques, ponctuellement environnementaux et sociaux. Il vise à « maintenir la valeur des produits, des matières et des ressources le plus longtemps possible, pour développer une économie durable, à faible intensité en carbone, efficace dans l'utilisation des ressources, et compétitive »¹³⁷. Le paquet « économie circulaire » entend notamment « remodeler l'économie de marché » en produisant et consommant autrement. Ainsi, le degré de « révolution économique » associé à l'économie circulaire est envisagé comme modéré. En détail, ce nouveau cadre de politiques publiques articule 6 domaines d'action (usage efficient des ressources, matières premières, éco-innovation, consommation, production, prévention et gestion des déchets) à travers deux axes, l'un légalement contraignant et l'autre non. L'axe législatif réforme la réglementation des déchets et du recyclage. Il vise à développer ce dernier (par exemple en visant 65 % de recyclage des déchets municipaux d'ici 2035 et 70 % de recyclage des emballages d'ici 2030) et à réduire la mise en décharge. Les plastiques, les emballages, les véhicules hors d'usage (VHU), les déchets d'équipements électriques et électroniques, et les batteries et accumulateurs sont particulièrement ciblés. Par ailleurs, le paquet « économie circulaire » dispose également d'un axe non législatif (plan d'action sur le cycle de vie des produits). Par ailleurs, le paquet « économie circulaire » intègre notablement la régulation des barrières qui peuvent lui être opposées. Il est en outre équipé d'outils et d'approches visant à encourager et tracer les progrès réalisés (niveaux, labels,

137 « Boucler la boucle », communication de la Commission européenne du 2 décembre 2015.

empreinte carbone, schémas de gestion, commandes publiques...). Les objectifs chiffrés dans le domaine des déchets et du gaspillage alimentaire restent par ailleurs privilégiés.

En France, les récentes politiques d'économie circulaire sont destinées aux acteurs publics et privés. Elles s'articulent autour de l'économie de ressources et visent à la fois le changement et la baisse de la consommation.

Ainsi, la loi sur la transition énergétique institue le concept d'économie circulaire comme vecteur de développement durable. « *La transition vers une économie circulaire vise à dépasser le modèle économique linéaire consistant à extraire, fabriquer, consommer et jeter, en appelant à une consommation sobre et responsable des ressources naturelles et des matières premières primaires ainsi que, par ordre de priorité, à la prévention de la production de déchets, notamment par le réemploi des produits, et, suivant la hiérarchie des modes de traitement des déchets, à une réutilisation, à un recyclage ou, à défaut, à une valorisation des déchets.* » La loi TECV vise notamment l'augmentation de 30 %, d'ici 2030, du rapport entre le PIB et la consommation intérieure de matières, i.e. à produire plus avec moins. Elle vise également à réduire le gaspillage alimentaire.

Dans cette lignée, une nouvelle feuille de route nationale dédiée à l'économie circulaire, notamment comprise comme levier d'une nouvelle société, a été finalisée au printemps 2018. Elle oscille entre similitudes et disparités par rapport au paquet « économie circulaire » européen. Composée d'une cinquantaine de mesures destinées aux consommateurs, collectivités et entreprises, elle se structure autour de la production et de la consommation durables. Elle inclut en particulier l'optimisation de la gestion des déchets (avec focales sur les emballages et bouteilles, les plastiques, les biodéchets, le BTP, les VHU), la réduction du gaspillage et de l'obsolescence programmée. L'amélioration de l'information, des droits du consommateur (quant aux qualités environnementales, garanties et « réparabilité » des produits), de la responsabilité des producteurs et de ses dispositifs (filières REP) est également actée. En détail, la feuille de route privilégie le volontariat avant l'obligation directe (même si des ajustements de réglementations et de contrôles sont prévus). Disposant de très peu d'objectifs quantifiés en ce qui concerne la gestion des déchets (seul un objectif de 100 % de collecte), elle comporte des outils d'incitation et d'accompagnement, gestionnaires comme économiques. Elle inclut notamment des leviers fiscaux (réduction de la TVA à 5,5 % pour le recyclage, augmentation de la taxe générale sur les activités polluantes pour la mise en décharge et incinération) et des leviers d'expertise (dispositif Ademe « TPE PME gagnantes sur tous les coûts », pour réduire le gaspillage énergétique et la production de déchets).

Des stratégies régionales en faveur de la circularité existent par ailleurs *via* des plans d'action *ad hoc*, comme celui de la région Aquitaine, ou des schémas de développement économique. À l'échelle municipale, des métropoles comme Paris et Lyon ont adopté en 2017 un plan « Économie circulaire ». Ces initiatives partagent des volets fondamentaux, comme le recyclage. Elles peuvent varier ou mettre des accents différenciés sur les circuits courts, le gaspillage, l'obsolescence... La feuille de route nationale dédiée à l'économie circulaire implique également les niveaux locaux : l'usage de la tarification incitative (pour favoriser la valorisation des déchets) est laissé à la discrétion des collectivités – le cas échéant, elles peuvent bénéficier du soutien étatique.

Incertitudes

L'effectivité de l'économie circulaire est suspendue à différentes incertitudes.

L'effectivité de l'économie circulaire dépend de l'existence de volonté et de capacité d'acteurs...

- À imposer durablement cette thématique sur l'agenda politique ;
- À adopter des mesures *ad hoc*, fédérant le plus en amont possible (phases de cadrage et conception) le plus de parties prenantes possibles.

Ces logiques peuvent être suspendues à d'autres aléas, liés :

- À la capacité ou non d'acteurs à transformer l'expertise sur l'économie circulaire en dispositif d'intervention ;
- Au développement ou non de mobilisations sociales en faveur de l'économie circulaire ;
- Aux accords et relations entre acteurs privés et acteurs publics.

De plus, la conception et l'adoption d'une politique publique ne préjugent en rien de sa mise en œuvre et de ses effets. Or, la portée des nouvelles politiques d'économie circulaire – rupture ou rustine – ne sera pleinement déterminable qu'une fois pris en compte leurs mises en œuvre et effets de moyen et long termes. Les configurations d'acteurs restent toujours aussi centrales en ces étapes.

La mise en œuvre peut ne pas se faire, ou de manière décalée. Elle peut générer des effets parfois inattendus, voire contraires à ceux initialement recherchés, dus à des résistances, des imprévus ou encore aux fluctuations des moyens. Ainsi, le développement des politiques des déchets a conduit à une croissance préoccupante de la fraude, moins coûteuse d'un point de vue financier pour ceux qui en usent, mais bien plus d'un point de vue environnemental. De même, on peut évoquer les transpositions incertaines de politiques entre niveaux d'action. Pour autant, la cohérence intersectorielle constitue également un aléa non négligeable, potentiellement plus important que la cohérence interscalaire.

Tout changement d'action publique reste complexe...

- *A fortiori* quand le domaine de politique publique est marqué par des inerties longues (exemple de la politique nucléaire française ou de la sectorialité de l'action publique en général) ;
- Quand le degré de changement attendu est poussé, comme le suggère la transition vers l'économie circulaire, véritable révolution idéologique et pratique *a priori*.

L'exemple des limites de l'action publique environnementale

Beaucoup de voix s'élèvent depuis longtemps pour dénoncer l'ineffectivité et l'inefficacité de l'action publique environnementale mondiale, dont les limites illustrent celles de la régulation transnationale en général¹³⁸.

- L'action publique environnementale mondiale se présente comme éminemment fragmentée en une multitude de sous-domaines et thématiques disposant de leur propre portée, juridique ou non.
- De manière croissante depuis les années 1990, l'action publique s'est dotée d'outils d'accompagnement d'implémentation (suivi, surveillance, appui, sanction non punitive...). Néanmoins, les engagements pris à l'échelle planétaire restent souvent difficiles à traduire concrètement.
- Parfois floue, l'action publique environnementale mondiale peut être inadaptée aux terrains les plus localisés.
- Structurellement, elle est marquée par son recours au droit et instruments *soft*, choisis pour susciter en théorie l'adhésion la plus large possible. En 2005, la COP de Copenhague, articulée autour d'objectifs non contraignants sans précision de moyens, en a illustré les limites. Pour autant, le caractère *soft* ne veut pas dire systématiquement « sans obligation ». Dans le même temps, quand les contraintes existent, l'application n'est pas automatique – cela a été le cas du protocole de Kyoto. Plus largement, l'intervention publique environnementale mondiale manque de moyens de contrôle suffisamment solides, et d'une gestion suffisamment financée.
- Finalement, les États restent seuls souverains des formes, degrés et rythmes d'application des mesures globales. Régulièrement, la prédominance des intérêts particuliers et la variabilité des engagements nationaux chahutent la cohérence de l'action publique environnementale mondiale, dont les implémentations restent foncièrement hétéroclites et difficilement évaluables. En Europe, des pays commencent déjà à reculer sur les engagements pris durant les toutes dernières conférences climatiques.
- En termes thématiques, des « trous dans la raquette » apparaissent de manière évidente. Ainsi, alors que le développement du transport international est particulièrement attendu ces prochaines décennies, il reste encore peu pris en compte dans les politiques climatiques mondiales.
- La géopolitique des ressources naturelles relève de tensions, dont l'issue est par ailleurs incertaine.

¹³⁸ De manière générale, l'action publique mondiale présente une tension récurrente entre universalisme, la rendant applicable partout, et abstraction, la rendant implémentable nulle part.

Cet exemple transnational ne signifie pas l'absence de limites aux autres échelles d'action. En Europe, à titre d'exemple, les politiques des déchets produisent pour le moment des résultats très disparates, en termes de traitement comme de territoires d'action. En France, de manière générale, les acteurs publics environnementaux restent des acteurs faibles. Malgré leurs déploiements indéniables, ils souffrent régulièrement d'arbitrages défavorables et de moyens réduits depuis les années 1970. La montée en puissance d'outils symboliques (comme la labellisation écologique) exprime justement le resserrement des fonds publics.

Les contradictions potentielles entre accords commerciaux et économie circulaire

Enfin, un aléa central relatif au développement de l'économie circulaire tient dans sa compatibilité avec les accords commerciaux en cours, aux échelles internationale et régionale.

- À l'échelle mondiale, les aides aux énergies renouvelables sont actuellement au cœur de litiges commerciaux. Elles sont en effet considérées comme obstacles au libre-échange et contraires aux mesures de l'OMC. C'est plus largement le cas de l'environnement : sa protection se heurte régulièrement aux dispositions prises dans les nombreux accords chapeautés par cette organisation (accords relatifs aux obstacles techniques au commerce, à l'agriculture, aux mesures phytosanitaires et sanitaires, aux subventions et mesures compensatoires, ou encore aux droits de propriété intellectuelle). Certes, des mesures environnementales protectrices ou de protectionnisme vert existent. Elles peuvent avoir été défendues par la Chine par exemple, dans le cas de quotas restrictifs d'exportation de matières premières. De même, l'article XX de « l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce »¹³⁹ fait mention de la possibilité pour la protection des ressources naturelles limitées d'être une exception dans la lutte contre les barrières non tarifaires. Cependant, cette exception ne peut être invoquée que si elle apparaît non discriminatoire, légitime et nécessaire. Or, une telle démonstration reste délicate en pratique.
- Finalement, les nouveaux traités transatlantiques¹⁴⁰ en cours d'adoption restent très éloignés des préoccupations de circularité. Ils soulèvent autant d'incertitudes que d'inquiétudes du point de vue de leurs impacts environnementaux. Par ailleurs, de nouveaux accords doivent être prochainement signés entre les régions asiatique et européenne, sans que le principe de circularité n'ait été évoqué.

Les externalités négatives de l'économie circulaire

« “L'en vert” est-il pavé de bonnes intentions ? » Au-delà de l'action publique, les logiques mêmes de l'économie circulaire ne sont pas dénuées d'effets pervers. Le développement des nouvelles technologies dites « vertes » et des nouvelles technologies de l'information

¹³⁹ « Sous réserve que ces mesures ne soient pas applicables de façon à constituer soit un moyen de discrimination arbitraire ou injustifiable entre les pays où les mêmes conditions existent sur, rien dans le présent accord ne serait interprété comme empêchant l'adoption ou l'application par toute partie contractante des mesures se rapportant à la conservation des ressources naturelles épuisables, si de telles mesures sont appliquées conjointement avec des restrictions à la production ou à la consommation nationale ».

¹⁴⁰ TAFTA, TTIPP, CETA en particulier.

et de la communication génère effectivement des externalités négatives. En effet, ces technologies se basent notamment sur l'extraction et la transformation de métaux, courants et rares, procédés dont les coûts environnementaux, mais également socioéconomiques et géopolitiques sont alarmants¹⁴¹. En outre, l'économie circulaire pourrait disposer d'effets sanitaires négatifs¹⁴². Or, pour le moment, les nouveaux dispositifs publics ne considèrent ni n'anticipent la « face sombre » de l'économie circulaire.

Hypothèses

Ces différentes situations d'incertitudes et leurs issues vont peser sur l'avenir et la concrétisation de l'économie circulaire. Elles sont à considérer comme variables conditionnant la conception d'hypothèses et de scénarii à 20-30 ans. Synthétiquement, les hypothèses suivantes seraient à privilégier, en considérant globalement la coexistence de logiques circulaires et linéaires, horizon sans doute le plus réaliste à ce jour.

Hypothèse 1. La structuration avancée de l'action publique relative à l'économie circulaire

Favorisée par la coordination des mesures européennes et nationales comme par les initiatives locales, elle tend vers des objectifs ambitieux soutenus par de nouveaux partenariats publics-privés et de nouveaux marchés communs.

Hypothèse 2. Le développement ciblé et différencié des politiques d'économie circulaire

Sujettes à des conceptions différentes selon les niveaux, elles génèrent des résultats différenciés selon les branches d'activité, notamment selon le degré d'ancienneté des filières d'action et selon la capacité de changement des industriels et des ménages. Par exemple, les effets des mesures liées à la gestion des déchets sont tangibles plus tôt et plus intensément que ceux des mesures liées aux énergies renouvelables.

Hypothèse 3. La difficile institutionnalisation de l'action publique relative à l'économie circulaire

Marquées par une cohérence faible entre échelles et secteurs, elle vise des résultats modestes. Limitée en soutiens et en moyens, se voyant opposer le coût du changement, une baisse durable de la croissance mondiale, mais également une prise de conscience de ses effets négatifs, elle produit des changements marginaux.

141 « La grande bataille des métaux rares. La face cachée de la transition énergétique et numérique », Piron G., Les liens qui libèrent, Paris, 2018.

142 « Circular Economy Meets Environment and Health. Risks and Opportunities », WHO Meeting Report, octobre 2017.

Bibliographie

- « Les filières à responsabilité élargie du producteur », ADEME, Panorama 2013, Coll. Repères, 2014.
- « Le discours sur la stratégie nationale de développement durable en France. Anatomie du Grenelle de l'Environnement », L. Baechler, *L'Europe en formation*, n°352, pages 41-77, 2009.
- (2002). « Gouvernance mondiale de l'environnement », D. Bureau, M.C. Daveu, S. Gastalado, *Gouvernance mondiale*, CAE, pages 449-463, 2002.
- Rapport au Premier ministre : « L'impact de l'Accord économique et commercial global entre l'Union européenne et le Canada (AECG/CETA) sur l'environnement, le climat et la santé », Commission d'évaluation, 2017.
- « L'économie collaborative. Réservoir d'innovations pour le développement durable. », D. Demailly et al., Synthèse des résultats pour le projet PICO, version longue, 2016.
- « Le droit international de l'environnement et l'adaptation aux changements planétaires », S. Doumbé-Billé, *Mélanges en l'honneur de Michel Prieur. Pour un droit commun de l'environnement*, Paris, Dalloz, page 96, 2007.
- « La politique européenne de l'énergie », A. De Montesquiou, Rapport d'information du Sénat, 2006.
- « Le développement des énergies renouvelables et l'électricité », A. Evrard, *Écologie et politique* n°49, pages 67-80, 2014.
- « La résistible intégration des énergies renouvelables. Changement et stabilité des politiques énergétiques en Allemagne et en France », A. Evrard, *Notes de recherche* n°21, 2017.
- « Sociologie politique : l'action publique », P. Hassenteufel, Paris, Colin, 2009.
- « Examen de la gouvernance environnementale dans le système des Nations unies », T. Inomata, Corps commun d'inspection, Nations unies, Genève, 2008.
- « L'Union européenne et sa politique énergétique », J.H. Keppler, *Politique étrangère* édition Automne, pages 529-543, 2007.
- « From Apologia to utopia. The structure of International Legal Argument », M. Koskenniemi, New York, CUP, 1989.
- « Action publique et environnement. Que sais-je ? », P. Lascoumes, Paris, PUF, 2012.
- « L'enjeu du contrôle dans le droit international de l'environnement et le Protocole de Kyoto en particulier », S. Maljean-Dubois, *Changements climatiques. Les enjeux du contrôle international*, CERIC, *La documentation française*, page 17, 2007.
- « La mise en œuvre du droit international de l'environnement », S. Maljean-Dubois, Publications de l'IDDRI, Analyses 3, 2003.
- « Le droit international au défi de la protection de l'environnement : quel bilan ? quelles perspectives ? », S. Maljean-Dubois, Les notes du Pôle, disponible sur <http://pddtm.hypotheses.org/231>, 2013.

- « Les énergies renouvelables », F. Meunier, *Le Cavalier bleu*, 2010.
- Chiffres clés de l'énergie – Édition 2016, MTES, DATALAB, 2017.
- « 50 mesures pour une économie 100 % circulaire », MTES, Feuille de route Économie circulaire, 2018.
- « Données sur l'environnement. Accords multilatéraux », OCDE, 2008.
- « Ressources naturelles, coopération internationale et réglementation du commerce », OMC, Rapport sur le commerce mondial 2010, pages 60-99, 2010.
- « Le droit comme instrument des politiques juridiques de l'environnement. Effectivité et symbolisme des normes », M. Pallemarts, dans *La protection de l'environnement au cœur du système juridique international et du droit interne. Acteurs, valeurs et efficacité.* de M. Faure et M. Pâques, Bruxelles, Bruylant, pages 57-67, 2003.
- « L'économie circulaire. État des lieux et perspectives », B. Perret et al, CGEDD/MEDDE, 2014.
- « Gouvernance internationale en matière d'environnement », PNUE, Rapport du directeur exécutif, 2001.
- « Le droit international de l'environnement à la croisée des chemins : globalisation versus souveraineté nationale », Y. Petit, *Revue juridique de l'environnement* n°36, pages 31-35, 2011.
- « Environnement », Y. Petit, *Répertoire Dalloz de droit international*, 65-76, page 61, 2010.
- « La grande bataille des métaux rares. La face cachée de la transition énergétique et numérique », G. Piron, *Les liens qui libèrent*, 2018.
- « Circular Economy Meets Environment and Health. Risks and Opportunities », WHO Meeting Report. octobre 2017.
- « La politique énergétique française au XX^{ème} siècle : une construction historique », annales des Mines, *Réalités industrielles*, août 1998.

Formes d'entreprises et modèles économiques

Cécile Désaunay, Futuribles

Définition

L'objectif de cette fiche est d'explorer les évolutions possibles des formes d'entreprises. Il s'agit d'analyser ces évolutions pour savoir si elles favorisent plutôt un émiettement des structures ou favorisent *a contrario* l'émergence de grosses structures.

Définitions

Suite à l'article 51 de la loi du 4 août 2008 de modernisation de l'économie, on distingue en France quatre catégories d'entreprises :

- Les PME (petites et moyennes entreprises), qui emploient moins de 250 personnes et dont le chiffre d'affaires annuel ne dépasse pas 50 millions d'euros ou dont le total de bilan n'excède pas 43 millions d'euros ;
- Parmi les PME, les MIC (microentreprises), qui occupent moins de 10 personnes et dont le chiffre d'affaires annuel ou le total de bilan n'excède pas 2 millions d'euros ;
- Les ETI (entreprises de taille intermédiaire), qui occupent moins de 5 000 personnes et qui ont un chiffre d'affaires annuel n'excédant pas 1 500 millions d'euros ou un total de bilan n'excédant pas 2 000 millions d'euros ;
- Les GE (grandes entreprises), qui sont les entreprises non classées dans les catégories précédentes.

Groupe : ensemble de sociétés liées entre elles par des participations au capital et parmi lesquelles l'une exerce sur les autres un pouvoir de décision.

Secteur d'activité : regroupe des unités de production de même activité principale.

Taux de marge : rapport de l'excédent brut d'exploitation à la valeur ajoutée hors taxes.

Taux de valeur ajoutée : rapport de la valeur ajoutée hors taxes au chiffre d'affaires.

Rétrospective

Tendance lourde. Tissu d'entreprises : les petites structures ultramajoritaires, mais les grandes entreprises dominant sur le plan économique¹⁴³

L'INSEE a récemment révisé son approche statistique du tissu des entreprises : elle n'analyse plus les unités légales mais les entreprises, afin de mieux prendre en compte la réalité des groupes et leur impact sur l'organisation des structures (certaines filiales n'ayant pas ou peu d'autonomie de fonctionnement). Cette nouvelle approche montre que la concentration de ce tissu est beaucoup plus importante que prévu. Par exemple, alors que les PME réalisent 41 % des exportations du pays, leur part chute à 16 %, si l'on exclut les filiales d'ETI ou de GE. Par ailleurs, avec cette nouvelle méthode, les entreprises industrielles sont rapprochées de leurs filiales tertiaires, ce qui se traduit par un poids plus important de l'industrie dans l'économie.

La France compte, en 2015, 3,82 millions d'entreprises dont¹⁴⁴ :

- 3,6 millions de microentreprises (96 % du total), qui emploient 18 % des salariés ;
- 140 000 PME (28 % des salariés) ;
- 5 750 ETI (25 % des salariés) ;
- 287 grandes entreprises (29 % des salariés) ;

À titre de comparaison, en 2012, l'Allemagne compte 2,2 millions d'entreprises, dont 12 000 ETI, et l'Italie, 3,8 millions d'entreprises, dont 8 000 ETI¹⁴⁵. La France se caractérise donc par un nombre très élevé de très petites structures et un nombre limité d'entreprises de taille moyenne, ce que de nombreux analystes interprètent comme une difficulté à faire vivre et grandir les PME, qui sont massivement absorbées par de grands groupes.

France : proportion de PME françaises absorbées par un grand groupe (en moyenne chaque année)

Taille de la PME (emploi)	Proportion absorbée chaque année par un grand groupe (en %)
20 à 49	8,00
50 à 99	12,00
100 à 249	14,00
250 à 499	16,50

Sources : INSEE, Suse (1995 et 1999) et LIFI (1999 et 2003)

Source : <http://cib.natixis.com/flushdoc.aspx?id=77818>

Deux facteurs sont avancés pour l'expliquer : d'une part, la volonté des créateurs d'entreprises dynamiques d'en retirer rapidement des bénéfices (et leur peur de franchir certains seuils sociaux en grandissant) ; d'autre part, une préférence des grandes entreprises pour la croissance externe (donc les rachats).

¹⁴³ http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ENTFRA15c_D1_Entreprises.pdf

¹⁴⁴ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3303564?sommaire=3353488>

¹⁴⁵ <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do> ; <http://cib.natixis.com/flushdoc.aspx?id=77818>

En 2013, 1 % des entreprises françaises (25 000) ont assuré à elles seules les deux tiers de la valeur ajoutée des entreprises françaises, et 0,2 % en représentent 56 %. Il s'agit uniquement de grandes entreprises et d'ETI : à l'opposé, les microentreprises ne représentent qu'un quart de la valeur ajoutée.

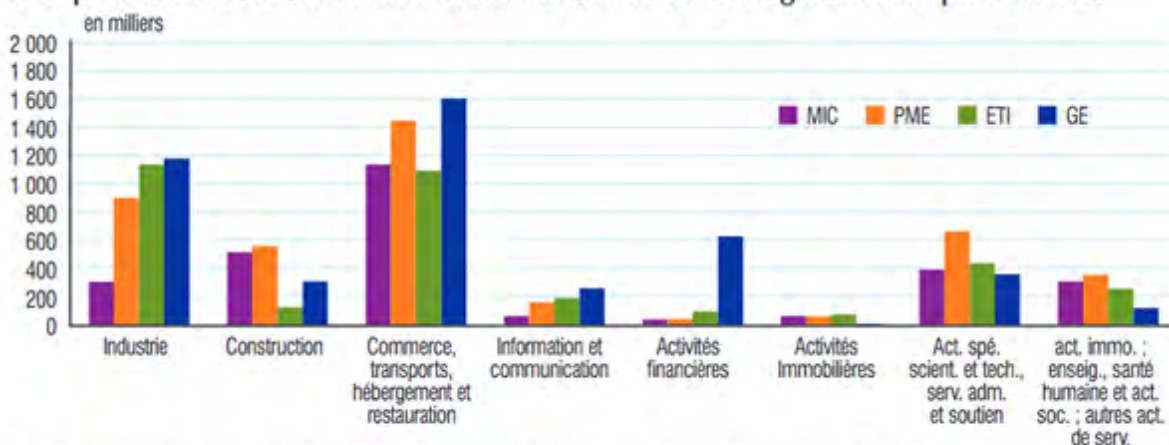
De même, les 243 grandes entreprises concentrent à elles seules 30 % des salariés.

Ce phénomène de concentration des emplois et de la valeur ajoutée est en hausse sur longue période, même si les évolutions des approches statistiques de l'INSEE rendent les comparaisons difficiles.

Le secteur le plus concentré est celui des activités financières et des assurances (une trentaine d'entreprises emploient 80 % des salariés). L'industrie est également très concentrée (80 grandes entreprises emploient un tiers des salariés), de même que le secteur de l'information et de la communication.

À l'inverse, les services aux particuliers et la construction sont dominés par les TPE, notamment. D'autres secteurs recouvrent des structures de tailles différentes, comme le commerce, les transports et la restauration.

4. Répartition des effectifs selon le secteur d'activité et la catégorie d'entreprise en 2012



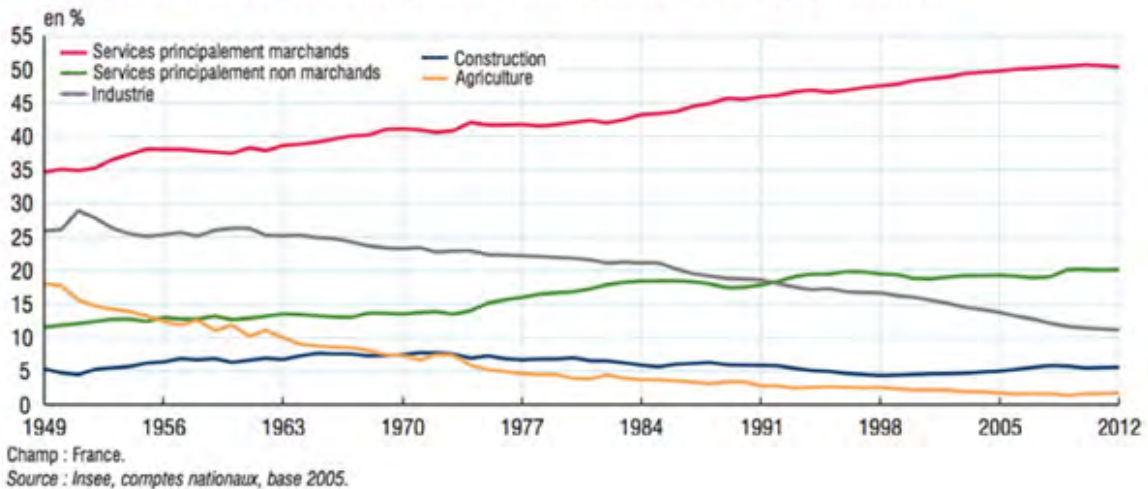
Champ : entreprises (y compris micro-entreprises au sens fiscal et micro-entrepreneurs) dont l'activité principale est non financière, non agricole et hors administrations publiques.

Note : seules les entreprises ayant un chiffre d'affaires positif en 2012 sont retenues.

Source : Insee, *Ésane, Lili 2012*.

Sur longue période, on observe aussi une tertiarisation de l'économie française : les services marchands et non marchands représentent, en 2012, 70 % de la valeur ajoutée de l'économie française, contre 55 % en 1970. Parallèlement, l'industrie ne représente plus que 10 % de la valeur ajoutée, contre 25 % il y a quarante ans, et la part de l'agriculture est passée de 8 % à 2 %.

2. Part des différentes branches dans la valeur ajoutée totale de l'économie



Cette tendance peut avoir des impacts sur la taille des entreprises : d'un côté, la réduction du poids de l'industrie peut se traduire par une baisse du nombre de grandes entreprises, de l'autre, l'essor des services se traduit à la fois par la création de grands groupes et par la multiplication de MIC et de PME.

Microentreprises

Les deux tiers n'ont aucun salarié et 16 % n'en ont qu'un. 70 % des salariés sont dans les activités tertiaires (64 % pour les autres catégories) et 19 % dans la construction (11 % pour les autres).

PME

Elles comptent en moyenne une trentaine de salariés. Elles se caractérisent par une grande diversité d'activités.

ETI

Ils emploient en moyenne 660 salariés, et un tiers de ces salariés travaille dans l'industrie manufacturière (18 % en moyenne pour les autres catégories). Un quart des ETI sont sous le contrôle de groupes étrangers.

Grandes entreprises

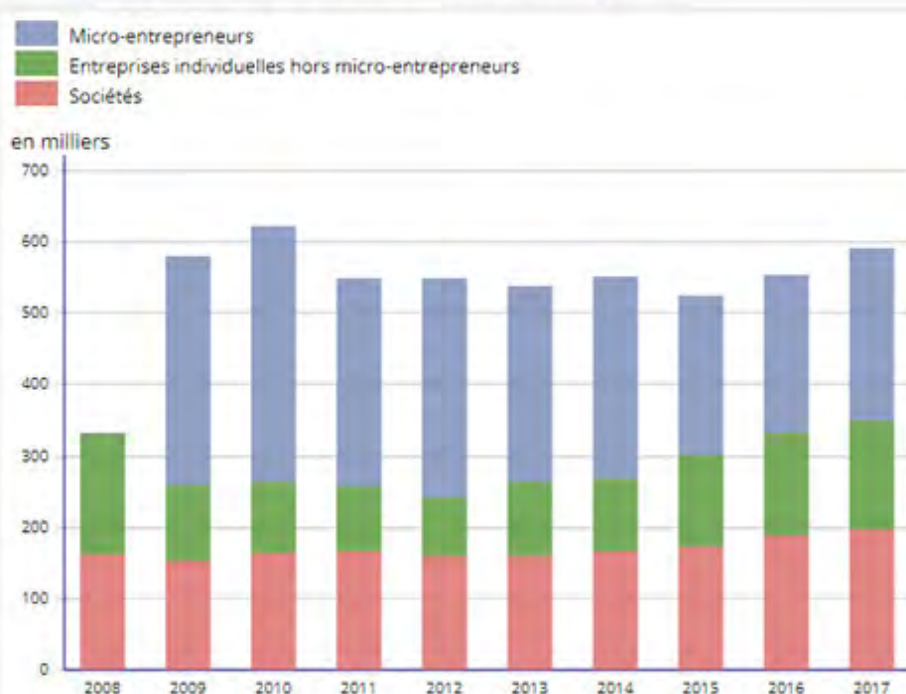
Elles emploient en moyenne 14 000 salariés en France, et les trois-quarts sont des groupes français.

Tendance lourde. Croissance des créations d'entreprises, tirée par le statut d'auto-entrepreneur

Les créations d'entreprises en France ont beaucoup augmenté depuis 2009, suite à la création du statut d'auto-entrepreneur. Ainsi, depuis cette date, plus de 500 000 entreprises sont créées chaque année en France, dont la moitié sous le régime d'auto-entrepreneur (devenu « micro-entrepreneur » en décembre 2014). Néanmoins, le

nombre de créations de microentreprises pourrait diminuer à partir de 2016, avec la mise en place de règles fiscales et déclaratives plus contraignantes.

Figure 1 - Évolution du nombre de créations d'entreprises



Lecture : en 2017, le nombre de créations de sociétés s'élève à 197 900.
 Champ : ensemble des activités marchandes non agricoles.
 Source : Insee, répertoire des entreprises et des établissements (Sirene).

Source : INSEE.

En 2012, le taux de création d'entreprises (nombre de créations d'entreprises d'une année/stock d'entreprises au 1^{er} janvier de cette même année) est de 10,2 % en France, contre 11,4 % au Royaume-Uni et 7,8 % en Allemagne.

Trois secteurs concentrent les deux-tiers des créations d'entreprises : le commerce et les transports ; les activités spécialisées, scientifiques, techniques et de soutien ; et les « autres activités de services ».

1. Stocks d'entreprises et entreprises créées en 2014

	Nombre d'entreprises au 1 ^{er} janvier 2014			Nombre d'entreprises créées en 2014	
	Ensemble	Personne morale (société)	Personne physique (y c. auto-entreprise)	Ensemble	dont : auto-entreprises
Industrie manufacturière, industries extractives et autres	260 607	161 214	99 393	28 461	15 531
Construction	530 863	289 720	241 143	76 512	32 480
Commerce de gros et de détail et transports	877 627	504 804	372 823	122 575	64 010
Hébergement et restauration	266 737	171 491	95 246	29 599	9 286
Information et communication	143 290	89 511	53 779	26 571	16 325
Activités financières et d'assurance	138 987	116 601	22 386	14 125	2 079
Activités immobilières	177 222	133 873	43 349	15 939	3 298
Activités spécialisées, scientifiques, techniques et de soutien	686 171	352 365	333 806	117 403	68 031
Enseignement, santé humaine et action sociale	537 532	78 655	458 877	64 909	35 125
Autres activités de services	312 523	91 705	220 818	54 639	37 285
Ensemble	3 931 559	1 989 939	1 941 620	550 733	283 450

Champ : France, ensemble des activités marchandes non agricoles.

Source : Insee, Sirene, Répertoire des entreprises et des établissements.

Tendance lourde. Un taux de survie des entreprises élevé¹⁴⁶

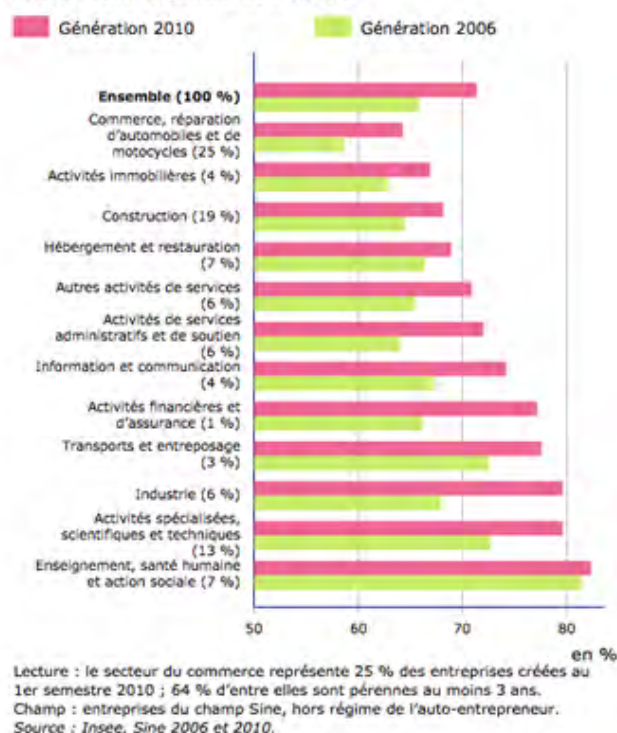
En 2013, en excluant les auto-entreprises, 71 % des entreprises créées en 2010 étaient toujours actives, soit un taux de survie à trois ans supérieur de cinq points à celles créées en 2006 (et toujours en vie en 2009) et de 8 points à celles créées en 1998 (et toujours en vie en 2001)¹⁴⁷.

Cette amélioration peut s'expliquer à la fois par la crise et par la création du statut d'auto-entrepreneur, qui peut attirer les projets les moins solides¹⁴⁸.

Sur longue période, selon l'INSEE, la pérennité des entreprises à trois ans dépend de plusieurs facteurs :

- Le secteur d'activité : la survie est la plus élevée dans la santé (85 %), l'industrie (80 %), le transport (78 %) et les services aux entreprises (77 %). À l'inverse, elle est faible pour les entreprises du commerce (64 %), de l'immobilier (67 %) et de la construction (68 %). Or, ces secteurs sont aussi ceux qui enregistrent le plus de créations d'entreprises, donc pour lesquels le taux de renouvellement est le plus élevé. Ainsi, le commerce a représenté un quart des créations d'entreprises au premier semestre 2010 mais, 10 ans après, seules 64 % sont encore actives. Le constat est le même dans la construction et l'hébergement-restauration.
- La catégorie juridique : les sociétés ont plus de chance de survivre (77 %) que les entreprises individuelles (62 %) ;
- Le capital initial investi (plus il est élevé, plus le taux de survie l'est, notamment s'il dépasse 40 000 euros) ;
- L'âge du créateur, son niveau de diplôme et l'expérience dont il dispose déjà dans le secteur.

Figure 2 - Taux de pérennité à trois ans des entreprises créées en 2010 ou en 2006 selon leur activité

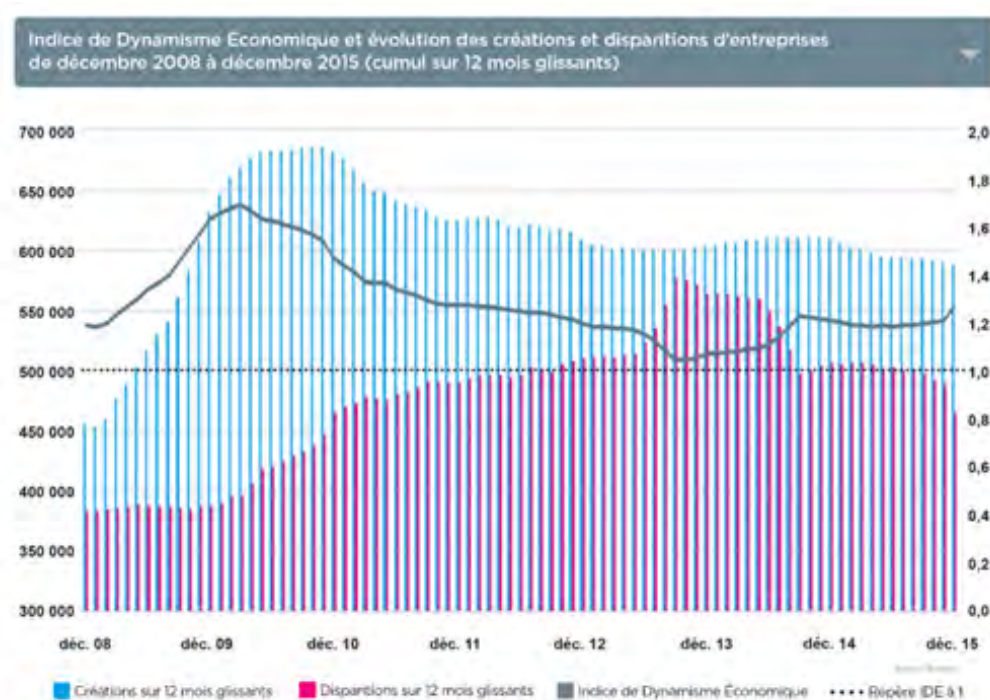


146 http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1543

147 http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=O&ref_id=ip1064&page=graph#graphique1

148 http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ENTFRA15g_FTL01_prod.pdf

Entre 2008 et 2015, les disparitions d'entreprises en France ont toujours été largement compensées par les créations¹⁴⁹.



Au niveau européen, le taux de survie des entreprises françaises est plus élevé que celui des entreprises allemandes ou britanniques, mais plus faible que celui des entreprises belges et suédoises¹⁵⁰.

Tendance lourde. Des défaillances élevées pour les petites entreprises

Les défaillances d'entreprises ont beaucoup augmenté entre les années 1970 et le milieu des années 1990, avant de diminuer temporairement jusqu'en 2000. Depuis 15 ans, elles sont de nouveau en hausse, même si un pallier semble atteint depuis cinq ans¹⁵¹.

149 L'Indice de Dynamisme Économique d'Ellisphere (IDE) est un ratio calculé entre les créations et les disparitions des entités juridiques disposant d'un SIREN en France Métropolitaine sur 12 mois glissants. Source : https://www.ellisphere.com/uploads/pdf/CP/CP%20ELLISPHERE%20-%20O5%20-%20Dynamisme_du_tissu_entrepreneurial_francais_O62016.pdf

150 http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oe.cd/industry-and-services/panorama-de-l-entrepreneuriat-2015_entrepreneur_aag-2015-fr#page64

151 <http://www.insee.fr/fr/themes/series-longues.asp?indicateur=nombre-defaillances-entreprises>



Entre avril 2015 et avril 2016, la Banque de France a même enregistré une baisse des défaillances d'entreprises de 5,1 %¹⁵².

Les secteurs enregistrant le plus de défaillances d'entreprises sont le bâtiment, le commerce, les services aux particuliers, les services aux entreprises et l'industrie (hors agroalimentaire). Les entreprises de 1 à 9 salariés représentent à elles seules 63 % des défaillances, et les entreprises sans salarié, 30 % (majoritairement des auto-entrepreneurs et des artisans)¹⁵³. Ceci s'explique par le fait que ces petites structures représentent l'essentiel des entreprises et des créations d'entreprises. Le risque de défaillance est particulièrement élevé pour les entreprises de 3 à 5 ans, suivies par celles de 6 à 10 et celles de moins de 3 ans.

Émergence : Grande diversité des auto-entrepreneurs

En 2017, les micro-entrepreneurs représentent près des deux-tiers des créations d'entreprises individuelles et près de la moitié des créations d'entreprises. Derrière ce statut sont regroupées des réalités très différentes :

- Les auto-entrepreneurs sont un peu plus représentés avant 30 ans et après 60 ans. Avant de lancer leur structure, ils étaient souvent salariés du privé (38 %) ou chômeurs (30 %) – les personnes sans activité professionnelle (12 %), les retraités (6 %), les salariés du public (5 %) et les étudiants (5 %) étant minoritaires mais plus représentés que parmi les autres créateurs d'entreprises ;
- Quatre secteurs concentrent la majorité des auto-entreprises : les activités de soutien et de conseil aux entreprises (25 % des auto-entreprises créées au premier semestre 2010), le commerce (21 %), les services aux ménages (17 %) et la construction (15 %) ;

¹⁵² <https://www.banque-france.fr/economie-et-statistiques/stats-info/detail/defaillances-dentreprises.html>

¹⁵³ <http://www.altares.com/fr/actualites/nos-publications/defaillances-et-sauvegardes-186/>

- L'auto-entrepreneuriat constitue très souvent une activité complémentaire à une activité salariée : c'est le cas pour 90 % des salariés du public et 60 % des salariés du privé. Par contre, il s'agit d'une activité principale pour les trois-quarts des anciens chômeurs et inactifs ;
- En 2012, seules 72 % des auto-entreprises existantes en France correspondaient à une activité économique effective. Et, dans 75 % des cas, les revenus annuels retirés étaient inférieurs à 8000 euros, contre 25 % pour les indépendants classiques. Ceci s'explique à la fois parce que l'activité d'auto-entrepreneur constitue un complément, et parce que les plafonds de chiffre d'affaires sont relativement bas et supposent un changement de statut lorsqu'ils sont dépassés. Par ailleurs, cette moyenne peut cacher des différences importantes de revenus selon les secteurs et les entreprises.

Triple mouvement de repli sur le cœur de métier, externalisation et délocalisation¹⁵⁴

Définitions

Externalisation en France d'une activité : transfert total ou partiel de cette activité vers une société implantée en France (appartenant ou non au groupe).

Délocalisation d'une activité : transfert total ou partiel de cette activité vers une société implantée à l'étranger (appartenant ou non au groupe). Cette activité pouvait avant sa délocalisation être effectuée au sein de la société ou être déjà externalisée dans une société en France.

Activité cœur de métier : il s'agit de la production de biens ou de services destinés au marché ou à des tiers, réalisée par la société et générant un chiffre d'affaires. C'est le plus souvent l'activité principale de la société. Elle peut également inclure d'autres activités secondaires si la société considère qu'elles constituent une part de ses fonctions essentielles.

Activités support : ce sont les activités mises en œuvre par la société pour permettre ou faciliter la production de biens ou services destinés au marché ou à des tiers. Les productions de ces activités support ne sont pas directement destinées au marché ou à des tiers.

Source : http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1451

Selon Elie Cohen, directeur de recherche au CNRS, les grandes entreprises françaises ont réalisé depuis une vingtaine d'années un triple mouvement stratégique¹⁵⁵ :

- *Refocusing* ou recentrage sur la ou les activité(s) cœur de métier

Ce mouvement a été amorcé dès les années 1980 aux États-Unis, et s'est depuis diffusé sous l'impact de la mondialisation, de la généralisation des TIC et de la financiarisation mondiale. Il s'est par exemple observé chez les constructeurs automobiles qui, après avoir intégré toutes les activités de leur secteur, ont amorcé le mouvement inverse et sont progressivement devenus des assembleurs.

154 Sources : http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1451 ; <http://www.insee.fr/fr/ppp/sommaire/imet109r.pdf>

155 <http://www.insee.fr/fr/ppp/sommaire/imet109r.pdf>

Ce mouvement pourrait cependant être remis en cause à l'avenir, notamment avec l'apparition de nouveaux modèles économiques, comme l'économie de fonctionnalité ou l'économie circulaire, qui supposent que les acteurs économiques aient une vision de l'ensemble du cycle de vie de leurs produits.

On pourrait aussi assister à la multiplication des écosystèmes d'acteurs se créant autour d'un produit ou d'un service (comme c'est déjà le cas dans l'automobile), afin d'optimiser l'utilisation des ressources, développer de nouveaux produits et services, etc. Cette dynamique pourrait accroître le recours accru à des prestataires extérieurs (entreprises, travailleurs indépendants, etc.) travaillant en mode projet autour de collectifs éphémères. Les outils numériques permettant d'assurer la rencontre de l'offre et de la demande, mais également d'organiser le travail à distance, sont des facilitateurs de ce type de dispositifs.

- *Outsourcing* ou externalisation

Il s'agit pour l'entreprise de déléguer à un prestataire spécialisé la gestion d'une activité considérée comme annexe. Ce mouvement s'est fait par vagues successives pour la restauration, les activités d'entretien, le système d'information, etc. Il a donc longtemps concerné des fonctions périphériques, mais peut aujourd'hui porter sur des fonctions plus proches du cœur de métier, notamment dans le secteur de l'informatique et de l'électronique. Il s'accompagne de plus en plus souvent de délocalisations. Aujourd'hui, des entreprises s'interrogent sur la réintégration de certaines activités qu'elles avaient externalisées, et qu'elles considèrent désormais comme stratégiques : c'est notamment le cas des systèmes d'information.

Ce mouvement d'*outsourcing* semble néanmoins difficile à remettre en cause pour des activités véritablement secondaires (comme l'entretien ou la restauration), pour lesquelles la délégation est beaucoup plus logique économiquement.

- *L'offshoring* ou délocalisation

Ces délocalisations sont le plus souvent motivées par la volonté de réduire les coûts. Néanmoins, avec la montée en gamme des pays émergents, des écosystèmes de production voient le jour et peuvent aussi concurrencer les pays développés sur la qualité.

À l'avenir, les délocalisations pourraient diminuer dans le secondaire sous l'effet de la hausse des salaires dans les pays émergents, et des progrès technologiques qui permettent de produire au plus près des consommateurs (intelligence artificielle et robotisation, impression 3D...). Des relocalisations plus ou moins partielles d'activités pourraient ainsi s'observer, pouvant amener à raccourcir certaines chaînes de valeur (*voir fiche sur les chaînes de valeur*). En France, certaines entreprises ont déjà franchi le pas, comme Rossignol (skis) ou Kusmi Tea. Néanmoins, le chercheur El Mouhoub Mouhoud considère que ces relocalisations sont pour l'instant marginales en France, car les délocalisations sont elles-mêmes peu nombreuses depuis une dizaine d'années. Mais le processus de relocalisations s'est effectivement accéléré depuis quelques années, principalement dans les secteurs pour lesquels l'automatisation devient moins chère que le coût de la main-d'oeuvre dans les pays en développement¹⁵⁶. En revanche, dans les services, les délocalisations continuent à s'amplifier, selon lui.

En revanche, les délocalisations pourraient continuer à se développer pour les services,

¹⁵⁶ Source : interview pour Alternatives économiques, n° 380, juin 2018

grâce au numérique pour des tâches peu qualifiées mais aussi plus qualifiées (informatique, traduction, médecine...), et grâce à la montée en qualification des travailleurs dans les pays émergents.

Ces trois mouvements se combinent de plus en plus au sein d'un même groupe. Ainsi, en quelques années, le groupe Thomson a abandonné plus des trois-quarts de ses activités, pour se recentrer sur l'amont (la propriété industrielle) et vers l'aval (services audiovisuels). Qu'il s'agisse d'activités support ou relevant du cœur de métier, il n'est en effet plus nécessaire qu'elles soient toutes regroupées géographiquement. Au contraire, il est souvent plus intéressant de les répartir entre différents acteurs et pays, ce qui est rendu possible par le numérique et la mondialisation (notamment les réseaux de transport).

Le choix de la sous-traitance ou de la création de filiales dépend des activités : les plus stratégiques (R&D, management, gestion...) sont généralement conservées au sein des groupes, alors que d'autres (logistique, informatique...) sont plus facilement sous-traitées à des entreprises tiers.

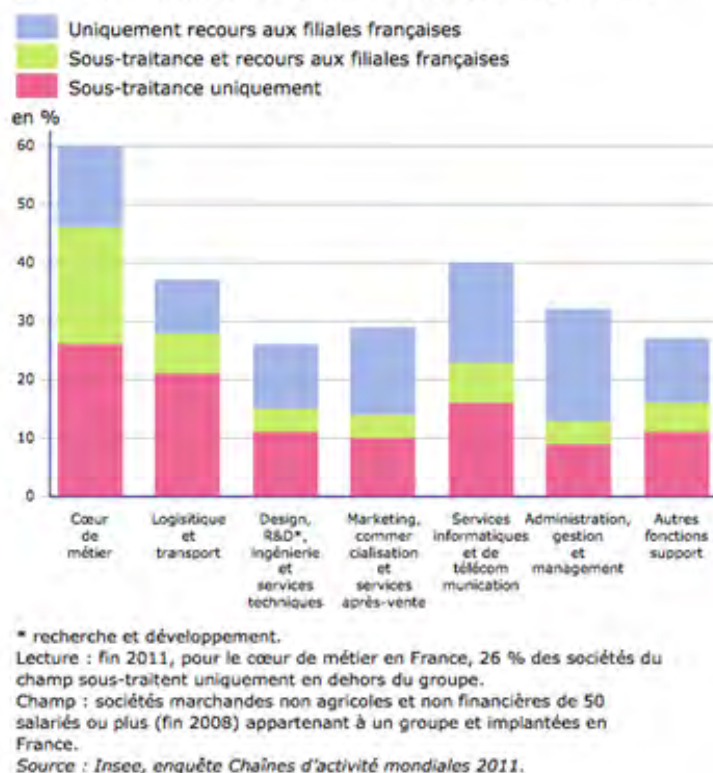
Actuellement, selon les données de l'INSEE, 18 % des sociétés marchandes non agricoles et non financières de 50 salariés ou plus, installées en France, sous-traitent une partie de leur activité à l'étranger¹⁵⁷. La pratique est particulièrement répandue dans l'industrie manufacturière et dans le secteur de l'information et de la communication. Pour les activités supports, les entreprises privilégient les pays européens, les États-Unis, l'Afrique et l'Inde ; pour les activités relevant de leur cœur de métier, elles se dirigent plutôt vers la Chine. Le recours à la sous-traitance internationale augmente avec la taille de l'entreprise. Elle est aussi plus fréquente pour les sociétés appartenant à un groupe multinational : 28 % sont concernées, (contre 10 % des autres), et 38 % font appel, dans leur processus de production, à des filiales de leur groupe situées à l'étranger.

Par ailleurs, 57 % des sociétés françaises de 50 salariés ou plus ont recours à de la sous-traitance intranationale, avec des sociétés situées en France. Elle concerne principalement les activités cœur de métier (44 % des sociétés, contre 13 % pour la sous-traitance internationale), mais aussi la logistique et les transports (26 % contre 5 %), et les services informatiques et de télécommunication (22 % contre 2 %). La sous-traitance à d'autres entreprises françaises est plus fréquente pour les sociétés appartenant à un groupe (60 %) que pour les sociétés indépendantes (48 %).

Le taux de recours à des filiales françaises dépend du type d'entreprise : il concerne 57 % des sociétés appartenant à des groupes multinationaux sous contrôle français, 41 % appartenant à des groupes multinationaux sous contrôle étranger et 35 % à des groupes franco-français. Le recours aux filiales est privilégié pour les activités de marketing et d'administration, alors que, pour la logistique et le transport, la sous-traitance est le plus souvent utilisée.

¹⁵⁷ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1518

Figure encadré - Répartition du recours en France aux partenaires extérieurs à la société selon le type de partenaire



Selon une autre enquête réalisée dans 15 pays européens, le recours à la délocalisation internationale d'activités est plus faible en France que dans d'autres pays, car les entreprises françaises privilégient l'externalisation à d'autres entreprises du territoire¹⁵⁸. Les délocalisations sont aussi considérées comme difficiles et risquées par les entreprises françaises. Quand elles délocalisent, elles privilégient donc les destinations proches : d'autres pays européens dans 40% des cas.

Ce recours massif à la sous-traitance et aux filiales peut avoir des impacts importants sur le fonctionnement des entreprises sous-traitantes et des filiales. Ainsi, selon une étude du cabinet Altares, les deux-tiers des entreprises présentes en France paient leurs sous-traitants et leurs fournisseurs en retard, et 92 % pour les ETI et grandes entreprises¹⁵⁹. Au total, le montant des retards de paiements potentiels des 120 plus grandes entreprises françaises s'établissait, en avril 2015, à 3,97 milliards d'euros. Or, selon cette étude, un quart des faillites d'entreprises en France serait lié à ces retards de paiement. Ceux-ci seraient la conséquence soit de systèmes de paiement internes aux entreprises trop complexes, soit de comportements volontaires.

Les PME, les MIC mais aussi les ETI apparaissent comme les plus vulnérables, car elles sont souvent les derniers maillons de la chaîne de sous-traitance.

Selon une enquête réalisée en 2012 auprès de 300 dirigeants de PME et ETI, 57 % affirment subir des pressions importantes de la part de leurs donneurs d'ordres¹⁶⁰. Ces pressions concernent principalement les prix, mais aussi la qualité et le respect des délais.

158 <http://www.cepii.fr/blog/fr/post.asp?IDcommunique=226>

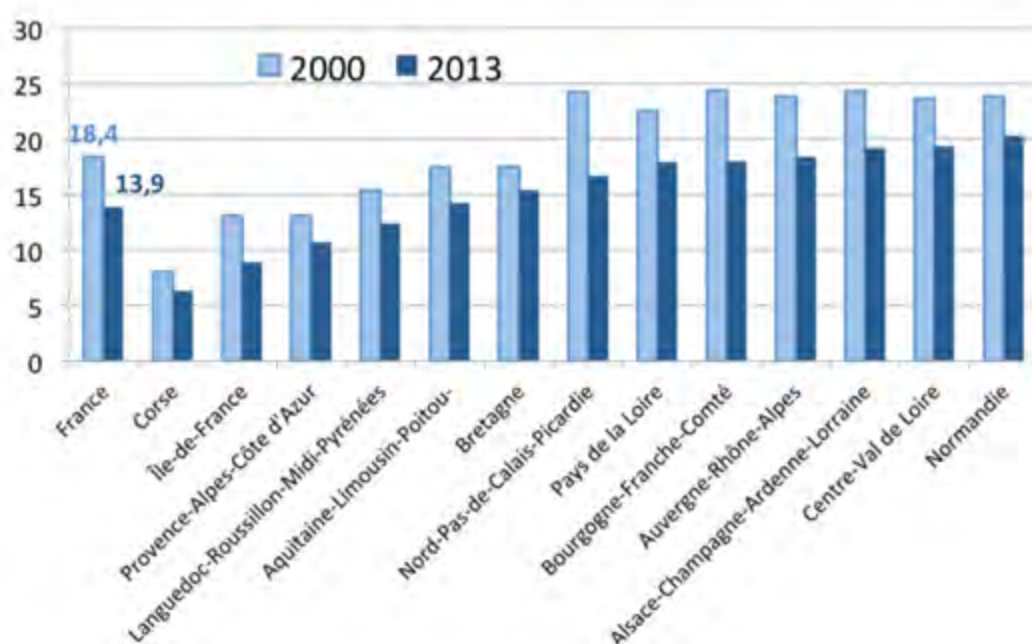
159 <https://blog.altares.com/2016/06/10/etude-comportements-de-paiement-des-entreprises-en-france-et-en-europe-2e-trimestre-2016/>

160 http://www.opinion-way.com/pdf/observatoire_de_la_performance_des_pme-eti_juin_2012_questions_d_actu.pdf

Tendance lourde. Avènement de la métropolisation et reconfiguration spatiale de la production de richesses

Depuis plusieurs années, on observe une forte recomposition de la géographie de l'activité économique en France. Le tissu industriel connaît un net recul : entre 1982 et 2009, l'emploi industriel a diminué de 15 %, passant de 4 millions à 3,4 millions d'emplois en France. Ce phénomène a touché les territoires de manière très contrastée : si le tissu industriel est traditionnellement fortement dispersé dans l'espace, il a en effet connu un recul inégal dans les territoires en fonction de leurs spécialisations sectorielles.

Baisse généralisée du poids de l'industrie dans le PIB



Source : Acoss.

L'emploi tertiaire a connu en parallèle une forte progression – représentant 76 % des emplois en 2017 contre 65 % il y a 25 ans – avec l'apparition de nouveaux métiers de services, mais aussi avec la convergence croissante entre l'activité de production et celle des services¹⁶¹. Cette progression a notamment profité aux territoires bénéficiant d'un fort dynamisme démographique, à savoir les façades littorales du Sud et de l'Ouest, mais aussi le Massif alpin. L'installation de nouveaux ménages, mais aussi la présence saisonnière d'une population touristique importante, ont généré des besoins en services qui ont stimulé le dynamisme de l'économie résidentielle locale.

161 <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2569348?sommaire=2587886>

La répartition géographique des entreprises selon leur taille

La France se caractérise par une concentration des grandes entreprises en Île-de-France : 39 % des salariés de la région travaillent pour une grande entreprise. Elles sont aussi très présentes dans les Hauts-de-France, compte tenu du poids historique de l'industrie (métallurgie, pneumatique, aéronautique...). Néanmoins, les grandes entreprises sont aussi présentes dans l'ensemble des agglomérations avec des activités comme la banque, l'assurance ou le génie civil.

Les ETI sont particulièrement présents dans le nord de la France, en lien avec leur poids dans l'industrie : ils représentent un quart de l'emploi dans les Pays de la Loire, en Nord-pas-de-Calais, en Picardie, en Alsace et en Champagne-Ardenne Lorraine.

La répartition des PME sur le territoire est plus équilibrée, notamment parce qu'elles s'inscrivent souvent dans l'économie locale.

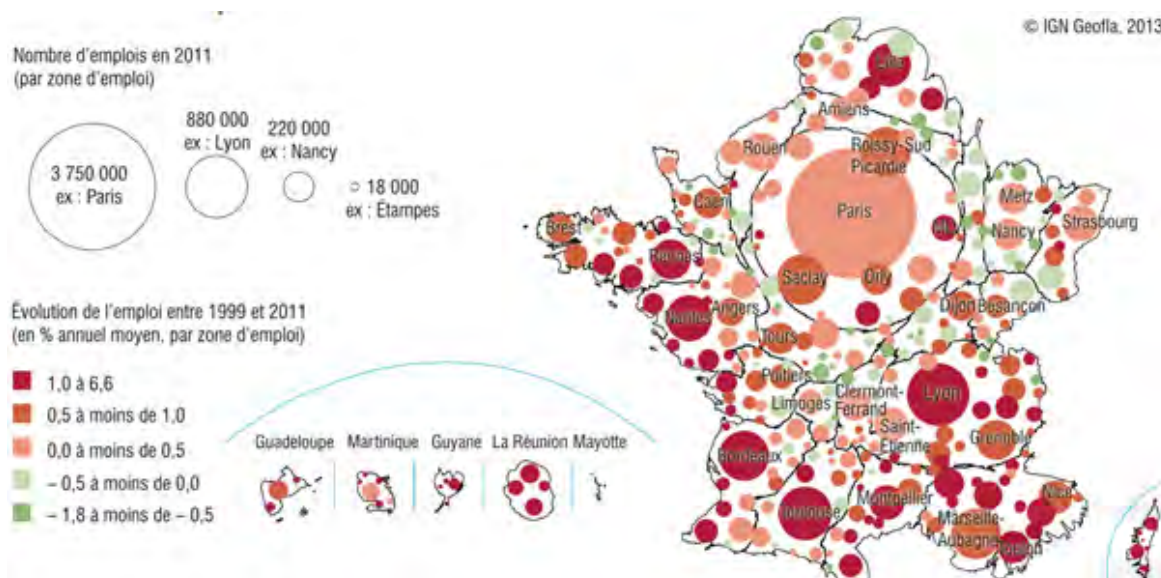
Enfin, les microentreprises sont plus nombreuses dans le sud de la France et dans les DOM (elles emploient 39 % des salariés en Corse), ce qui s'explique ici aussi par le fait qu'elles ont majoritairement des activités économiques locales (services à la personne, tourisme, restauration, construction...).

Ces évolutions récentes apparaissent globalement favorables pour les métropoles¹⁶², qui bénéficient d'une spécialisation tertiaire de leur tissu économique. Par ailleurs, elles connaissent un fort dynamisme des emplois tertiaires très qualifiés.

Ces évolutions permettent d'expliquer les grandes tendances de l'emploi en fonction des territoires, avec une France globalement coupée en deux. D'un côté, la façade atlantique, le sud de la France et les Alpes connaissent une dynamique très positive, dans le sillage de l'attractivité résidentielle de leurs métropoles et de leurs espaces littoraux ou montagnards touristiques. De l'autre, le grand Bassin parisien et le nord-est du pays sont marqués par un dynamisme moindre, voire un recul de l'emploi sur la période 1999-2011.

À une échelle plus fine, on observe la tendance au renforcement de la concentration de l'emploi dans les cœurs métropolitains, tandis que les petites villes spécialisées dans les fonctions industrielles et administratives connaissent un recul plus ou moins prononcé.

¹⁶² On entend ici la métropole au sens géographique et non institutionnel. Le site de Géoconfluence définit une métropole de la manière suivante : « La métropole est avant tout un ensemble urbain de grande importance qui exerce des fonctions de commandement, d'organisation et d'impulsion sur une région et qui permet son intégration avec le reste du monde. Elle anime un système urbain plus ou moins complexe à la hiérarchisation emboîtée. Elle peut être dotée de fonctions spécialisées dans les domaines politique, économique, et de l'innovation. Ses services à forte valeur ajoutée irriguent une aire plus ou moins vaste selon les échelles considérées, de l'espace régional à l'espace mondial ». URL : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/metropole>



Nombre d'emplois et évolution entre 1999 et 2011

Lecture : la taille des cercles est proportionnelle au nombre d'emplois dans les zones en 2011 ; la couleur des cercles renseigne sur l'évolution du nombre d'emplois dans les zones entre 1999 et 2011.

Source : ROUSSEZ Vivien, BOUGARD Jonathan, ROUMIER Benoît, « La concentration des métiers par zone d'emploi tend à se renforcer », La France et ses territoires, Insee Références, 2015. URL : http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=0&ref_id=FST15_d_D3_Emploi

Plus récemment, la crise a accentué ces évolutions contrastées entre territoires. Sur la période 2008-2012, les zones d'emploi de l'Ouest et du Sud parviennent à conserver un fort dynamisme, avec une interaction positive entre une réelle attractivité résidentielle et touristique, et les performances de l'appareil productif local.

En revanche, le quadrant Nord-Est concentre les difficultés économiques liées à sa spécialisation industrielle, ce qui se conjugue à un déficit d'attractivité résidentielle et touristique.

Ces évolutions s'inscrivent dans les grandes transformations que connaît l'industrie actuelle, marquée par une fusion croissante entre production de biens et production de services, et une influence croissante du numérique.

Dans ses travaux, le chercheur Pierre Veltz distingue trois grandes mutations en cours :

- La mondialisation, avec des formes de production fortement capitalistiques, et des coûts fixes (recherche, innovation, investissements matériels) qui deviennent de plus en plus prédominants par rapport aux coûts variables. Ainsi, la concurrence se fait désormais davantage par l'innovation et la capacité de fiabilisation des *process* ;
- L'innovation se diffuse désormais instantanément, avec la fin des « rentes géographiques » du passé. Ce phénomène, lié aux progrès considérables des systèmes de communication, renforce la situation de compétition entre les entreprises et les territoires ;
- Enfin, le dégroupage géographique des processus de production est engagé depuis plusieurs décennies, et est désormais largement facilité par la généralisation du numérique. Ces processus prennent désormais de plus en plus la forme de réseaux, organisés autour de pôles concentrant et organisant des flux de plus en plus complexes, à l'échelle locale et internationale.

Ces transformations ont, toujours selon Pierre Veltz, des conséquences importantes sur le plan territorial. En effet, avec ces nouvelles formes de production, les solidarités territoriales traditionnelles entre centres et périphéries sont remises en cause.

L'équilibre entre les ressources et les charges de la périphérie par rapport au centre est de plus en plus menacé, et ce à toutes les échelles : entre l'Île-de-France et la province, entre les métropoles et les territoires ruraux, entre les centres villes et leurs couronnes périurbaines... Désormais, les ressources du centre proviennent de moins en moins de sa périphérie proche, tandis que subsistent les charges de centralité. Il s'agit là d'une profonde remise en cause de la solidarité entre territoires, et même de l'un des fondements du modèle territorial français.

Tendance lourde. Un tiers du tissu productif local se renouvelle chaque année¹⁶³

Selon les données de l'INSEE, entre 2008 et 2013, en France, le parc des établissements a augmenté de 3,5 % par an en moyenne. Les établissements correspondent à des unités de production géographiquement localisées : usine, boulangerie, magasin, etc. Chaque établissement dépend juridiquement d'une entreprise, mais les deux entités ne sont pas forcément synonymes. L'évolution du nombre d'établissements donne néanmoins des indications intéressantes sur la santé des entreprises.

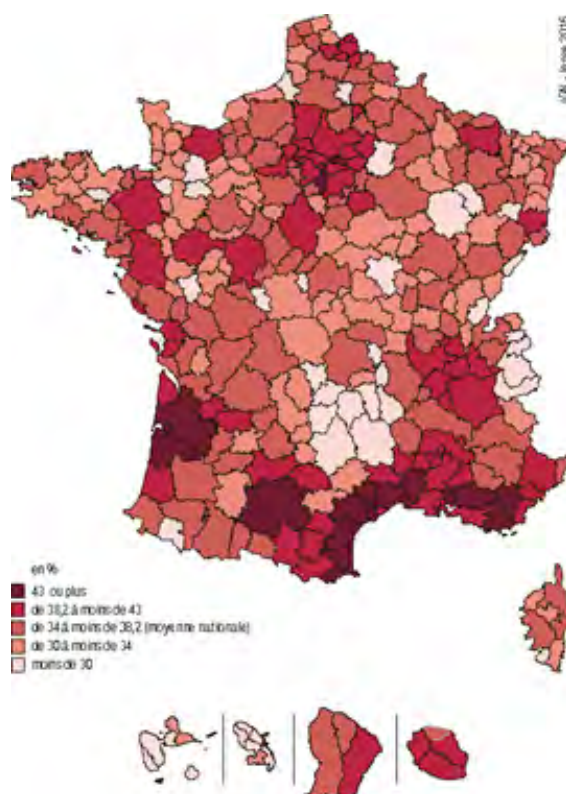
Chaque année, 38 % du parc français d'établissements s'est renouvelé *via* des créations, cessations, cessations-reprises et transferts géographiques. Selon les zones d'emploi du territoire, ce taux varie de 20 % à 49 % : il est beaucoup plus élevé dans le Sud (Toulouse, Bordeaux...) qu'en Martinique, dans le massif alpin ou que dans le sud du Massif central.

Le taux de renouvellement au niveau national diffère selon les activités : il dépasse 50 % dans l'information et la communication, ainsi que dans les « autres activités de services » (informatique, soins de beauté...). Il est aussi très élevé dans la construction, les activités scientifiques et techniques, et les services administratifs et de soutien.

Le taux de renouvellement est donc élevé dans les territoires spécialisés dans ces activités, comme l'Île-de-France, Aix-en-Provence, Cannes-Antibes, Lyon et Nantes.

À l'inverse, ce taux est plus faible dans l'industrie, la finance et les assurances, des secteurs qui supposent des capitaux initiaux plus élevés.

¹⁶³ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1551



Au cours de cette période, le renouvellement des établissements s'est traduit par un renouvellement intégral des emplois (96 9000 créés, 94 9000 détruits), auxquels s'ajoutent des mouvements d'emplois dans les établissements pérennes. Au total, entre 2008 et 2013, c'est 28 % des emplois salariés privés du pays qui ont été réalloués en moyenne chaque année. Ce taux peut varier du simple au double selon les zones : il est plus élevé dans le Sud et à Paris que dans le Centre et les Pays de la Loire.

Messages clés

Le tissu productif français se caractérise à la fois par un nombre très élevé de microentreprises et par la domination des grandes structures, en termes de création de richesses et d'emploi.

Ce tissu est relativement dynamique, les créations de nouvelles entreprises étant en hausse régulière et permettant de compenser les disparitions, notamment pour les plus petites structures. Néanmoins, ce dynamisme s'explique en grande partie par le statut d'auto-entrepreneur, donc par du travail indépendant.

Une grande partie du dynamisme récent des créations d'entreprises s'explique par la création du statut d'auto-entrepreneur, qui regroupe néanmoins des projets et des individus très différents.

Au niveau territorial, des contrastes importants s'observent entre les territoires : l'Ouest et le Sud sont globalement plus dynamiques en termes de créations de richesses et d'emplois que le Nord et l'Est.

Va-t-on vers une accentuation de la spécialisation avec une conjonction plus forte entre les paramètres de secteurs / taille d'entreprise / régions d'implantation / survie, ou au contraire de plus en plus d'hybridation ? Est-ce qu'il y a une frontière entre PME et grands groupes, ou des trajectoires fluides ? Est-ce qu'il va y avoir un choc de la transmission des entreprises ?

Hypothèses

Hypothèse 1. Une majorité de microentreprises, mais une prépondérance économique des grandes entreprises

L'activité économique demeure dominée par les GE, de grands donneurs d'ordre, qui stimulent un tissu de *start-ups* innovantes et un réseau de sous-traitants à l'échelle mondiale. Dans ce cadre, les ETI peinent à se développer et leur principale perspective est de se faire racheter.

Le tissu productif est toujours très dynamique, constitué d'une très grande majorité de microentreprises, dont les taux de survie sont relativement élevés.

Des secteurs, des entreprises et des territoires concentrent un fort dynamisme (en termes de création de valeur ajoutée et d'emploi), notamment dans les services à haute valeur ajoutée. À l'inverse, d'autres secteurs connaissent de plus en plus de difficultés (industrie).

Des frontières relativement étanches sont maintenues entre les petites structures et les plus grandes : pour les premières, les perspectives sont soit un maintien de l'activité sans croissance, soit le rachat par une grande entreprise, soit la défaillance.

Hypothèse 2. Rééquilibrage du tissu productif

Cette hypothèse en rupture se caractérise par un rééquilibrage progressif du tissu productif français. Ainsi, les petites entreprises développent leur capacité à grandir et à pérenniser leur activité (grâce à des aides publiques spécifiques, à une diversification des sources de financements, à des formations des dirigeants, etc.). Le tissu des entreprises se renouvelle moins, les structures sont moins nombreuses mais plus pérennes. Des écosystèmes d'entreprises peuvent aussi se développer, en lien avec de nouveaux modèles économiques (économie circulaire, économie de fonctionnalité...) et grâce aux outils du numérique. Les complémentarités et interdépendances entre les petites structures peuvent ainsi se renforcer et leur permettre de se développer en dehors des grands groupes. Même les grands donneurs d'ordre fonctionnent de plus en plus sous un format d'appel à projets, y compris pour réaliser leur activité cœur de métier. Les frontières de l'entreprise sont de plus en plus poreuses.

Hypothèse 3 ou variante de l'hypothèse 1. Les GE et les GAFAM prennent la main

Les grandes entreprises et les GAFAM multiplient les alliances autour de projets ponctuels (mobilité, commerce...), voire plus globaux (notamment dans les villes). La course au gigantisme des acteurs économiques se poursuit donc, favorisée par le poids croissant du numérique dans l'économie. Certaines PME et les micro-entreprises peuvent souffrir de cette situation si elles se retrouvent en situation de dépendance vis-à-vis de ces acteurs.

Leviers et mécanismes d'évolution des comportements

Cécile Désaunay, Futuribles

Définition

Le changement des comportements et, plus largement, l'évolution des modes de vie sont devenus des enjeux clés de la transition écologique. S'il existe un accord sur la nécessité de modifier les usages et les pratiques, les actions à conduire sont plus complexes à définir et à mettre en œuvre.

Les comportements de consommation sont en effet influencés par de nombreux facteurs, qui peuvent être liés :

- Aux consommateurs eux-mêmes et à la place des considérations environnementales par rapport à d'autres facteurs susceptibles d'influencer leurs comportements : valeurs, croyances, arbitrages économiques, normes sociales, etc. Se pose notamment la question du décalage entre valeurs/discours et comportements réels ;
- Aux politiques publiques : outils d'information, d'incitation, d'obligation et d'interdiction utilisés et utilisables pour influencer les comportements de consommation ;
- Aux entreprises ;
- Aux acteurs de la société civile : associations, ONG, communautés et groupes d'influence divers.

Indicateurs

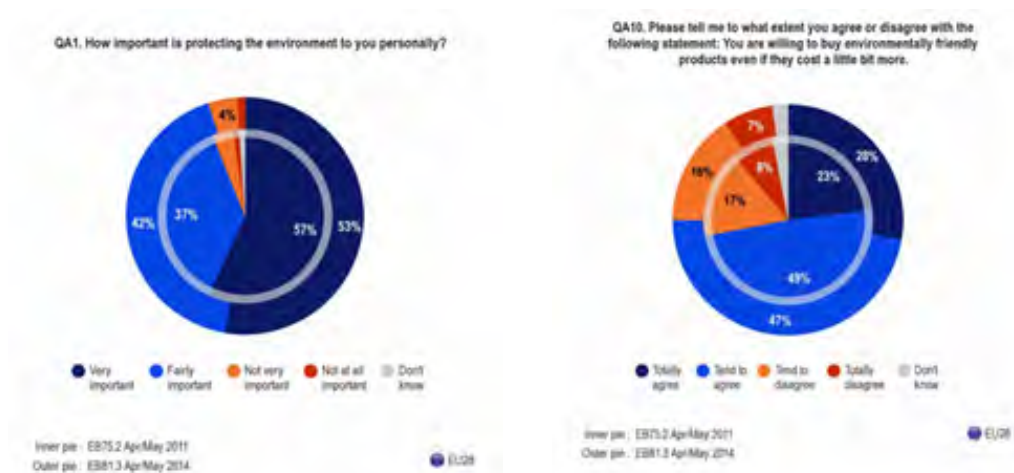
- Indicateurs permettant de croiser déclarations et intentions des consommateurs avec les actes de consommation réels ;
- Politiques publiques et actions des acteurs publics visant à faire évoluer les comportements des individus ;
- Actions des acteurs de la société civile.

Rétrospective

Des Français conscients des enjeux environnementaux et qui déclarent vouloir consommer mieux...

Les Français (comme les Européens) se montrent de plus en plus sensibles aux problématiques environnementales, mais ne traduisent pas systématiquement leurs préoccupations dans leurs comportements.

Ainsi, le baromètre de l'environnement, mis en place depuis 1974 par l'Europe, révèle que plus de 9 Européens sur 10 considèrent la protection de l'environnement comme un problème très ou assez important.



Les Français se montrent notamment préoccupés par le réchauffement climatique, les catastrophes naturelles et les pertes de biodiversité.



Plusieurs études récentes, menées sur les comportements alimentaires, ont révélé que les Français étaient de plus en plus exigeants dans ce domaine. Selon une étude menée par GreenFlex en 2017, 52,9 % des Français considèrent que la consommation responsable se traduit en premier lieu par le fait de consommer autrement, c'est-à-dire de recourir à des produits labellisés et certifiés éthiques, des produits locaux. Selon ce même baromètre, 69,2 % des Français se préoccupent du bien-être animal dans leurs achats, 89,8 % des Français choisissent leurs aliments pour rester en bonne santé.

Par ailleurs, les différentes crises sanitaires ont favorisé une prise de conscience de la part des consommateurs français de la nécessité de prêter une attention plus importante aux produits consommés, à leur origine, à leur méthode de production, etc.

Mais des pratiques qui évoluent lentement

Jusqu'à la fin des années 2000, on observait un décalage persistant entre les déclarations des consommateurs et leurs pratiques réelles. Néanmoins, depuis quelques années, certains indicateurs tendent à montrer une plus grande cohérence entre les deux. C'est notamment le cas de la croissance de la consommation de produits bio (9 Français sur 10 en ont consommé au moins une fois en 2017) et de celle des produits équitables¹⁶⁴.

Toutefois, au moment de l'achat, les choix des consommateurs restent souvent influencés par d'autres critères que l'impact environnemental : principalement le prix des produits, mais aussi l'effet de nouveauté, de mode, etc.

Ainsi, 75 % des personnes interrogées se disent prêtes à acheter des produits éco-labellisés même s'ils sont plus chers, mais seules 17 % affirment le faire.

Des comportements de consommation dictés par de nombreux moteurs correspondant à différentes « rationalités »

Les raisons de cet écart entre les intentions et l'action ont été analysées par l'économie comportementale (*behavioral economics*), une discipline qui s'est spécialisée dans la compréhension des facteurs d'influence des comportements des individus. Selon les chercheurs de cette discipline, les actions individuelles sont déterminées par de multiples facteurs. Nous sommes des êtres complexes, largement émotionnels, influencés par les autres et les interactions sociales, mais également par le contexte et l'environnement dans lequel nous prenons des décisions (le contexte économique, la météo, etc.). Nous sommes également victimes de biais et de décisions illogiques. Au final, nos choix et nos comportements émanent majoritairement de ce que Daniel Kahneman appelle notre « système I »¹⁶⁵. Ce mode de réflexion largement inconscient, automatique, et ultra rapide nous permet de prendre de multiples décisions quotidiennes en minimisant nos efforts et en économisant nos ressources attentionnelles ; mais il saute aux conclusions, se nourrit de stéréotypes et d'associations et nous éloigne souvent d'une rationalité mathématique.

Le sociologue Jean-Paul Bozonnet¹⁶⁶ rappelle, quant à lui, que les comportements des individus sont guidés d'abord par leurs intérêts (gains en termes d'argent, de temps, de

164 Sources : Agence bio et Plateforme pour le commerce équitable.

165 « Système 1, système 2. Les deux vitesses de la pensée », Flammarion, 2012.

166 « De la conscience écologique aux pratiques. Comment expliquer le hiatus entre attitudes environnementalistes et les comportements ? », JP. Bozonnet, PACTE-IEP, 2007.

confort...) et qu'ils agissent par calcul en maximisant leurs profits et en minimisant leurs coûts. Des moteurs plus subjectifs (et donc potentiellement plus « irrationnels ») peuvent aussi intervenir dans les choix individuels : effet de mode, influence des pairs, marketing, humeur, etc.

À la question : « Pourquoi ne faites-vous pas plus d'efforts pour prendre soin de l'environnement ? » de l'eurobaromètre, il ressort :

- Mon action est sans impact dès lors que les plus gros pollueurs – les entreprises – ne font pas de même ;
- Mon action est sans impact si les autres citoyens ne font pas de même ;
- Cela me demande trop d'efforts.

Une diversification des actions des pouvoirs publics

Dans ce contexte, l'intervention de la puissance publique pour peser sur les alternatives offertes à l'acteur individuel, de façon à modifier son intérêt à agir, peut être nécessaire.

Pour faire évoluer les comportements des individus, les pouvoirs publics disposent traditionnellement de quatre types d'outils : l'information et la sensibilisation, l'incitation financière, la législation (interdiction ou obligation) et l'exemplarité.

La nature et les impacts de ces outils ont notamment fait l'objet de deux études récentes de l'ADEME et du ministère de l'Écologie, dont les principales conclusions sont synthétisées ici¹⁶⁷.

La microéconomie néoclassique¹⁶⁸ considère que l'individu est rationnel dans le sens où il maximise son intérêt personnel. Il va notamment réaliser des arbitrages entre ses préférences et ses contraintes budgétaires. En réponse, les pouvoirs publics peuvent recourir à des outils visant à faire payer plus cher les comportements qui ont les impacts environnementaux les plus négatifs et, à l'inverse, à valoriser les actions bénéfiques. C'est le cas par exemple des péages urbains, des bonus/malus pour les véhicules ou des indemnités kilométriques vélo. L'information peut aussi être mobilisée par le biais de campagnes de communication, de labels de l'éducation à l'environnement et des différentes formes de marketing.

Néanmoins, ces outils présentent des limites qui nuisent à leur efficacité. En effet, ils reposent sur le postulat qu'il suffit que les individus disposent des bons « signaux » (informations, incitations ou sanctions) pour faire les « bons » choix. Or, la psychologie indique que ces outils sont surtout efficaces à court terme, pour des individus déjà sensibilisés et pour des comportements qui n'exigent pas de trop gros efforts.

¹⁶⁷ « Changer les comportements », Gaspard Albane et Martin Solange, ADEME, 2016.
URL : <http://presse.ademe.fr/2016/10/ouvrage-quand-les-sciences-humaines-et-sociales-contribuent-a-la-transition-energetique.html> ; <https://www.futuribles.com/fr/revue/419/les-comportements-levier-de-la-transition-ecologique/> ; et « Modes de vie et pratiques environnementales des Français », 2018, MTE : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/collection-thema#e0>

¹⁶⁸ « Éléments d'économie politique pure, ou théorie de la richesse sociale », WALRAS Léon, *Économica*, vol. 8 des Œuvres économiques complètes d'Auguste et Léon Walras, 1988 (1874) ; La « Théorie de l'économie politique », JEVONS William Stanley, Giard et Brière, 1909 (1871), p. 404 ; MENGER Carl, *Principles of Economics*, New York : New York University Press, 1976 (1871), p. 328

En particulier, l'économie comportementale a mis en évidence l'existence de biais cognitifs qui peuvent expliquer le décalage entre les intentions des individus (notamment leur perception d'un comportement « juste ») et leurs actions réelles. Prenant acte de ces biais, deux Américains, Cass Sunstein (juriste, professeur de droit à Harvard) et Richard Thaler (économiste, professeur à l'Université de Chicago, Graduate School of Business) ont imaginé en 2008 une cinquième famille d'outils, le *nudge*. Ce concept, que l'on peut traduire en français par « coup de pouce » ou « coup de coude », repose sur l'idée que les comportements individuels sont souvent influencés au dernier moment par un certain nombre de facteurs plus ou moins conjoncturels (l'humeur, l'opinion des proches, l'offre disponible au moment de faire son choix, etc.). Pour les orienter, les quatre outils traditionnels peuvent donc être moins efficaces que la mise en place « d'incitations douces », présentes au moment de la prise de décision¹⁶⁹. Les *nudges* peuvent ainsi reposer sur différents leviers : le choix par défaut (comme le recto-verso sur les imprimantes), le recours aux présentations ludiques, la modification de l'ordre de présentation des choix (par exemple pour mettre en avant les aliments les plus sains dans une cantine), etc. Néanmoins, l'efficacité des *nudges* peut elle-même être très limitée, notamment sur le long terme et pour des évolutions de comportements ambitieuses¹⁷⁰.

Par ailleurs, un nombre croissant de programmes des acteurs publics cherchent à agir sur les normes sociales au sein d'un groupe : famille, amis, collègues...

C'est par exemple le cas des défis « Familles à énergie positive »¹⁷¹ (visant à réduire la consommation d'énergie de familles volontaires) ou des dispositifs d'affichage qui comparent votre consommation d'énergie à celle de vos voisins.

Surtout, des travaux plus récents soulignent les limites des politiques visant uniquement les comportements individuels. En effet, les individus sont toujours inscrits dans un certain nombre de réalités économiques, matérielles, de normes sociales et de rythmes sociaux. Tous ces éléments de contexte vont déterminer l'ampleur des marges de manœuvres individuelles. Par exemple, les personnes vont réagir différemment à une augmentation des prix de l'énergie selon leur catégorie socioprofessionnelle : les membres des catégories dites « inférieures » vont plutôt réduire leur consommation, alors que ceux des catégories dites « supérieures » vont investir dans des équipements moins gourmands en énergie¹⁷². Par ailleurs, encourager certains comportements – comme le recours aux modes de transports collectifs – ne sert à rien si les individus n'ont pas accès à des infrastructures et services adaptés.

L'un des principaux défis pour les politiques est de réussir à produire des normes juridiques qui vont trouver un écho dans les normes sociales. En effet, une réglementation qui heurtera les valeurs dominantes de la société risque d'être rejetée, alors qu'une autre qui les accompagne permettra au contraire d'accélérer un changement déjà amorcé (c'est le cas par exemple de l'interdiction des sacs plastiques en caisse en 2016).

Dans tous les cas, de nombreuses études prospectives mettent en avant la nécessité d'articuler les outils, les acteurs et les échelles d'action, pour faire évoluer durablement les comportements. En particulier, l'articulation entre échelle individuelle (modes de consommation) et collective (répartition des activités sur un territoire, écoconception

169 Cf. notamment Cass Sunstein, Richard Thaler, *Nudge. La méthode douce pour inspirer la bonne décision*, Paris, Vuibert, 2010.

170 <https://www.futuribles.com/fr/article/les-nudges-au-service-des-pouvoirs-publics/>

171 Voir le site Internet présentant ces défis de l'association PrioriTere : <http://www.familles-a-energie-positive.fr/>

172 BRISEPIERRE Gaëtan, *Analyse sociologique de la consommation d'énergie dans les bâtiments résidentiels et tertiaires. Bilan et perspectives*, Paris : Bureau d'études sociologiques GBS, rapport pour l'ADEME, 2013, 51 p.

des produits, offre de transports collectifs, etc.) est indispensable pour atteindre le facteur 4 (objectif de réduction des émissions de gaz à effets de serre de 75 % à l'horizon 2050, par rapport à 1990)¹⁷³.

Et, au-delà de ces principes généraux, il n'existe évidemment pas de solution miracle pour faire évoluer les comportements. Un usage complémentaire des différents outils à la disposition des pouvoirs publics est nécessaire.

Par exemple, agir sur les normes sociales *via* la communication ou l'effet d'entraînement des petits groupes trouvera vite ses limites si aucune infrastructure matérielle n'est mise à la disposition des ménages comme facilitation du changement (par exemple, faire une campagne de communication pour les modes de transport doux dans un territoire où les pistes cyclables sont inexistantes ou mal adaptées au quotidien des habitants). À l'inverse, la mise en place d'infrastructures matérielles peut être inefficace si elles ne s'intègrent pas dans les pratiques et les représentations des individus, dont l'évolution doit elle-même être accompagnée (par exemple, suite à la création de pistes cyclables, prévoir des actions d'information et d'incitation auprès des habitants).

L'articulation des échelles d'action et des stratégies d'acteurs (locaux, nationaux, publics, privés...) est aussi nécessaire pour garantir la cohérence des comportements individuels et de l'ensemble des comportements à l'échelle collective.

Mais une ambiguïté entre l'objectif d'entretenir la consommation et les préoccupations environnementales

En dépit de la panoplie d'outils à la disposition des pouvoirs publics, ces derniers font preuve d'une relative ambiguïté dans leurs politiques visant à influencer les comportements individuels. D'un côté, des objectifs parfois très ambitieux sont affichés en termes de réduction de la consommation d'énergie, des pollutions, des productions de déchets... De l'autre, les pouvoirs publics des pays développés continuent très majoritairement à soutenir et entretenir le modèle de développement reposant sur la croissance continue de la consommation. Ce modèle est en effet considéré comme le seul garantissant la poursuite de la croissance économique et des créations d'emplois. Il justifie par exemple le soutien au libre-échange, aux énergies fossiles, mais aussi à certains lobbys industriels.

Des comportements de plus en plus influencés par la société civile et les communautés

Les comportements individuels ne sont pas influencés uniquement par les cercles sociaux proches (famille, amis, collègues...) et les pouvoirs publics. On observe en effet un rôle croissant joué d'une part par les associations et ONG, d'autre part par les communautés en ligne.

Les associations et ONG sont aussi nombreuses que diverses¹⁷⁴ : les organisations internationales (WWF, Greenpeace,...), nationales (FNE, Fondation Hulot, UFC que

173 Voir « Mieux vivre en région Nord-Pas-de-Calais. Pour un virage énergétique et des transformations sociétales », Virage énergie Nord-Pas-de-Calais, 2016. URL : http://wordpress.virage-energie-npdc.org/wp-content/uploads/2016/01/Virage-%C3%A9nergie-NPdc_Rapport-complet-%C3%A9tude-mieux-vivre_mars2016.pdf. Consulté le 11 mai 2017.

174 « Les ONG de défense de l'environnement, Regards croisés sur l'économie », Doan Lebel et Domitille Desforges, 2009/2, p. 59-61.

choisir, 60 millions de consommateurs...), mais également régionales (même si elles sont plus spécialisées avec un public plus restreint).

Ce sont des acteurs incontournables de la réflexion sur l'environnement. Elles participent aux processus de décisions, compte tenu de leur expertise. Elles ont dans leurs objectifs, outre leur *lobbying* auprès des institutions et des gouvernements, la sensibilisation du public et des entreprises, ainsi que le développement de projets concrets en faveur de l'environnement, mais leur budget est toutefois limité.

Leur image positive auprès du grand public leur donne du poids face aux gouvernements. Les ONG sont reconnues par l'UE pour avoir contribué à augmenter le nombre de personnes préoccupées par l'environnement. Pour conscientiser les citoyens, les ONG ont recours à des campagnes d'affichage, des actions de communication, des manifestations, et mettent à disposition de nombreuses informations *via* leurs sites Internet.

Ces acteurs peuvent accompagner les pratiques des individus. Par exemple, l'ONG Zero Waste, qui prône la réduction des déchets produits par la société, a lancé en 2018 le défi « Rien de neuf ». Les personnes qui l'acceptent s'engagent à réduire au maximum leurs achats de biens neufs au cours de l'année. En juin 2018, 12 500 personnes participaient au défi¹⁷⁵.

Parallèlement, les communautés défendant des valeurs et des pratiques favorables à l'environnement se multiplient sur les réseaux sociaux (notamment sur Facebook). C'est également le cas pour l'objectif « zéro déchet », mais aussi pour le minimalisme, le fait-maison, le locavorisme, etc. Des consommateurs peuvent eux-mêmes devenir des ambassadeurs de ces mouvements et des « modèles », que d'autres chercheront à imiter. Toujours dans le zéro déchet, citons Béa Jonhson, *La Famille zéro déchet*, ou encore Laëtitia Nadji¹⁷⁶.

Hypothèses

Hypothèse I. Décalage persistant entre discours et pratiques

En dépit d'une prise de conscience toujours plus grande de l'impact de leurs modes de vie sur l'environnement, la majorité des individus ne modifient pas fondamentalement leurs pratiques ni leur consommation. Leurs comportements n'évoluent que pour des pratiques pour lesquelles les alternatives « vertueuses » sont faciles d'accès et peu coûteuses. Les politiques publiques et la société civile n'ont qu'une influence globale limitée. Seule une petite minorité est véritablement dans une logique de sobriété, voire de minimalisme.

175 <http://riendeneuf.org/participer/>

176 <https://zerowastehome.com/> ; <https://www.famillezerodechet.com/> ; <https://www.facebook.com/laetitia.birbes>

Hypothèse 2. Des comportements en transition grâce aux politiques publiques

Des politiques publiques ambitieuses sont mises en place à l'échelle nationale et locale afin de réduire drastiquement l'impact des modes de vie sur l'environnement. Pour cela, tous les outils à la disposition des acteurs publics sont mobilisés : information, incitation financière, obligation/interdiction, *nudges*... Les entreprises, comme la société civile, s'alignent derrière les grands objectifs nationaux pour accompagner leur réalisation. Après quelques années de transition, ces dispositifs permettent de transformer profondément les pratiques et les valeurs.

Hypothèse 3. Des comportements influencés par la société civile

Les pouvoirs publics nationaux mettent en place des politiques publiques disparates pour faire évoluer les comportements individuels. Les grands objectifs et grandes intentions ne s'accompagnent pas de moyens ambitieux, et leur efficacité reste donc limitée. Mais, parallèlement, les acteurs de la société civile œuvrent activement pour les influencer et remettre en cause les valeurs dominantes de la société de consommation. Les communautés se multiplient sur les réseaux sociaux, mais aussi dans les quartiers et les villes, pour accompagner les individus vers des comportements plus sobres (coopératives, ressourceries, circuits courts, jardins partagés...). Afin de répondre à ces nouvelles attentes, certaines entreprises s'engagent volontairement dans des démarches plus responsables dans le cadre de leur responsabilité sociale et environnementale. Les territoires jouent un rôle important dans l'accompagnement et l'orchestration des initiatives.

Comportements et logiques de consommation

Anne-Sophie Valladeau, INRS

Définition

La consommation des Français a beaucoup évolué depuis 1960, sur le plan quantitatif mais aussi qualitatif, et a un fort impact sur les budgets des ménages.

Néanmoins, même si ralentie depuis 2008, à l'échelle nationale, on observe une croissance continue de la consommation.

Des transformations dans les pratiques de consommation des Français apparaissent, dont l'ampleur et les publics peuvent varier fortement. Quelques exemples de ces nouvelles logiques de consommation impactant l'économie sont développées ci-après :

- Certaines sont extrêmes : par exemple avec le minimalisme, pour les classes les plus aisées ;
- D'autres sont influencées par la recherche de diminution des coûts, comme la consommation collaborative ;
- D'autres encore sont motivées par la volonté de réduire l'impact écologique des produits achetés ;
- Ou encore réfléchies selon la durée de vie des produits.

D'autres variables entrent en jeu et influent également les logiques de consommation, comme l'âge des consommateurs, la place des technologies d'information et de communication (TIC), ou encore la réglementation (*voir fiche sur le sujet*).

Cette fiche ne s'intéresse qu'aux pratiques effectuées par les consommateurs eux-mêmes, seuls ou à plusieurs (dans le cadre d'associations), ou dans le cadre de services rendus entre particuliers (gratuitement ou non). Les pratiques relevant d'offres commerciales assurées par des entreprises sont traitées dans la variable I2, « Réemploi, réutilisation, *remanufacturing* ».

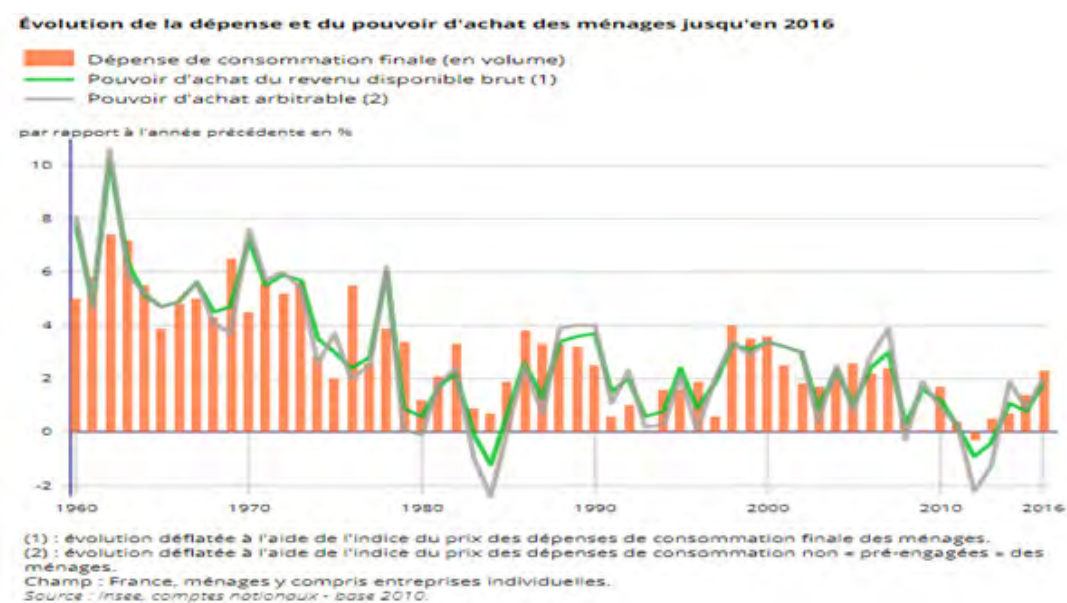
Indicateurs

Les évolutions de la consommation des ménages sont étudiées depuis 1960 par l'INSEE dans le cadre de la comptabilité nationale, et au travers d'enquêtes sur le budget des ménages. Plusieurs enquêtes ont été publiées par l'ADEME et par le ministère de la Transition écologique et solidaire sur les attentes et pratiques des consommateurs.

Il semble indispensable de croiser ces indicateurs « durs » comme ceux de l'INSEE avec d'autres plus « mous », résultant de ces enquêtes. Le croisement entre les deux est intéressant pour analyser le comportement des consommateurs. Sur certains sujets, comme l'économie collaborative, on peut aussi s'intéresser à l'apparition de certaines offres et acteurs, assez révélatrice des évolutions.

Rétrospective

Tel que présenté dans la fiche variable 10, le pouvoir d'achat des ménages – et donc la consommation des Français – a beaucoup évolué depuis 1960, sur le plan quantitatif mais aussi qualitatif. Cette évolution est à relier aux modes de vie, au contexte socio-économique, à l'essor de la société de consommation de masse, etc. Elle a des impacts sur le budget des ménages et sur leurs besoins en ressources, notamment en énergie.



Depuis le début de la crise, la consommation des ménages français continue d'augmenter, mais beaucoup moins vite qu'avant. Entre 2000 et 2007, elle augmentait en moyenne de 2,1 % par an. Depuis 2008, la consommation augmente de seulement 0,7 % par an. En 2011, l'augmentation de la consommation a été fortement ralentie : seulement 0,3 % par rapport à 2010, après une hausse de 1,4 % entre 2009 et 2010. En 2012, les dépenses

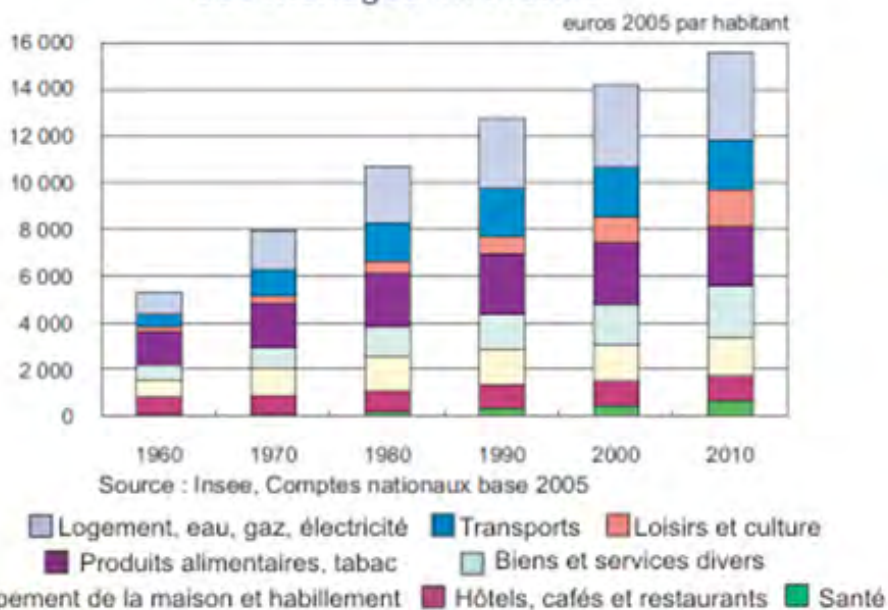
de consommation baissent de 0,4 %. En 60 ans, c'est le deuxième recul de la consommation après celui de 1993 (- 0,2 %). En 2013 et 2014, les dépenses de consommation des ménages se redressent, mais toujours à un rythme lent (+ 0,4 % en 2013 et + 0,6 % en 2014).

À l'exception de 1993 et de 2012, la consommation des Français, mesurée en volume, continue d'augmenter chaque année depuis 1949, même si c'est à un rythme plus lent.

Ce ralentissement est en grande partie expliqué par les déterminants habituels de la consommation des ménages français. D'une part, le pouvoir d'achat a ralenti, la crise économique ayant fait stagner les salaires. D'autre part, confrontés à un chômage en hausse et à une incertitude accrue sur l'environnement économique, les ménages ont constitué une épargne de précaution. Les Français ont largement privilégié l'épargne, même si leur pouvoir d'achat a augmenté très faiblement. En effet, l'inflation a été plus forte que la hausse des revenus. Les Français, pessimistes, ont préféré augmenter leur taux d'épargne que leur consommation. Entre 2008 et 2011, le taux d'épargne est en moyenne de 16 %. Il a gagné 1 point depuis le début des années 2000.

Depuis 2008, les ménages ont également effectué certains arbitrages sur la composition de leur panier de biens. Face au ralentissement du pouvoir d'achat, l'ajustement de la consommation a ainsi davantage porté sur certains postes.

Évolution des dépenses de consommation des ménages en France

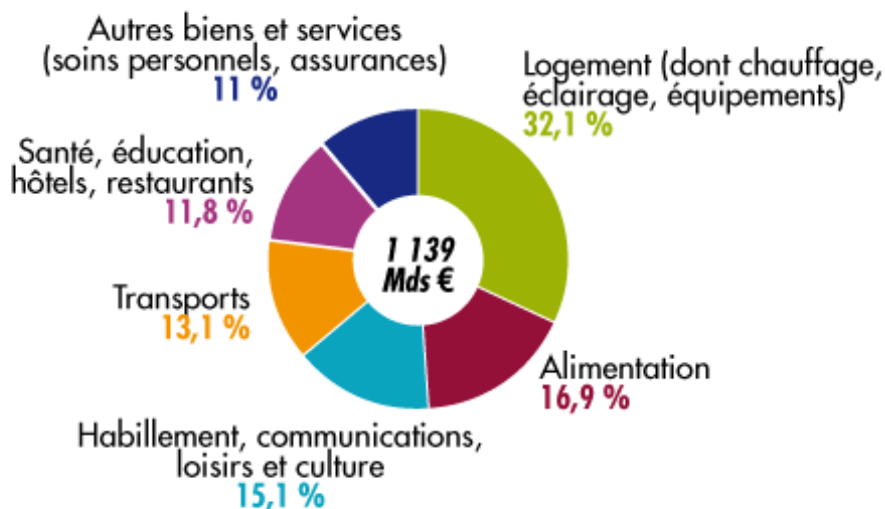


Par exemple, les statistiques de l'INSEE montrent que les parts affectées à l'alimentation et à l'habillement se sont réduites, et que celles du logement, des transports, de la santé, de la communication et des loisirs (hôtels, cafés, restaurants, sorties culturelles et sportives) ont augmenté (même si en léger repli actuellement).

Dans ces arbitrages, l'évolution des prix relatifs des produits a également joué un rôle. En diminution avant la crise, le prix relatif des biens par rapport à celui des services s'est stabilisé depuis 2008, ce qui a tendance à freiner la consommation des biens. À travers cette mutation, la consommation de services semble avoir pris le pas sur les dépenses de biens.

Surtout, les ménages doivent faire face à des dépenses contraintes de plus en plus élevées, puisqu'elles représentent en moyenne 30 % de leurs dépenses, soit deux fois plus qu'il y a 50 ans. L'essentiel de ces dépenses sont liées au logement et à l'énergie, mais aussi aux abonnements divers. Les marges de manœuvre budgétaire des ménages se réduisent donc, notamment pour les plus précaires¹⁷⁷.

LES COEFFICIENTS BUDGÉTAIRES EN 2014



Source : lafinancepourtous.com d'après Insee



Attention cependant, comme le précise l'INSEE, « cette grille de lecture opposant les développements respectifs des biens et des services doit toutefois être nuancée ». D'une part, ces nouveaux besoins se traduisent également par l'achat de biens ; et, d'autre part, la baisse du coût d'acquisition de nombreux biens durables rend parfois préférable le renouvellement à la réparation. Enfin, biens et services connaissent souvent un développement complémentaire, comme en matière de services de téléphonie mobile. « Au final, souligne l'INSEE, la croissance en volume des dépenses des ménages en biens manufacturés demeure toujours supérieure à celle des services (y compris loyers réels et imputés), même si l'écart s'est nettement resserré ».

Nouveaux comportements de consommation

Des transformations dans les pratiques de consommation des Français apparaissent, en lien avec des contraintes budgétaires de plus en plus fortes (les consommations des ménages augmentent plus vite que leurs revenus). Ces contraintes économiques croissantes entraînent de nouvelles pratiques d'arbitrages et de restrictions, comme présentées ci-dessus. Par ailleurs, de nouvelles attentes et aspirations en matière de consommation naissent chez les consommateurs aisés.

La question qui se pose est donc de savoir si ces inégalités croissantes entre les ménages vont aller ou non dans le sens d'une économie plus circulaire.

¹⁷⁷ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1294228>

La sobriété et le minimalisme

Une petite partie des consommateurs remet en cause la société de consommation, notamment les classes aisées. Ils affichent ainsi un nouvel idéal de vie : le minimalisme. L'objectif est de se débarrasser de la quasi-totalité des biens de la consommation courante, pour ne conserver que le strict minimum. Il se traduit par une valorisation extrême des biens qui sont considérés comme dignes d'être conservés, notamment les appareils technologiques (ordinateurs portables, smartphones dernière génération, tablettes, etc.), mais aussi les vêtements et le mobilier.

Sans être dans ce courant extrême, les nouveaux consommateurs pourraient être plus sélectifs, ne plus accumuler inutilement, mais continuer à renouveler fréquemment leurs possessions, au gré des modes et de leurs envies. Différentes études indiquent que les pratiques des individus sont plus déterminées par leur sensibilité environnementale que par leurs revenus. En effet, les Français sont désormais bien conscients de cette responsabilité : 80 % d'entre eux sont d'accord avec l'idée qu'ils ont un rôle à jouer pour réduire l'impact environnemental de leur propre consommation. Cependant, les intentions ne se traduisent pas forcément dans les actes d'achat. En effet, le consommateur ne connaît pas forcément l'impact environnemental de sa consommation, et parce que d'autres facteurs peuvent jouer plus fortement, comme le prix, le plaisir de la consommation, etc.

Les individus joueront sans doute un rôle déterminant dans la transition écologique, mais ils devront nécessairement être accompagnés. Au regard de ces tendances, d'autres logiques de consommation peuvent être analysées.

La consommation collaborative

La consommation collaborative permet d'offrir des alternatives pour continuer à consommer toujours autant, mais différemment, et souvent à moindre coût : la première motivation de ces pratiques est bien évidemment économique.

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) identifie la consommation collaborative comme « une pratique qui augmente l'usage d'un bien ou d'un service, par le partage, l'échange, le troc, la vente ou la location de celui-ci, avec et entre particuliers », repensée à la faveur de la technologie moderne et des communautés.

Certaines pratiques peuvent remettre en cause la propriété des biens, au profit de la notion d'usage.



La consommation collaborative connaît depuis plusieurs années un essor significatif, se traduisant par l'émergence de nouvelles pratiques, facilitées par Internet et par le retour de pratiques parfois très anciennes (troc, achat-vente d'occasion...). En plus des initiatives et des plateformes aujourd'hui bien établies que sont le covoiturage (BlaBlaCar), la location de logements entre particuliers (AirBnB) ou la revente d'objets en ligne (Leboncoin), un nombre très important de pratiques collaboratives émerge et prend de l'ampleur : l'offre se développe et la demande suit.

La question se pose toutefois des impacts environnementaux associés à cette consommation collaborative. Si certains acteurs, comme BlaBlaCar ou AirBnB, choisissent de communiquer sur les bénéfices environnementaux de leurs services, la plupart des entreprises restent cependant prudentes. Si la mutualisation ou le réemploi de biens semblent intuitivement porteurs de bénéfices environnementaux, il est néanmoins difficile de tirer une conclusion générale sur la performance environnementale de la consommation collaborative, sans évaluer de manière spécifique ses différentes formes.

L'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI) a publié en juillet 2014 une note qui cadre et précise les enjeux environnementaux associés à la consommation collaborative. L'économie du partage semble « porteuse de promesses de durabilité », mais une interrogation subsiste sur les « conditions de réalisation » de l'intuition environnementale.

Une étude menée en 2016 portant sur les « potentiels d'expansion de la consommation collaborative pour réduire les impacts environnementaux » nous présente un état des lieux des initiatives de la consommation collaborative, comprenant, au-delà des aspects économiques et sociaux, les enjeux environnementaux associés aux pratiques collaboratives. L'étude identifie les potentiels de développement de la consommation collaborative, ainsi que leurs conditions de réalisation.

Trois axes d'analyse ont été dégagés et témoignent d'une diversité des consommations collaboratives :

- **La diversité des modèles** : l'objet, le lieu et la forme de l'échange prennent forme dans les modèles de revente, de location, de troc ou encore d'achat d'occasion, avec des modèles économiques dont la pérennité reste souvent à définir ;
- **La professionnalisation des initiatives** : au sein de la consommation collaborative cohabitent tout autant de pratiques anciennes (vides-greniers, jardins ouvriers) que nouvelles, avec une accélération permise par la démocratisation d'Internet et des technologies de l'information et de la communication (TIC). De nouvelles plateformes se sont récemment mises en place (BlaBlaCar ou Airbnb, par exemple), prônant la facilité d'utilisation ;
- **Les principaux leviers et freins** : outre le développement des TIC, les usagers sont fréquemment motivés par le désir d'associer convivialité et potentielle source de revenus. Cependant, les questions de la confiance entre consommateurs et l'attachement à la propriété sont des éléments impactant le développement de ces pratiques.

De manière synthétique, l'étude note les principales tendances suivantes :

- Les pratiques collaboratives ont tendance à croître. Il n'existe que trois initiatives pour lesquelles la pratique diminue : le réemploi de mobilier, les communautés d'acheteurs de biens alimentaires, et le partage simultané de mobilité courte distance ;
- L'élément déterminant l'évolution plus forte de la pratique est lié à l'élargissement de la population pratiquant l'initiative.

En conclusion de l'étude, l'impact environnemental de la consommation collaborative est très contrasté d'une initiative à une autre. De façon générale, la consommation collaborative n'est pas un tout homogène et n'est pas, par essence, « meilleure pour l'environnement ». Il convient donc de casser les idées reçues, qui consistent à automatiquement considérer les initiatives de consommation collaborative comme vertueuses. Tout dépend en effet de la logique dans laquelle s'inscrivent ces pratiques pour les consommateurs : s'agit-il d'un moyen pour continuer à consommer toujours autant (voire plus), ou au contraire d'une nouvelle voie pour réduire véritablement leur consommation matérielle et son empreinte écologique ?

Le second enseignement est que la consommation collaborative contribue assez faiblement à la réduction de l'empreinte environnementale des Français, par rapport aux grandes tendances macroscopiques à horizon 2030 (progrès techniques, évolutions sociétales et démographiques). Des progrès tels que la modernisation du parc automobile, l'amélioration des filières REP ou de l'efficacité énergétique des produits consommateurs d'énergie confirment le besoin de poursuivre les efforts consacrés à d'autres dimensions de l'économie circulaire. La prévention des déchets, l'écoconception ou encore le recyclage constituent des leviers de première importance afin de contribuer à réduire l'empreinte environnementale des Français dans les prochaines décennies.

L'exemple de l'habitat coopératif : être propriétaire collectivement mais locataire individuellement. L'habitat coopératif vient en réponse à la crise du logement, en apportant plus de solidarité et d'efficacité économique, sociale et environnementale. De nombreuses initiatives de logements coopératifs sont nées à travers le monde, pour la promotion d'un habitat solidaire et non spéculatif. La crise économique et l'explosion des prix des logements (+ 140 % en France depuis 1998) durcissent les conditions d'accès à la propriété : plus de 3,8 millions de personnes sont mal-logées en France (sans logement, logées dans un habitat insalubre ou en grande précarité). L'espace urbain connaît par ailleurs un appauvrissement, avec un phénomène de ghettoïsation qui nuit à la mixité sociale ou encore à la complémentarité du parc immobilier (quartiers de bureaux vs quartiers de logements).

Un contexte qui relance l'intérêt citoyen autour des coopératives d'habitants. L'habitat coopératif impose de changer le regard sur l'habitat : la propriété est partagée collectivement par le biais de la coopérative qui possède l'immeuble ; les habitants détiennent quant à eux des parts sociales de la coopérative. Une organisation sous forme d'économie sociale et solidaire qui offre des avantages.

Les habitants ont une double qualité locataires-propriétaires : ils doivent donc habiter sur place. La valeur des parts qu'ils possèdent dans la coopérative est déconnectée de la valeur de leur logement et il devient impossible de spéculer sur la revente. Une personne possède une seule voix, quel que soit le nombre de parts sociales qu'elle possède : chaque coopérateur est au même niveau d'égalité. Enfin, la propriété du bien immobilier est collective : le coopérateur ne paie pas au-delà du coût du projet. Les coopératives d'habitants instituent une forme de propriété collective.

Autre exemple : les vélos en libre service. Un système de vélos en libre-service (VLS) met à disposition du public des vélos, gratuitement ou non. Ce service de mobilité permet d'effectuer des déplacements de proximité, principalement en milieu urbain. Cette location de vélos est une forme de consommation collaborative et permet ainsi de lever trois freins à la pratique du vélo : le stationnement à domicile, le vol et la maintenance de son vélo personnel. Ces dispositions de partage d'engins de mobilité sont aussi proposées pour des scooters électriques ou des voitures. Cependant, le stationnement gênant, les dégradations, les vols et la privatisation des vélos à leur domicile par certains de ses usagers remettent en cause la durabilité de ce service dans de nombreuses villes.

À terme, au regard de ces nouvelles pratiques, c'est l'ensemble des modèles économiques des entreprises productrices qui pourrait être repensé, pour glisser vers une économie de la fonctionnalité : la seule vente de biens neufs devrait être remplacée par de nouveaux services de location (économie de fonctionnalité), achat-vente d'occasion, réparation, réemploi... Elle s'inscrit pleinement dans la démarche de transition vers une économie verte. Elle consiste à remplacer la notion de vente du bien par celle de la vente de l'usage du bien, ce qui entraîne le découplage de la valeur ajoutée et de la consommation d'énergie et de matières premières. L'économie de la fonctionnalité vise à développer des solutions intégrées de biens et services dans une perspective de développement durable. Ainsi, l'échange économique ne repose plus sur le transfert de propriété de biens, qui restent la propriété du producteur tout au long de son cycle de vie, mais sur le consentement des usagers à payer une valeur d'usage. C'est un modèle économique qui permet de créer des emplois peu délocalisables (gestion des produits en location, innovation nécessaire dans la recherche et le développement, dans le marketing, réparation, réemploi...).

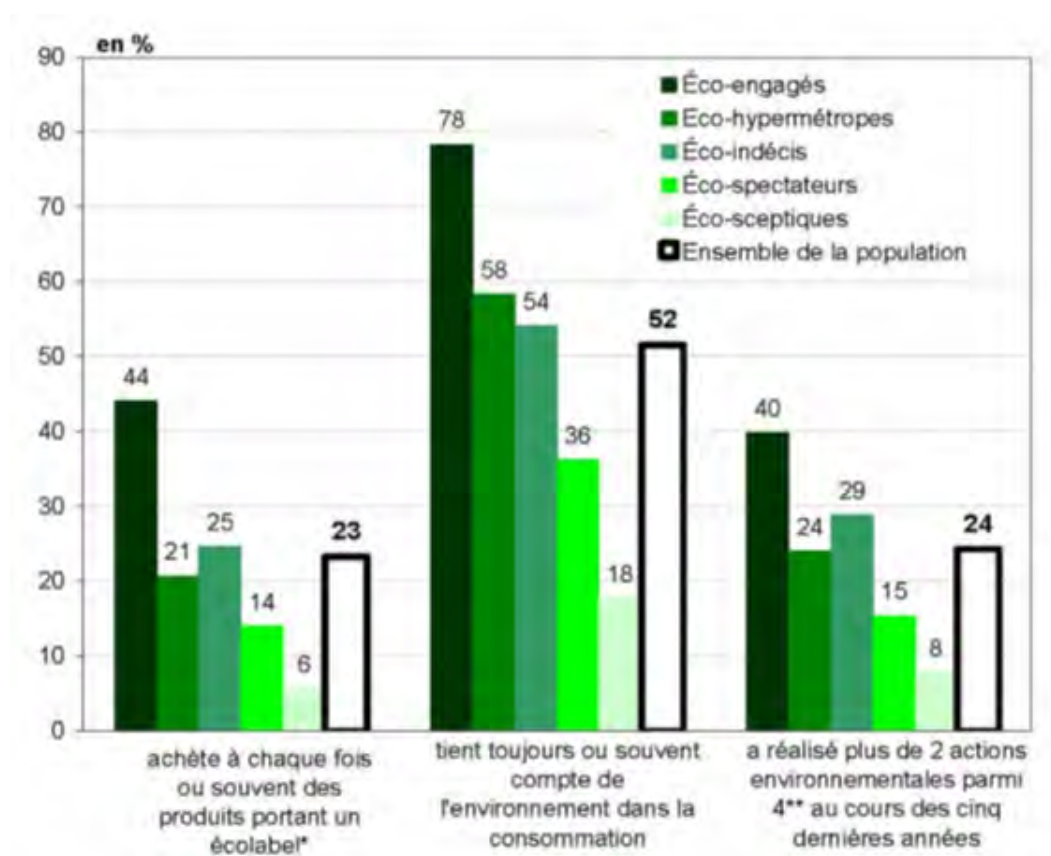
Sur ce sujet, voir la fiche sur la vente de l'usage.

En réponse aux nouveaux acteurs qui émergent dans ce secteur (comme Airbnb, Blablacar,

Uber ou LeBonCoin), les acteurs traditionnels font d'ailleurs évoluer leurs offres. Ainsi, Mr Bricolage a lancé Ladépanne.fr, un site d'échanges de services et d'équipements, la MAIF investit dans le site de location de voitures entre particuliers Koolicar, et la SNCF propose désormais différents services de covoiturage et d'auto-partage (OuiCar, IDVroom, Zipcar).

Des consommations plus vertes

L'affichage environnemental, pour une consommation plus verte, oriente les choix des acheteurs vers des produits plus respectueux de l'environnement (écolabels), qui peuvent donc se développer, car plus visibles. Apporter l'information aux consommateurs permet de modifier conjointement l'offre et les comportements d'achat.



Comportement en fonction de la sensibilité environnementale

Source THEMA – Qui est prêt à payer davantage pour un produit

Il existe cependant un décalage important entre les souhaits exprimés par les consommateurs et leurs pratiques quotidiennes. Plusieurs études récentes, menées sur les comportements alimentaires, ont révélé que les Français étaient de plus en plus exigeants dans ce domaine. Selon une étude menée par GreenFlex en 2017, 52,9 % des Français considèrent que la consommation responsable se traduit en premier lieu par le fait de consommer autrement, c'est-à-dire de recourir à des produits labellisés et certifiés éthiques, des produits locaux. Selon ce même baromètre, 69,2 % des Français se préoccupent du bien-être animal dans leurs achats, et 89,8 % des Français choisissent leurs aliments pour rester en bonne santé.

Par ailleurs, les différentes crises sanitaires ont favorisé une prise de conscience de la part des consommateurs français de la nécessité de prêter une attention plus importante aux produits consommés, à leur origine, à leur méthode de production, etc.

Toutefois, au moment de l'achat et en lien avec le contexte économique et financier actuel, les choix alimentaires restent influencés principalement par le prix des produits. Au-delà des informations déclaratives recueillies par des enquêtes d'opinion, les données relatives aux consommations réelles sont peu disponibles.

L'affichage environnemental répond à cette préoccupation.

Résumé de l'étude « Comportements d'achat en présence d'affichage : les enseignements d'une enquête par expériences de choix » par le Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, au CGDD, menée en novembre 2013.

L'enquête confirme que les consommateurs souhaitent la mise en place d'un affichage environnemental, puisque 8 sur 10 jugent que l'information en la matière est actuellement insuffisante.

Par ailleurs, la plupart des consommateurs semblent être influencés par la note environnementale donnée aux produits lors de leurs achats. En effet, la moitié d'entre eux est prête à payer 20 % de plus pour un produit dont la note est supérieure d'un point (B plutôt que C, par exemple). Ce consentement à payer est nettement supérieur à celui mobilisé pour acquérir un produit d'une marque connue. L'affichage environnemental est plus efficace lorsqu'il est présent sur l'ensemble des produits. En cas contraire, le consentement à payer passe de 20 à 13 %.

Les consommateurs achetant les produits les mieux notés opèrent ce choix plus en raison de leur sensibilité à l'environnement que du niveau de leurs revenus. L'enquête a ainsi permis de dresser des profils de consommateurs selon leur degré de sensibilité environnementale. Le consentement à payer médian des sondés identifiés comme « éco-engagés » est de 40 %, alors qu'il ne dépasse pas 5 % au sein du panel des « éco-sceptiques ». Or, le quartile de la population le plus aisé n'est prêt à payer un prix que 34 % supérieur pour un produit à meilleure performance environnementale. Dans cette perspective, les actions de sensibilisation des consommateurs sont d'une importance majeure. La systématisation de l'affichage environnemental sur tous les produits est seule capable d'en assurer le succès.

Cependant, l'affichage environnemental procède avec une approche top-down. Celle-ci suppose que les différents acteurs concernés fassent consensus autour des impacts pris en considération, de leur évaluation et de la présentation finale des résultats. Disposant d'un rayonnement national et d'une rigueur analytique éprouvée, elle autorise l'édition d'un visuel simple, accessible sur tous les produits. Néanmoins, cette démarche est confrontée à deux limites majeures : premièrement, atteindre un consensus prend du temps. Dans cette perspective, certains thèmes tels que la biodiversité ou les impacts sociaux ne sont pas immédiatement pris en compte, faute d'accord entre les parties. Deuxièmement, un label agrégé est difficilement personnalisable. Il ne peut donc s'adresser aux différents profils des consommateurs, dont les attentes sont multiples.

Sur la base de ce constat, un nouveau service digital personnalisé visant à développer l'offre et la consommation a été mis en test sur 2017 : myLabel.

Il met en relation les consommateurs, les fabricants et les distributeurs, ainsi que les associations. Le consommateur est au cœur du projet myLabel : celui-ci doit s'automotiver,

s'auto-*nudge* – si l'on reprend l'esprit du *nudge* (coup de pouce). Néanmoins, le *nudge* classique fait peser le risque d'une manipulation orchestrée par une autorité externe. Conçu à partir des exigences des consommateurs, myLabel permet de minimiser ce risque. Il autorise en effet les consommateurs à s'engager fortement par l'affirmation de leurs attentes. De même, en leur permettant de visualiser un bilan de leurs achats, il les incite à gagner en cohérence entre leurs convictions et leurs actes d'achat.

myLabel : Il privilégie une approche *bottom-up*. Les consommateurs choisissent eux-mêmes les critères qu'ils souhaitent voir évaluer, tels que la déforestation ou l'impact sur la santé. Ces évaluations sont réalisées par les tiers de confiance que sont les associations ou ONG, les labels ou les instituts. Il s'agit d'utiliser les avis et les données déjà publiés par ces acteurs à propos des entreprises, des filières, des marques ou des ingrédients, afin de les agréger au niveau des produits. MyLabel fait également appel aux fabricants et aux distributeurs afin qu'ils fournissent les fiches « produit » dont ils disposent. Outre le fait que ces documents recensent des données factuelles, ils permettent de dresser un historique de la consommation des usagers, sans que ceux-ci aient à scanner chaque produit acheté.

L'ensemble de ces données permettra aux consommateurs de vérifier que leurs achats correspondent aux critères qu'ils ont retenus. En cas contraire, ils pourront comprendre les raisons d'un tel décalage et, sur demande, se voir proposer des produits alternatifs répondant à leurs attentes.

Cette approche permet d'adresser de très nombreux thèmes écoresponsables. Enfin, s'appuyant sur des données immédiatement disponibles, elle peut être mise en oeuvre dès à présent.

Source : Institut National de la Consommation (INC) www.conso.net Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) www.developpement-durable.gouv.fr

Des consommations réfléchies selon la durée de vie des produits

Elles correspondent aux consommateurs investis dans ces réflexions vers l'achat de produits qu'ils pourront entretenir, dont ils respecteront leurs conditions normales d'utilisation, qu'ils répareront ou feront réparer en cas de panne lorsque c'est possible, et/ou leur donneront une seconde vie, en les donnant ou les revendant.

Ces pratiques sont désormais renouvelées et facilitées par les outils du numérique, qui facilitent notamment :

- La mise en relation entre offreurs et demandeurs de biens et de pièces détachées ;
- L'information et découlent l'offre de services sur les produits, la réparation, la remise à neuf, etc.

Un des thèmes d'action sur la durée de vie des produits est de lutter contre l'obsolescence. L'obsolescence correspond à :

- L'obsolescence fonctionnelle : le produit ne correspond plus aux usages attendus d'un point de vue technique (par exemple, une incompatibilité avec de nouveaux équipements), réglementaire et/ou économique ;
- L'obsolescence d'évolution : le produit ne correspond plus aux « envies » des consommateurs. Ce cas de figure correspond à ce qui est communément appelé « effets de mode ». Ce type d'obsolescence peut être guidé par certains fabricants, qui cherchent à augmenter la fréquence de renouvellement de leurs produits ;

- **L'obsolescence programmée** : elle consiste en une réduction planifiée de la durée de vie des produits. Le phénomène est ancien et les premières manifestations datent des années 1920. C'est au début des années 1960 que l'obsolescence programmée a commencé à être réellement analysée et dénoncée, notamment par les penseurs de l'écologie politique. Elle n'a pourtant intégré largement la sphère publique qu'à partir du début des années 2010. Les conséquences sont multiples, puisqu'elles se traduisent au niveau environnemental, social, sanitaire ou culturel. Phénomène complexe et non réductible aux dérives les plus flagrantes d'une défectuosité sciemment et précisément calculée pour un arrêt du produit, l'obsolescence programmée fait intervenir un grand nombre d'acteurs, producteurs, distributeurs, et réparateurs. Elle est surtout le reflet d'une époque et d'un modèle économique qui donnent la priorité au renouvellement fréquent des produits comme facteur majeur d'un certain type de croissance.

Un autre axe est de travailler sur les durées de garantie des produits. Le recours aux garanties permet au consommateur d'allonger la durée de vie de ses produits, en les faisant réparer par le vendeur ou le fabricant. De plus, cela encourage les producteurs à concevoir des produits plus durables, afin de limiter les coûts induits par le respect de ces garanties.

Quelques facteurs influençant les comportements de consommation

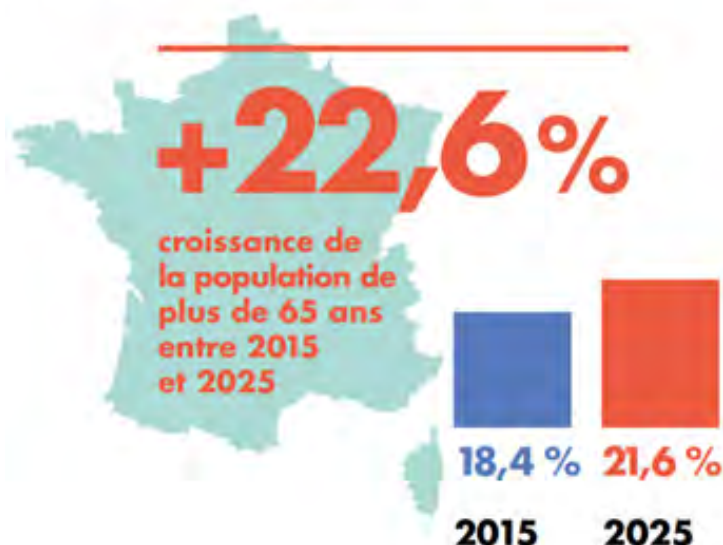
L'âge des consommateurs¹⁷⁸

La France se trouve dans une situation de plus en plus généralisée en Europe : le vieillissement de sa population. Au cours des dix prochaines années, le nombre de résidents français âgés de plus de 65 ans devrait augmenter de 22.6 %, soit plus de cinq fois le taux de croissance de la population française dans son ensemble.

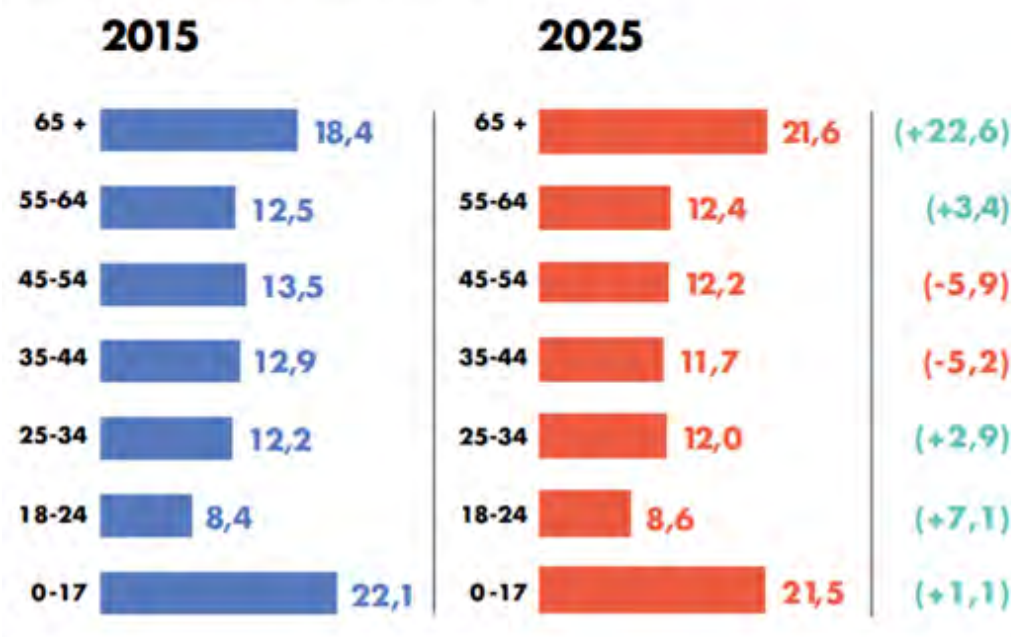
Cela signifie que les Français de 65 ans et plus remplaceront les moins de 18 ans comme première tranche d'âge du pays en 2025.

¹⁷⁸ Source Retailscope Hammerson – étude Tendances Consommateurs 2015

Population âgée de 65 ans et plus.



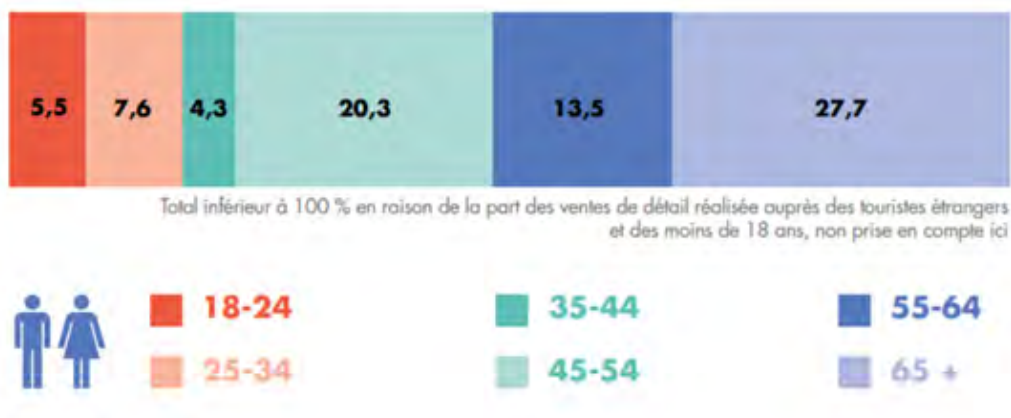
Répartition de la population par tranche d'âge (en %).



Source : INSEE 2016

La classe d'âge a longtemps été l'un des déterminants majeurs des comportements de consommation, aux côtés de l'origine sociale, du sexe, et du pouvoir d'achat. Cette tendance est en train de disparaître aujourd'hui : on observe une convergence des modes de consommation des jeunes et des vieux vers ceux de la génération dite « pivot ». La consommation autrefois sélective, raisonnée, voire sacrificielle des aînés, laisse progressivement place à des comportements d'achats décomplexés, plus spontanés. Désormais, la génération des plus de 60 ans n'est plus seulement une population de patients, de malades, ou une population défavorisée et à charge, mais une population de consommateurs et surtout de consommateurs parmi les plus riches.

Contribution à la croissance des dépenses de consommation par tranche d'âge (en % de 2014 à 2019).



Source : INSEE 2016

L'approche marketing générationnelle tombe en désuétude au profit de l'émergence des styles de vie, marqués par deux tendances lourdes :

- La recherche du perpétuel rajeunissement et de l'esthétique du corps ;
- L'adoption des nouvelles technologies de l'information et de la communication (les seniors ont des niveaux d'équipement en PC presque comparables aux niveaux moyens de l'ensemble de la population française).

De la même manière, les seniors voyagent plus, voyagent mieux et représentent une des cibles privilégiées des acteurs économiques du secteur touristique. Les besoins des anciens structurent de nouveaux modes de loisirs. Les agents du secteur s'adaptent et mettent désormais sur le marché une offre de voyage qui obtient la confiance des institutions de retraite et de prévoyance (garantie, assurance, soins, aménagements hôteliers adaptés, rythmes et rites appropriés).

Ce sont ainsi aujourd'hui les styles de vie – eux-mêmes largement tributaires du niveau de revenu, de l'état de santé et de l'appartenance à un certain milieu socioculturel – qui dictent les modes de consommation, plutôt que l'âge ou l'appartenance à une cohorte générationnelle : les jeunes de moins de 35 ans ont désormais accès à des biens qui étaient autrefois réservés à des actifs plus âgés, tandis que les seniors « rajeunissent » par la consommation.

La place des TIC dans les consommations

Le marché du e-commerce *Business to Consumer* (B to C) en France est un marché en très forte progression. La moitié de son activité est le fait de *pure players*, autrement dit d'entreprises nées sur le Net pour vendre sur le Net. En 2017, plus de la moitié des Français sont « connectés » à Internet, que ce soit à domicile (un tiers des foyers équipés), sur le lieu de travail ou d'études, ou dans un lieu public¹⁷⁹. Et 94 % des Français possèdent un téléphone portable.

¹⁷⁹ <http://www.credoc.fr/publications/abstract.php?ref=R337>

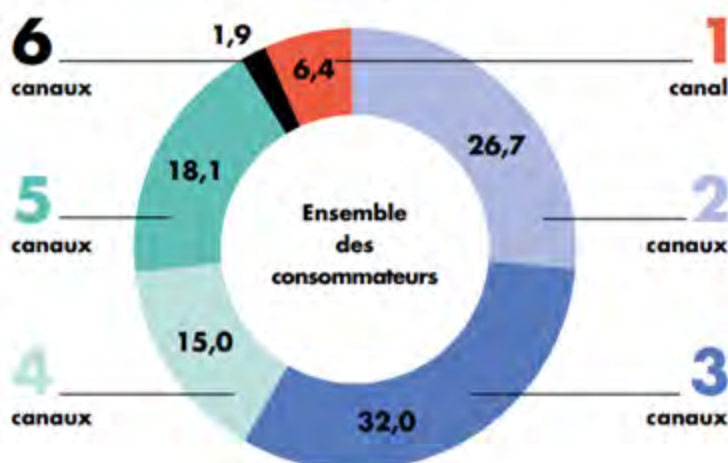
Les pratiques se développent et se diversifient et, parmi elles, les achats et ventes en ligne sont de plus en plus prisés.

Le développement accéléré de l'Internet mobile accompagne ces évolutions : en 2014, plus d'une personne sur deux résidant en France a déjà navigué sur Internet en dehors de chez elle, *via* un ordinateur portable, un téléphone portable, une tablette ou un autre appareil de poche ; ce n'était que 10 % des Français sept ans auparavant.

Équipés de leurs nouveaux outils de recherche, les consommateurs sont mieux informés que jamais. Et leur parcours d'achat se transforme en expérience plus personnelle, au cours de laquelle ils se posent des questions telles que : « comment ? », « quand ? » et « où ? ». Les achats sont devenus nettement plus ciblés, planifiés et réfléchis. Le consommateur français est devenu un spécialiste de la chasse aux bonnes affaires, et les promotions jouent dorénavant un rôle bien plus marqué dans ses habitudes de consommation. Plus de la moitié des consommateurs (52,9 %) sont aujourd'hui des « chasseurs de bonnes affaires » engagés et avertis.

Le développement des nouvelles technologies et la multiplication des outils et des canaux ont considérablement augmenté les modes d'interaction des consommateurs avec les enseignes au cours du processus d'achat. Les personnes qui ne se renseignent et n'achètent qu'en magasin physique sont aujourd'hui largement minoritaires. En conséquence, les enseignes doivent assurer une présence complète et intégrée sur l'ensemble des canaux commerciaux, afin de permettre au consommateur de passer aisément de l'un à l'autre. On recense désormais six canaux : les magasins physiques, Internet *via* un ordinateur, Internet *via* un téléphone mobile, Internet *via* une tablette, les catalogues et le téléphone (appel au magasin ou au service d'informations consommateurs). Et la majorité des consommateurs en utilise au moins trois !

Nombre de canaux utilisés par les consommateurs (en %).



Source : une enquête CREDOC – enquête de consommation 2005 + les TIC et le développement durable : de quoi parle-t-on ?

La majorité des consommateurs (61,2 %) préfèrent combiner Internet et magasins physiques pour leurs achats. La notion d'omnicanal prend alors tout son sens, c'est-à-dire la faculté de comparer à tout endroit, à tout instant et sur n'importe quel canal, l'offre et les prix. Il est donc aujourd'hui dans l'intérêt des enseignes de développer une stratégie intégrant l'ensemble des canaux, tout en s'assurant de leur complémentarité.

Le magasin physique domine à tous les stades du processus d'achat pour le *shopper* français, en particulier au moment de l'achat effectif des produits, à 72,4 %, contre 38,9 % pour le deuxième canal de vente le plus cité, à savoir Internet *via* un ordinateur. La domination du magasin reste toutefois moins prononcée aux trois premiers stades du processus, avant achat. Le recours à Internet *via* un ordinateur varie relativement peu d'une étape à l'autre, la part de consommateurs utilisant ce canal restant plus ou moins constante tout au long du processus.

Les TIC ont donc :

- Changé la manière dont les entreprises abordent leurs marchés (les marchés virtuels ou les marchés sur-mesure pour l'offre de produits) ;
- Fourni aux consommateurs l'opportunité de renforcer leur poids face aux marques ;
- Aidé les consommateurs à opérer des décisions d'achat mieux informées. Ils ont accès, pour un même produit ou un même service, à une gamme d'offres beaucoup plus large, dont ils peuvent très vite comparer les prix et les différentes caractéristiques ;
- Permis de développer des marchés de niche, les consommateurs étant plus facilement ciblés en ligne à travers des campagnes de marketing plus orientées.

Cependant, ces innovations permettront-elles de faire évoluer durablement les comportements des consommateurs ? Elles nécessitent des changements d'échelle de certaines pratiques déjà existantes mais aujourd'hui minoritaires, qui se développent selon des rythmes et des ampleurs différents.

Hypothèses

Hypothèse 1. Consommation à tout prix

Les ménages arbitrent globalement en faveur d'un maintien ou d'une hausse de leur niveau de consommation, quitte à faire, pour certains, des sacrifices sur certains postes (comme l'alimentation) et à diminuer leur taux d'épargne. Ceci permet un maintien, voire une croissance de la consommation d'autres postes comme les technologies, les loisirs, etc.

Parallèlement, les plus aisés maintiennent leur niveau de consommation dans tous les postes, notamment les loisirs, les voyages...

Les ménages ne changent pas leur comportement de consommation et continuent d'acheter des produits neufs.

Hypothèse 2. Consommation restreinte

La part des dépenses contraintes (notamment celles liées au logement et au transport) dans le budget des ménages continue de croître. Dans un premier temps, les ménages

diminuent leur niveau d'épargne pour faire face à ces contraintes. Mais, à partir de 2020, l'épargne est épuisée et des arbitrages très stricts sont opérés sur les différents postes de consommation. L'alimentation est particulièrement touchée, mais aussi l'énergie dans le logement, et le transport. Le renouvellement des équipements ne se fait que lorsqu'il devient indispensable, la réparation étant favorisée. Les pratiques de débrouille se généralisent : achat/vente d'occasion, location et prêt d'équipements, entraide, etc., de manière informelle, à partir des expériences de terrain, d'initiatives locales et de militants.

Cependant, une minorité de ménages aisés continue à consommer beaucoup et dans tous les postes.

Hypothèse 3. Consommation différenciée

La part des dépenses contraintes dans le budget des ménages se stabilise voire diminue, ce qui libère de nouvelles marges de manœuvre pour les autres postes de consommation.

Cependant, cela se traduit par une évolution différenciée des modes de consommation.

Une partie des ménages augmente fortement ses dépenses de consommation, notamment dans la communication, les loisirs et la culture, mais aussi dans les voyages, l'habillement, l'équipement du logement...

Parallèlement, d'autres ménages préfèrent au contraire maintenir, voire réduire leurs dépenses de consommation :

- D'une part, les plus âgés, qui sont déjà équipés et sont moins sensibles à l'innovation et au renouvellement fréquent. Ils peuvent par contre consacrer une partie importante de leur budget aux services et aux voyages.
- D'autre part, des individus qui choisissent de s'inscrire dans des démarches de sobriété volontaire. Que ce soit pour des raisons environnementales ou socioéthiques (rejet du capitalisme et des entreprises), ils modifient progressivement leurs pratiques de consommation. Ils rejettent l'obsolescence programmée, privilégient les biens durables et réparables, et ceux respectueux de l'environnement sont privilégiés. Globalement, leur niveau de consommation baisse.

Hypothèse 4. L'usage plutôt que la propriété

Dans cette hypothèse, les pratiques de consommation évoluent progressivement pour privilégier l'usage des biens plutôt que leur possession. Dès qu'ils le peuvent, les consommateurs préfèrent en effet louer les biens qu'ils utilisent, ce qui leur coûte moins cher et se révèle moins contraignant en termes d'entretien. Différentes modalités d'utilisation peuvent alors coexister :

- Des systèmes de location entre particuliers (économie collaborative) ;
- Des équipements mis en location par des entreprises auprès de différents utilisateurs (voitures, vélos, bricolage...) ;
- Des équipements loués à des particuliers pour leur usage unique, l'entretien étant assuré par l'entreprise qui reste propriétaire (électroménager, technologies...) ;

Ces modèles peuvent se développer à des degrés divers selon les publics, les territoires, et les biens considérés.

Réemploi, réutilisation, remanufacturing

Olivier Gaudeau, INDRA

Définition

Cette variable s'intéresse à l'évolution du réemploi, de la réutilisation et du *remanufacturing*.

Le réemploi

Le réemploi est l'opération par laquelle un produit est donné ou vendu par son propriétaire initial à un tiers, qui *a priori* lui donnera une seconde vie. Le produit garde son statut de produit et ne devient à aucun moment un déchet. Il s'agit d'une composante de la prévention des déchets.

La réutilisation

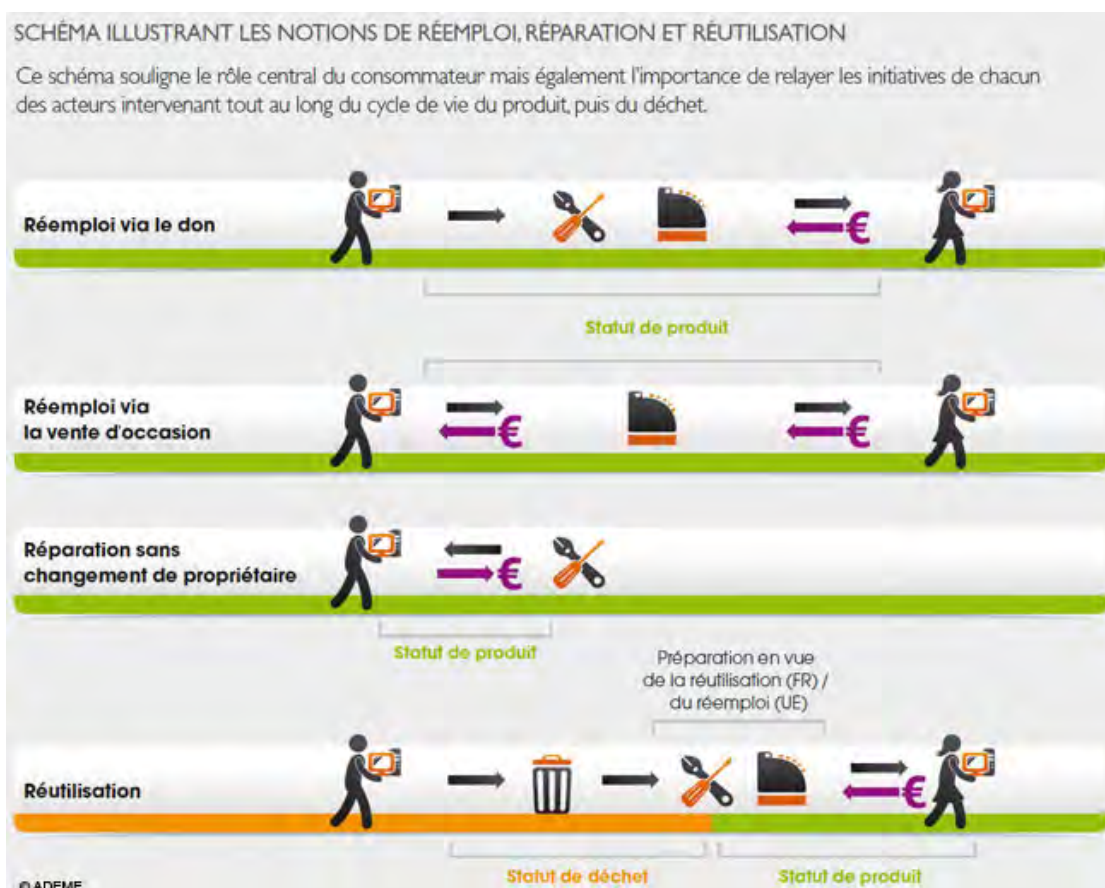
La réutilisation est une opération qui s'amorce lorsqu'un propriétaire d'un bien usagé s'en défait, sans le remettre directement à une structure dont l'objet est le réemploi. Il va déposer son bien usagé dans une borne d'apport volontaire, par exemple, ou dans les déchetteries (hors zone de réemploi). Le bien usagé prend alors un statut de déchet. Il subit ensuite une opération de traitement des déchets appelée « préparation en vue de la réutilisation », lui permettant de retrouver son statut de produit. Il peut alors bénéficier à un détenteur qui lui donnera une seconde vie.

À noter que les structures ayant pour activité la réutilisation relèvent de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), au titre des déchets qu'elles gèrent. Il existe, dans la réglementation européenne et dans la réglementation française, à travers la mise en place de dispositifs de responsabilité élargie des producteurs (REP), des objectifs chiffrés de réutilisation pour les déchets d'équipements électriques et électroniques, les déchets d'éléments d'ameublement et les véhicules hors d'usage.

Exemple des Pièces issues de l'économie circulaire (PIEC)

Depuis le 1^{er} janvier 2017 (le décret n° 2016-703 du 30 mai 2016), les consommateurs

doivent être informés de l'existence de pièces de rechange issues de l'économie circulaire lors de la réparation ou de l'entretien de leur véhicule. L'arrêté du 8 octobre 2018 (applicable au 1^{er} avril 2019), relatif à l'information du consommateur sur les prix et les conditions de vente des pièces issues de l'économie circulaire dans le cadre des prestations d'entretien ou de réparation des véhicules automobiles, précise les conditions dans lesquelles les professionnels du secteur de l'entretien et de la réparation automobile doivent informer le consommateur sur la possibilité d'opter pour des pièces reconditionnées ou d'occasion. Ce texte fixe les conditions opérationnelles d'application de cette obligation. Le professionnel doit désormais fournir l'ensemble des informations nécessaires à son client afin qu'il puisse choisir – en toute connaissance de cause – entre une pièce neuve et une pièce d'occasion. Ces dernières sont soit des pièces prélevées, contrôlées et tracées par des centres de véhicules hors d'usage agréés, soit des pièces remises en état conformément aux spécifications établies par les constructeurs, commercialisées sous la dénomination « échange standard ». L'information à destination des consommateurs doit apparaître à l'accueil où le professionnel fait ses prises de rendez-vous et sur son site web, un affichage clair devant être visible de l'extérieur.



Les acteurs du réemploi et de la réutilisation

- Les acteurs dont l'activité première est le réemploi et/ou la réutilisation :
 - Les structures de l'ESS, telles que le réseau Emmaüs, Envie, ou le Réseau des Ressourceries ;
 - Les structures de l'occasion, telles que les sites Internet de mise en relation vendeurs/acheteurs, les revendeurs, les vide-greniers et brocantes, les dépôts-ventes et les journaux de petites annonces. *Notons, dans le domaine de l'automobile, les Centres*

Véhicules Hors d'Usage agréés et dûment habilités à collecter puis, après mise en sécurité et dépollution, démonter pour pièces et matières les véhicules hors d'usage.

- Les acteurs publics qui soutiennent le développement des activités de réemploi et les acteurs territoriaux, telles que les collectivités, dans le cadre des plans et programmes de prévention des déchets ;
- Les acteurs qui s'inscrivent dans le dispositif de responsabilité élargie du producteur (éco-organismes, fabricants, importateurs, distributeurs) ;
- Les consommateurs contribuant au développement des pratiques du réemploi et de la réutilisation.

Recyclerie versus Ressourcerie®

Le terme « Ressourcerie® » est une marque déposée. La Ressourcerie® met en œuvre des modes de collecte des déchets (encombrants, déchet industriel banal [DIB]...), qui préservent leur état, en vue de les valoriser prioritairement par réemploi/réutilisation, puis recyclage.

Le terme « recyclerie » est employé de façon générique. La recyclerie est un centre qui a pour vocation de récupérer, valoriser et/ou réparer, en vue de la revente au grand public, des produits d'occasion ou des produits usagés (ayant le statut de déchets). Ils feront l'objet d'une opération de contrôle, de nettoyage ou de réparation (préparation en vue de la réutilisation), afin de retrouver leur statut de produits.

Le remanufacturing (ou reconditionnement)

Le *remanufacturing* (ou reconditionnement) consiste à réutiliser des produits et/ou des composants arrivant en fin de vie comme ressources pour fabriquer des produits neufs identiques, voire plus performants.

Les produits sont ainsi démontés, les sous-composants encore exploitables extraits et alors remis à neuf comme les pièces d'origine et sont soumis à un contrôle qualité systématique, pour garantir la qualité du produit final.

Il s'est développé en Amérique du Nord puis en Europe et dans les autres continents, dans le domaine de l'automobile et du transport, ainsi que dans les domaines des appareils électriques, des équipements industriels et informatiques¹⁸⁰.

Sources : Ademe et ouvrage Georgeault / Le Moigne

Afin d'étudier l'évolution de ces 3 variables, plusieurs moteurs doivent être pris en compte :

- La conjoncture économique internationale, en particulier l'évolution du pouvoir d'achat des individus, des classes moyennes et aisées (la baisse du pouvoir d'achat peut avoir un impact fort sur la propension des ménages à avoir recours à des objets de « seconde main » ou rénovés, et inversement) ;
- L'augmentation des réseaux de collecte et de revente (création de réseaux nationaux de collecte / économie sociale et solidaire) ;

- La digitalisation et ainsi la multiplication du nombre de sites Internet dédiés (offre grandissante, *B to C* et *B to B*, voire *C to C*) ;
- L'évolution des marchés internationaux (Europe de l'Est et grand export), aujourd'hui fortement demandeurs et consommateurs ;
- La sensibilisation et la prise de conscience grandissante des acteurs (pouvoirs publics, metteurs sur le marché, consommateurs...) ;
- L'évolution du cadre réglementaire et de la fiscalité associée ;
- L'évolution de l'économie du partage et de la fonctionnalité.

Indicateurs

- Évolution des marchés correspondants (*B to B*, *B to C*) ainsi que *C to C* ;
- Évolution des emplois correspondants ;
- Évolution des réseaux de collecte et de revente ;
- Évolution du nombre de plateformes et *marketplaces* dédiées ;
- Évolution des marchés internationaux (Europe de l'Est et grand export, notamment l'Afrique du Nord et l'Afrique de l'Ouest).

Rétrospective et situation actuelle

L'économie du réemploi, de la réutilisation et du recyclage est très ancienne. De tout temps, depuis les premières civilisations, l'Homme a cherché à réutiliser tout ou partie d'un bien avant de tenter de recycler la ou les matière(s) composant ce dernier.

La première des motivations a toujours été d'ordre économique. L'économie du réemploi, de la réutilisation et du *remanufacturing* connaît une forte croissance depuis vingt ans. Elle dépend, entre autres, des moteurs listés ci-dessus.

Elle transforme progressivement les entreprises qui œuvrent dans ce secteur (digitalisation, traçabilité, qualité, industrialisation, regroupement et concentration des acteurs...). Elle va même jusqu'à intéresser de purs acteurs de la production et/ou distribution de produits neufs.

180 <https://www.ademe.fr/panorama-deuxieme-vie-produits-france-reemploi-reutilisation-actualisation-2017>

Quelques éléments de synthèse issus du « Panorama de la deuxième vie des produits en France – Réemploi et réutilisation – Actualisation 2017 », ADEME¹⁸⁰

L'actualisation 2017 du panorama de la deuxième vie des produits en France montre l'évolution globale des pratiques et acteurs engagés depuis l'édition 2010, et pousse l'analyse via l'observation d'indicateurs quantitatifs depuis les éditions 2012 ou 2014, selon la disponibilité des données.

Les tonnages de produits ménagers effectivement réemployés et réutilisés ont augmenté d'environ 30 % depuis 2014, favorisés par une légère augmentation (3 %) du taux de réemploi/réutilisation. Donner une deuxième vie à un bien plutôt que de le jeter est de plus en plus ancré dans les mœurs des consommateurs, ce qui se traduit aussi dans la hausse du nombre d'acteurs de la seconde vie des produits, et donc de l'offre. Cette édition 2017 a référencé, par rapport à 2014, environ 20 % de structures supplémentaires dont l'activité principale est le réemploi ou la réutilisation de produits.

Le secteur de l'ESS évolue progressivement et se structure :

- 370 millions d'euros de chiffre d'affaires au titre du réemploi et de la réutilisation en 2017, soit une croissance constante à chaque panorama de la deuxième vie des produits depuis 2010 de + 21 % ;
- 209 000 tonnes de biens vendus ou donnés au titre du réemploi et de la réutilisation en 2017, soit 14 % d'augmentation par rapport à 2014 ;
- Plus de 21 000 ETP liés au réemploi et à la réutilisation sont estimés en 2017, c'est-à-dire que les effectifs totaux sont en stagnation entre 2014 et 2017.

De manière générale, les structures ESS et associations caritatives continuent de jouer un rôle important dans les activités de la deuxième vie des produits, et sont essentielles au développement du secteur sur les produits de consommation courante. En effet, les structures de réemploi et de réutilisation dans le secteur de l'ESS contribuent à la création d'emplois, à l'insertion professionnelle et à la formation d'un nouveau métier, tout en offrant une deuxième vie par la collecte et la vente de produits à bas coûts. Les associations caritatives ont quant à elles une vocation renforcée, avec notamment le don à des publics très précaires, tout en proposant des produits à bas coûts pour tout le monde.

Les acteurs de l'économie conventionnelle (sites Internet, dépôts-ventes, revendeurs et brocanteurs, intermédiaires et reconditionneurs) continuent de porter largement le secteur de la deuxième vie des produits :

- 1 170 millions d'euros de chiffre d'affaires au titre du réemploi et de la réutilisation en 2017, soit 49 % d'augmentation par rapport à 2014 ;
- 802 000 tonnes de biens vendus au titre du réemploi et de la réutilisation en 2017, soit 38 % d'augmentation par rapport à 2014 ;
- 12 600 ETP en 2017, soit 97 % d'augmentation par rapport à 2014.

On constate toutefois que les sites Internet et plateformes en ligne accroissent leur part dans les activités de réemploi et de réutilisation, connaissant une croissance spectaculaire en quantité de biens de consommation courante réemployés et réutilisés (données en partie basées sur des estimations). Plus de 400 000 tonnes ont été réemployées ou réutilisées (en augmentation de plus de 50 % par rapport à 2014) par le canal des sites Internet, ce qui en fait le premier intermédiaire d'échange de biens d'occasions. Les dépôts-ventes, revendeurs et brocanteurs constituent le deuxième canal d'échange

(environ 380 000 tonnes avec 19 % d'augmentation) devant les structures ESS et associations caritatives (plus de 200 000 tonnes avec 14 % d'augmentation), acteurs historiques de la deuxième vie des produits de consommation courante.

Hypothèses

Hypothèse 1. Poursuite du développement du réemploi, de la réutilisation et du remanufacturing

Induit par la raréfaction de certaines matières premières, par des politiques fiscales, par une sensibilisation croissante des acteurs et par des gains économiques substantiels au niveau des consommateurs et utilisateurs, le développement se poursuit. Une réelle industrie naît, avec pour conséquence la création d'emplois locaux peu « délocalisables ». Cette industrie touche petit à petit de nouveaux secteurs.

Les réseaux, embryonnaires aujourd'hui, se développent, les acteurs de l'économie du partage et de la fonctionnalité investissent également ce secteur...

Cette nouvelle industrie est principalement tournée vers le *B to B* – l'ESS conservant un lien direct avec le consommateur ou travaillant en collaboration avec cette industrie. Le *B to C* tend à disparaître avec l'évolution croissante de l'économie de la fonctionnalité, mais reste présent au niveau de l'économie du partage, quand celle-ci est animée par les consommateurs eux-mêmes.

L'ensemble des continents se lance progressivement dans cette démarche (maillon de l'économie circulaire).

Hypothèse 2. Freins et accélérateurs se neutralisent – l'évolution est lente

Les metteurs sur le marché, qui n'ont pas pris le train à temps, et qui paniquent devant la forte progression du RRR, font tout pour convaincre le consommateur ou l'utilisateur que le recours à l'économie circulaire est problématique pour la sécurité, la fiabilité des produits, etc. Seuls les secteurs historiques poursuivent un certain développement... L'économie du partage et de la fonctionnalité ne fait pas grandir les besoins en termes de composants ou de produits réemployés ou remanufacturés (moins de produits sont finalement utilisés, ils sont plus fiables, les besoins en composants issus du RRR sont équivalents à aujourd'hui, voire moins importants).

Le *C to C* a tendance à porter préjudice au *B to C*. La pratique du réemploi évolue mais le plus souvent entre consommateurs ou faux particuliers (ces pratiques sont mal encadrées par la réglementation).

Hypothèse 3. Abandon progressif du RRR

L'évolution des pouvoirs d'achat dans les pays développés et en voie de développement est telle qu'on se croit revenu à la grande époque de la société de consommation à tout va (les produits sont jetables). Le RRR n'a plus la cote... C'est ringard, y compris et surtout dans les pays les plus pauvres, qui ne veulent pas passer de la « bidouille » au réemploi organisé et industriel sans avoir goûté à la société de consommation.

L'économie du partage et de la fonctionnalité ne fait pas appel ou très peu au RRR.

Vente de l'usage

Benoît Courier, INRS

Définition

Dans le cadre de cet exercice, la vente de l'usage¹⁸¹ est une composante de l'économie de la fonctionnalité (ou « économie d'usage »), qui consiste en la substitution de la vente d'un produit – et par extension celle d'un service – par la vente de l'usage de ce produit. Il s'agit donc d'un système économique récent, dont les bases du concept ont été posées par W. Stahel et O. Giarini en 1989¹⁸², fondé sur la location d'un bien et/ou l'usage qui en est fait, plutôt que la possession de ce bien. Dans ce modèle économique, la valeur d'un bien/service n'est plus évaluée par rapport à sa valeur d'échange, mais repose sur son usage et donc de ce que l'on en fait et ce à quoi il sert. Souvent assimilée à de la location d'un bien ou à la servicisation, l'économie de fonctionnalité dépasse ce modèle, en recherchant les gains économiques, environnementaux et sociaux, en limitant l'impact environnemental, en augmentant l'efficacité et en limitant le gaspillage des ressources¹⁸³.

Ainsi, l'économie de fonctionnalité vise à changer de paradigme par rapport à l'économie dite « linéaire » et cible la gestion sobre et efficace des ressources. Selon l'ADEME¹⁸⁴, l'économie de la fonctionnalité est l'un des 7 piliers de l'économie circulaire.

Les approches de la vente de l'usage sont le résultat d'une optimisation de l'utilisation – ou de la fonction – des biens et des services, avec l'objectif économique de créer une valeur d'usage la plus élevée possible pendant le plus longtemps possible, tout en consommant le moins de ressources matérielles et d'énergie possibles et atteindre ainsi une meilleure compétitivité et une augmentation des revenus des entreprises¹⁸⁵. Pour que ce modèle soit économiquement rentable, le producteur doit proposer le produit le plus robuste et ayant la durée de vie la plus longue, avec les coûts de maintenance préventive et curative les plus faibles possibles, alors que l'utilisateur doit en limiter l'usage, et donc adapter et optimiser son besoin.

La vente de l'usage n'est pas un « nouveau » modèle économique de plus, mais suscite l'intérêt et l'engagement d'un ensemble d'acteurs économiques et peut apporter potentiellement une réponse aux enjeux de développement durable.

181 Dans ce document, les termes « économie de la fonctionnalité », « économie de fonctionnalité », « économie d'usage » ou « de l'usage » sont considérés comme synonymes.

182 Stahel W., Giarini O., « The limits of certainty : facing risks in the new economy », 1989

183 Vaileanu-Paun I., Boutillier S., « Économie de la fonctionnalité. Une nouvelle synergie entre le territoire, la firme et le consommateur », Cairn info, 2012.

184 ADEME, ATEMIS, « Vers une économie de la fonctionnalité à haute valeur environnementale et sociale en 2050. Les dynamiques servicielle et territoriale au coeur du nouveau modèle », 2017

185 Stahel W., The performance economy, 2006

Indicateurs

Dans le document : « 10 indicateurs clés pour le suivi de l'économie circulaire, édition 2017 »¹⁸⁶, le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, en charge des relations internationales sur le climat, précise qu'il n'existe pas d'indicateurs pertinents et bien renseignés sur l'économie de la fonctionnalité. Le ministère propose un indicateur à la limite de l'économie de la fonctionnalité et de la consommation responsable, correspondant à l'utilisation du covoiturage.

En se basant sur les objectifs attendus de l'économie de la fonctionnalité, d'autres indicateurs peuvent être proposés :

- L'évolution de la part de la location de biens et de produits par rapport à l'ensemble des achats : même si la vente de l'usage n'est pas de la location, il est intéressant d'évaluer l'acceptation de la « non propriété » d'un bien (location) par les consommateurs ;
- L'évolution de l'utilisation contractuelle en fonction de la durée et de la distance parcourue des véhicules personnels. L'utilisateur paye son véhicule pour l'usage qu'il en fait et il n'en est plus le propriétaire.

Rétrospective

La vente de l'usage a été pratiquée par les entreprises avant que le concept de l'économie de la fonctionnalité n'ait été défini. Selon C. Sempels et J. Hoffman¹⁸⁷, « les entreprises disposent d'une longue tradition d'externalisation allant bien au-delà de la seule question du *make or buy*. Elles entretiennent de nombreuses relations de service avec des fournisseurs, qu'elles ont appris à piloter et à évaluer. Le rapport à la possession est plus froid, moins émotionnel que son équivalent en *B to C*, et ne semble pas constituer un frein réel », montrant que le marché *Business to Business (B to B)* semble plus adapté à la vente de l'usage que le marché *Business to Consumer (B to C)*.

Pour des raisons purement économiques liées à leur rentabilité et à des raisons stratégiques ou de limitation des risques à moyen et long terme, les entreprises préfèrent recentrer leurs activités sur leur cœur de métier. Cette tendance à l'externalisation a été fortement marquée au cours de la dernière décennie du XX^{ème} siècle, notamment avec le concept de « l'entreprise sans usine ». Les entreprises préfèrent donc sous-traiter leurs « *non-core business activities* » et sont de bons clients pour des offres de services des activités annexes à leur cœur de métier. Les entreprises devant être en capacité d'adapter, parfois très rapidement, tout ou partie de leurs outils de production pour répondre aux évolutions techniques ou technologiques, il est logique qu'elles privilégient l'achat de l'usage plutôt que l'investissement.

La propriété n'est pas un objectif de l'entreprise, son objectif est la production de biens ou de services.

¹⁸⁶ http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/ ; Publications/Datalab/2017/datalab-18-economie-circulaire-edition-2017-b.pdf

¹⁸⁷ Sempels, C., Hoffmann, J., « Sustainable Business Model innovation Create Value in a World of Finite Resources » (2013).

Le particulier reste attaché à la propriété de l'objet et, comme l'a écrit Belk¹⁸⁸, « les objets possédés sont vus par certains comme une extension d'eux-mêmes, comme l'expression de leur identité et de l'image qu'ils véhiculent ». La vente de l'usage sur le marché B to C est donc freinée par ce besoin de propriété physique, qu'elle n'apporte pas au particulier.

Cependant, les pratiques collaboratives sont en plein essor (Blablacar, Uber) et les particuliers semblent accepter de ne pas systématiquement posséder, mais de privilégier l'usage pour certains types de biens, dont l'utilisation n'est pas importante au regard du coût, ce qui pourrait prochainement être une opportunité pour développer des offres basées sur la vente de l'usage.

Des *business* basés sur l'usage présentent l'avantage d'une liberté accrue pour l'utilisateur, comme l'exemple du Velib à Paris : utilisation d'un vélo où et quand le besoin se présente.

Exemples d'application du modèle de l'économie de la fonctionnalité

Michelin trucks

Depuis 2002, Michelin Fleet Solutions propose aux grandes flottes de véhicules d'assurer l'intégralité de la gestion et de l'entretien des pneumatiques et l'assistance en cas de problème, en échange d'une facturation aux kilomètres parcourus. À l'origine de ce service, l'absence de certitude d'amortissement des pneumatiques par les utilisateurs, malgré les performances des produits annoncées par Michelin. Les pneumatiques sont éco-conçus et permettent de réduire la consommation énergétique du véhicule, ainsi que d'être recrusés deux fois et rechapés une fois.

Xerox

L'entreprise Xerox commercialise un service de location d'imprimantes-photocopieuses, incluant la réparation, l'entretien et le remplacement des machines par d'autres plus récentes, sur demande. L'utilisateur achète les photocopies, payées par mensualités. Xerox propose un service étendu aux entreprises, en évaluant les besoins réels d'impression, en rachetant ses anciens équipements, et en proposant des équipements adaptés et des conseils pour optimiser les consommations énergétiques et de consommables. Ensuite, l'entretien des machines est assuré entièrement par Xerox, et est facilité par leur écoconception, qui permet de remplacer toutes les pièces séparément en cas de problème.

Autolib'

Pour tenter réduire le nombre de véhicules dans l'agglomération parisienne tout en proposant un service de transport alternatif aux transports en commun, le service

¹⁸⁸ Belk, R., « Possessions and the Extended Self », *Journal of Consumer Research*, 1988

Autolib' a été créé. Les véhicules électriques sont proposés aux usagers à des bornes de chargement, et ceux-ci achètent le temps d'utilisation du véhicule. Les 4000 Bluecars du services Autolib' remplacent plus de 36 000 véhicules, qui auraient parcourus 165 000 000 de kilomètres par an. Cet argument écologique plaide en faveur de ce mode d'autopartage en milieu urbain. Depuis 1999, 23 villes françaises proposent un service d'autopartage.

La location de véhicule entre particuliers tend également à se développer : entre 2010 et 2011, 7 plateformes de location ont été créées.

Mud Jeans

Mud Jeans propose à ses clients d'acheter un *jean* de manière classique ou de le louer pour une durée d'un an, moyennant un loyer. À la fin de la période, l'utilisateur a trois options : continuer la location et échanger le *jean* contre un nouveau, devenir propriétaire du *jean*, ou le retourner à l'entreprise. La réparation des *jeans* en locations est prise en charge par Mud Jeans. Les *jeans* en fin de vie sont recyclés.

Location et vente de services entre particuliers et aux particuliers

Les nouvelles technologies facilitent la mise en relation des particuliers ayant un besoin et pouvant y répondre. Le site Allovoisins se définit comme un réseau social de location d'objets et de services à la personne entre voisins, de l'entraide entre particuliers. Dans la vague de l'économie collaborative, il veut privilégier l'usage par rapport à la propriété. Partant du constat qu'un particulier ne veut pas acheter un taille-haies mais souhaite avoir une haie taillée, il peut emprunter l'outil à son voisin ou acheter la prestation. 1,5 millions de personnes utilisent ce site pour y trouver des services, mais aussi tous les objets du quotidien qu'ils pourront louer. D'autres plateformes d'échanges plus spécialisés proposent aussi de la location de vêtements, de décorations...

Certaines entreprises proposent aux particuliers de louer de l'électroménager (comme Lokeo, filiale de Boulanger), notamment les équipements qui sont utilisés très ponctuellement.

Dalkia

Ce fournisseur d'énergie propose des contrats de chauffage de bâtiments aux professionnels et collectivités, ou de logements aux particuliers. Dès 1937, Dalkia propose un service d'entretien et de conduite des installations de chauffage¹⁸⁹. Tout d'abord ancré sur le modèle *B to B*, Dalkia propose aujourd'hui ses offres de services aux particuliers, le transposant ainsi vers le modèle *B to C*. Cela rend les processus d'achat, de maintenance et de retrait de fin de vie plus simples pour le grand public. L'utilisateur achète un service, par exemple une température de confort dans un logement ou un bâtiment. Le prestataire s'engage sur le résultat et propose d'accompagner son client dans une logique de recherche d'économies, après le diagnostic de l'installation, l'évaluation de la performance énergétique... Cette démarche est bénéfique aux deux parties : le fournisseur consomme moins d'énergie et l'utilisateur allège sa facture de chauffage.

¹⁸⁹ Jehanno S., <https://www.linkedin.com/pulse/il-y-80-ans-dalkia-inventait-lefficacite-energetique-sylvie-jehanno/>

GAX

« Global Application Exchange » (GAX) est un projet porté par plusieurs partenaires, experts techniques et spécialistes du numérique dans le département de la Loire. Ce projet collectif consiste en la mise en œuvre d'une solution opérationnelle de mutualisation de logiciels « métiers » à destination des PME mécaniciennes de la Loire. C'est un exemple de logiciel en tant que service dit SaaS (de l'anglais : *Software as a Service*) : il consiste à proposer un abonnement à un logiciel plutôt que l'achat d'une licence. Cela est rendu possible avec le réseau Très Haut Débit (THD), dont dispose le département. GAX propose également la mise à disposition d'une plateforme collaborative.

Le leasing automobile

Les offres de *leasing* automobiles sont nombreuses et permettent à l'utilisateur, professionnel ou particulier, de bénéficier de l'usage d'un véhicule pour une période et un kilométrage défini au début de la contractualisation. Moyennant un loyer mensuel, le conducteur utilise le véhicule sans se soucier des maintenances préventives régulières, qui sont prises en charge par le contrat et assurées par le prestataire. À la fin du contrat, l'usager peut acquérir le véhicule ou repartir avec un véhicule neuf. L'intérêt du prestataire repose sur le calcul des mensualités, intégrant l'amortissement du véhicule ; quant à l'usager, il a la garantie d'avoir un véhicule en parfait état de fonctionnement et de sécurité.

Ces exemples montrent la variabilité de différentes mises en application de la vente de l'usage, qui peut prendre différentes formes, jusqu'à s'apparenter à de la location, du crédit-bail ou du partage s'adressant aux professionnels ou aux particuliers, selon les modèles *B to B* ou *B to C*. Le point commun à toutes ces propositions commerciales est l'acceptation par l'usager de ne pas être propriétaire d'un bien qu'il utilise. Cependant, il est parfois possible que la recherche des gains financiers prime, au détriment des gains environnementaux et sociaux.

Typologies proposées de l'économie de fonctionnalité

Le concept de l'économie de fonctionnalité est très souvent confondu, à tort, avec de la location ou du *servicing*. Nous avons retenu deux approches définissant l'économie de fonctionnalité.

En fonction des modèles de revenus

L'économie de fonctionnalité peut être catégorisée en 3 parties, en fonction de ses applications et des modèles de revenus¹⁹⁰ : la consommation collective, la vente de la fonction d'usage, et la contractualisation au résultat.

La consommation collective regroupe les offres de biens et de services utilisés successivement par plusieurs usagers, comme la location de courte durée ou le

¹⁹⁰ Van Niel J., L'économie de fonctionnalité : principes, éléments de terminologie et proposition typologique, Développement durable et territoires, Vol.5, n°1, 2014

« partage » d'un produit, qui permet à l'utilisateur d'être « propriétaire temporaire » pendant la durée d'utilisation. Dans ce modèle, l'usage d'un produit remplace l'achat pour lequel la rentabilité n'est pas possible, compte tenu de l'utilisation faite par son propriétaire : par exemple, véhicule utilisé exclusivement dans des agglomérations.

La vente de la fonction d'usage regroupe les offres de solutions mettant à la disposition exclusive d'un usager un produit dont le prestataire conserve la propriété. L'intérêt pour l'utilisateur est de disposer d'un produit opérationnel dont il n'a pas la charge de l'entretien et dont le coût est directement lié à l'usage, pendant une période donnée. Le prestataire peut être engagé dans une démarche de cycle de vie écologique, favorisant le recyclage et devra proposer un produit robuste. Le profit pour le prestataire est maximal lorsqu'il combine une écoconception robuste et un *remanufacturing* efficient.

La contractualisation au résultat est l'engagement d'un prestataire sur les résultats attendus de la mise à disposition d'un produit ou d'un service. La contractualisation à la performance énergétique en est un exemple : les prestataires s'engagent à fournir une énergie ou une température dans un bâtiment, indépendamment des coûts des matières premières. Une tendance globale des industriels à se recentrer vers leur cœur de métier entraîne une externalisation des fonctions jugées non vitales pour la production. Les prestataires proposent alors des solutions de services ou techniques pour lesquels ils s'engagent sur des résultats. En intégrant l'optimisation de l'approvisionnement et de la gestion des flux dans ce modèle, le prestataire s'engage naturellement dans une démarche éco-vertueuse.

En fonction de la mise en œuvre par les acteurs

Nicolas Buclet¹⁹¹ propose une typologie de 6 types d'économie de la fonctionnalité, issus de l'observation de la mise en œuvre par les acteurs – principalement les entreprises – et de l'analyse du rapport des acteurs-producteurs de fonction avec les territoires :

La vente de l'usage d'un bien plutôt que du bien lui-même. L'exemple le plus connu est celui de Michelin Fleet Solution, qui vend l'usage des pneumatiques poids lourds, facturé au kilomètre parcouru, plutôt que de vendre les pneumatiques. Dans ce modèle, l'industriel doit créer une solution de reconfiguration des produits, qui peut être délocalisée pour améliorer la rentabilité économique. Dans un tel cas, le gain écologique de l'usage n'existe pas, puisqu'il est altéré par le transport indispensable des pneumatiques vers les sites de reconditionnement. L'entreprise répond aux besoins des clients sans modifier ses produits.

La reconception d'un produit en fonction d'un nouveau mode d'usage. C'est le cas des vélos partagés, dont le service le plus connu est le « Vélib » parisien et, par extension, les vélos en libre-service proposés par les opérateurs chinois Gobe.bike, OFO et oBike. En partant du constat que le temps d'usage effectif d'un vélo ou d'une voiture est très faible par rapport à sa durée de vie, il est intéressant, dans certaines conditions liées à un territoire par exemple, d'acheter l'usage d'un vélo ou d'une voiture plutôt que d'acheter l'objet. Cependant, comme la fabrication des vélos tient compte du faible taux d'usage habituel, il faut donc reconcevoir les vélos si le taux d'usage augmente considérablement.

¹⁹¹ Buclet N., L'économie de fonctionnalité entre écoconception et territoire : une typologie, Développement durable et territoires, Vol.5, n°1, 2014

La conception doit donc aboutir à des biens plus robustes et durables, correspondant au nouveau mode d'usage. Le bien proposé ne tient pas compte des besoins des utilisateurs, mais de l'usage qu'il en fait, et des solutions techniques imposées par l'entreprise.

La reconception du périmètre d'une activité est le choix stratégique de l'entreprise de modifier sa production, pour mieux répondre aux besoins de ses clients. Une entreprise qui proposerait historiquement des systèmes d'affichage et qui modifierait son activité pour vendre les informations affichées sur ses produits entre dans ce type d'économie de la fonctionnalité. Les produits sont communicant et intelligents, pour recueillir des informations en temps réel et donner l'information adaptée la plus pertinente possible à ses clients, qui n'achètent pas le support, mais l'information. L'industriel s'adresse ainsi principalement aux collectivités. Ce changement a été source d'innovation technologique et organisationnelle. Cependant, sa mutation n'est pas en lien avec une volonté d'écoconception, car l'utilisation des nouvelles technologies de l'information est fortement consommatrice de ressources et d'énergie. Le service proposé répond complètement aux attentes des besoins d'informations des usagers.

L'offre d'un service multimodale/modulaire des supports physiques est mis à disposition des clients/usagers¹⁹². En effet, l'exemple de Xerox vendant les copies réalisées et non les photocopieuses est similaire à l'exemple de la vente de pneumatiques au kilomètre. Cependant, les évolutions techniques des appareils de photocopies ont permis d'intégrer de nouvelles fonctionnalités, telles que les scans de documents et l'intégration des appareils dans un réseau professionnel ou personnel, permettant l'impression de documents, l'envoi de documents scannés par messagerie électronique ou par fax. En sachant adapter les produits proposés aux besoins de ses clients et en développant de nouvelles solutions techniques pour répondre à ces besoins ou pour créer de nouveaux besoins, l'industriel vend l'usage de la fonction – la copie – mais sait répondre globalement aux besoins de ses clients.

L'offre d'une fonction en lien avec un territoire, un pays, une région ou une ville : l'utilisateur qui achète sa mobilité se voit proposer le ou les meilleur(s) moyen(s) de transport, en fonction de critères déterminants (encombrement, pollutions, temps de trajets...). Un tel modèle nécessite une parfaite interconnexion entre les différents modes de transports au niveau du territoire. Les infrastructures collectives nécessaires à ces moyens de transport sont complètement ou en partie prises en charge par les pouvoirs publics, qui sont des parties prenantes indispensables. Le transport est alors multimodal et les usagers se voient proposer les meilleures solutions en fonction de leurs besoins, mais doivent aussi accepter de modifier leurs pratiques et donc faire évoluer leurs besoins en fonction de contraintes liées à l'encombrement ou la pollution, par exemple. Ce type est fortement lié aux nouvelles technologies de l'information, qui peuvent altérer son intérêt écologique.

La co-conception d'une fonction (ainsi que du support physique requis) entre le producteur et le client/usager, éventuellement en favorisant la production locale des supports physiques : chaque usager devient le producteur des biens ou produits qu'il utilise, en utilisant si besoin des outils de production partagés et mutualisés. Dans cette organisation de l'économie de la fonctionnalité, chaque usager/producteur apporte son expertise technique et son savoir-faire à un réseau d'utilisateurs au niveau d'un territoire. L'accent est mis sur la co-conception et l'implication du bénéficiaire dans la fonction produite.

Du point de vue des usagers et des prestataires

Ces deux analyses permettent d'identifier les intérêts de l'économie de fonctionnalité du point de vue du prestataire et de l'utilisateur. C'est un concept économique, pour lequel l'engagement des pouvoirs publics est indispensable.

Pour le prestataire, le produit/service proposé à l'usage doit permettre de garantir l'atteinte de résultats et de limiter les coûts de production, de maintenance et de fin de vie du produit/service. Il visera donc à améliorer la robustesse et la fiabilité de ses produits/services, en visant la meilleure modularité, polyvalence ou adaptabilité. Il cherchera également à optimiser les coûts, en ayant une démarche d'écoconception à portée locale pour la production et le *remanufacturing*, et en privilégiant le recyclage par unités élémentaires, voire par matière, plutôt que l'élimination en fin de vie. Pour cela, plus le produit/service est modulaire et évolutif, plus il est intéressant.

Pour l'utilisateur, il est intéressant d'acheter la fonction d'un produit/service si le coût de l'achat n'est pas amortissable au regard du taux d'utilisation et non de la durée d'acquisition. L'achat de l'usage présente également l'avantage de la simplicité de l'utilisation sans contrainte de maintenance, et la garantie de l'objectif de résultat sur la fonction d'usage : l'utilisateur s'attend donc à disposer d'un produit/service toujours opérationnel. L'utilisateur doit s'engager dans un changement de paradigme de consommation : dans le calcul du coût de la fonction achetée, qui peut être supérieur au coût d'achat d'un produit/service, il faut intégrer les services afférents à l'usage (mise à disposition, entretien et maintenance, élimination...). Dans l'application stricte du modèle, l'utilisateur doit être prêt à changer ses pratiques et habitudes pour viser à réduire l'usage qu'il fera d'un produit/service et ainsi en réduire le coût, ce qui est rarement le cas, compte tenu du polymorphisme de la mise en œuvre de la vente de l'usage, comme le montre les exemples décrits plus haut.

Intérêts globaux de l'économie de la fonctionnalité

L'économie de la fonctionnalité est un des moyens de réconcilier l'économie et le développement durable.

En effet, elle a, théoriquement, un bénéfice environnemental, social et économique. L'amélioration de la qualité des produits pour réduire le coût de la fonction produite, la diminution de la pollution et la moindre consommation de ressources naturelles à service égal ou amélioré, les gains économiques et la relocalisation des outils de production, en sont les conséquences idéales attendues.

Il n'y a pas de lien direct entre le coût et la consommation de ressources et d'énergie. La baisse des charges des usagers est directement liée à la baisse de l'usage et donc de la consommation. L'amélioration des profits du prestataire est directement liée à la robustesse, à la fiabilité et à la diminution des coûts liés au cycle de vie du produit.

La vente des fonctions et de l'usage d'un objet implique, pour qu'elle soit économiquement rentable, que l'objet ait la durée de vie la plus longue possible et que l'objet soit le plus robuste possible, limitant ainsi les coûts d'entretien et de maintenance. L'analyse du cycle de vie du produit peut conduire, dans une démarche d'écoconception, à l'accroissement de la durée de vie des produits. Pour que cet engagement vertueux soit significatif, il est

indispensable que l'écoconception soit portée au niveau du cycle de vie du produit et non pas au niveau du produit. Par exemple, si un produit doit être reconditionné ou maintenu dans des sites nécessitant des transports à fort impact environnemental, l'intérêt de l'écoconception est remis en cause.

Pour rappel, l'écoconception¹⁹² est basée sur un montage simple et une structure d'assemblage hiérarchisée, sur la réduction du nombre de pièces utilisées, sur l'établissement d'un système de récupération des pièces et des machines en fin de vie, sur des moyens de mesure de la durée de vie restante ou de la rénovation des pièces usagées, sur des pièces marquées et suivies prévues pour plusieurs cycles et pour leur rénovation, sur un nettoyage facile des pièces pour la prochaine utilisation, sur des pièces standardisées et sur la réutilisation des pièces dans des produits totalement différents.

La vente de l'usage met à mal le principe d'obsolescence programmée ainsi que le système consumériste se basant sur les modèles économiques conventionnels, dont les organisations taylorienne et fordienne sont issues.

Elle n'est possible que si prestataire et usager sont engagés dans une démarche vertueuse. En effet, le prestataire doit associer son image et sa réputation à la qualité et à l'écoconception de ses produits, alors que l'usager ne doit pas chercher, dans la vente de l'usage, un moyen de se déresponsabiliser au regard des impacts environnementaux ou sociaux, ou comme étant une solution lui permettant de continuer à surconsommer en changeant trop fréquemment les produits dont il achète l'usage.

Analyse des indicateurs

Évolution de la part de la location de biens

La location de biens s'est considérablement développée en 20 ans, tant chez les entreprises que chez les particuliers, selon une étude publiée par l'INSEE¹⁹³. En vingt ans, les entreprises du secteur de la location ont créé 38 000 emplois nets salariés, dont plus de la moitié dans la location de biens personnels et domestiques.

La location est la convention par laquelle une personne physique ou morale met un bien à la disposition d'une autre, en contrepartie d'une rémunération – le loyer.

Un particulier ou une entreprise peuvent avoir diverses raisons de louer un bien, qui parfois se combinent. En premier lieu, la location peut viser à satisfaire un besoin ponctuel. Elle peut aussi être motivée par des problèmes de capitaux ou de trésorerie. La location donne également la possibilité de changer régulièrement de modèle dans le cas des produits *high-tech* (smartphones, ordinateurs, équipements technologiques...). La location est préférée à l'investissement pour ajuster les capacités de production. Enfin, pour des matériels spécialisés (matériel médical ou paramédical, par exemple) et ceux dont l'usage est fortement réglementé (par exemple, les nacelles élévatrices ou les grues sur les chantiers), la location reporte le respect des contraintes d'entretien et les conditions réglementaires sur une entreprise spécialisée.

¹⁹² Dorlodot A., Herbays M., « Le prix du temps est-il un frein à l'économie de la fonctionnalité ? », Louvain School of Management, 2016

¹⁹³ Étude INSEE n°1645, « Pelleteuses, voitures, smartphones... : louer plutôt qu'acheter ? », 06/04/2017

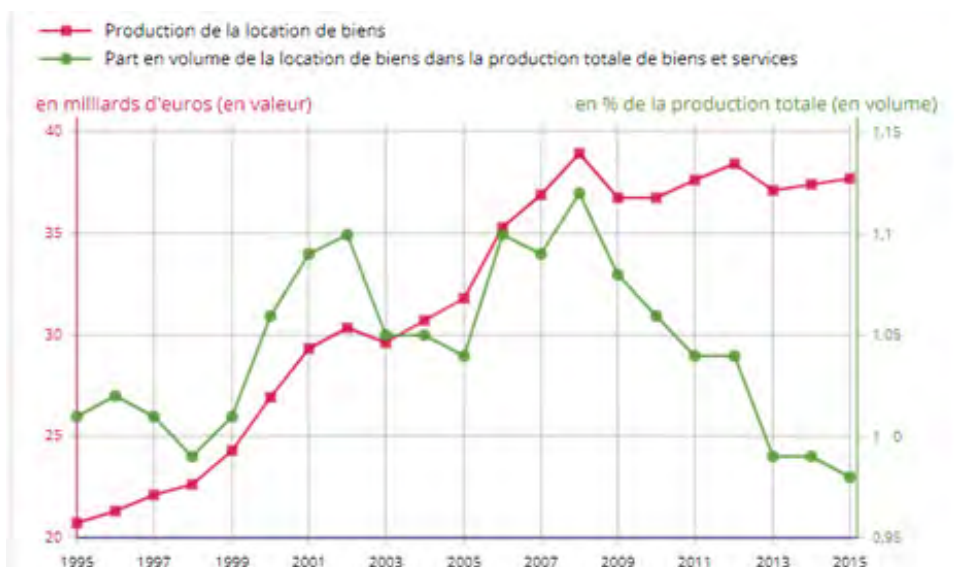


Figure 1. Évolution du chiffre d'affaires de la location de biens et part de la location dans la production totale

Source INSEE

En 2015, la production de services de location de biens atteint 37,7 milliards d'euros, soit près de 1 % de la production totale en France, contre 21 milliards en 1995. Elle est assurée pour 33,8 milliards par des entreprises non financières, et pour 3,9 milliards par des filiales financières. Elle se répartit entre trois grands groupes d'activités : la location de machines et de biens d'équipement (50 %), la location de véhicules automobiles (39 %) et la location de biens personnels et domestiques (11 %).

La location de machines et biens d'équipement (18,7 milliards d'euros en 2015) recouvre quatre types de biens : les machines diverses pour l'agriculture et l'industrie, les conteneurs et les wagons de chemin de fer (36 %) ; les matériels pour le bâtiment et le génie civil (32 %) ; les équipements informatiques et photocopieurs (20 %) ; les matériels de transport fluvial, maritime et aérien (12 %). Les locataires sont presque exclusivement des entreprises.

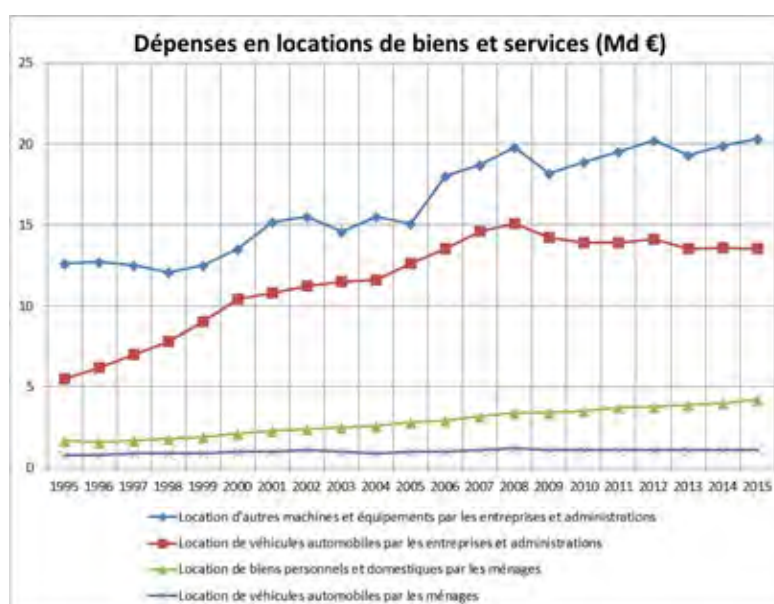


Figure 2. Dépenses en locations de biens et services en milliards d'euros

Source INSEE

Pour la location de véhicules automobiles (14,6 milliards d'euros en 2015), les locataires sont essentiellement des entreprises (13,5 milliards), loin devant les ménages (1,1 milliard). La location de voitures en représente les quatre-cinquièmes et la location de camions, le cinquième.

Enfin, pour la location de biens personnels et domestiques (4,4 milliards d'euros en 2015), les locataires sont surtout des ménages (4,2 milliards), et, très marginalement, des entreprises (0,2 milliard). Cette activité s'étend des articles de loisirs et de sport (cycles, skis, bateaux...) aux matériels médicaux, en passant par toute la gamme des appareils électroménagers et autres biens d'équipement. Les loueurs sont avant tout des entreprises spécialisées, mais aussi des entreprises de commerce.

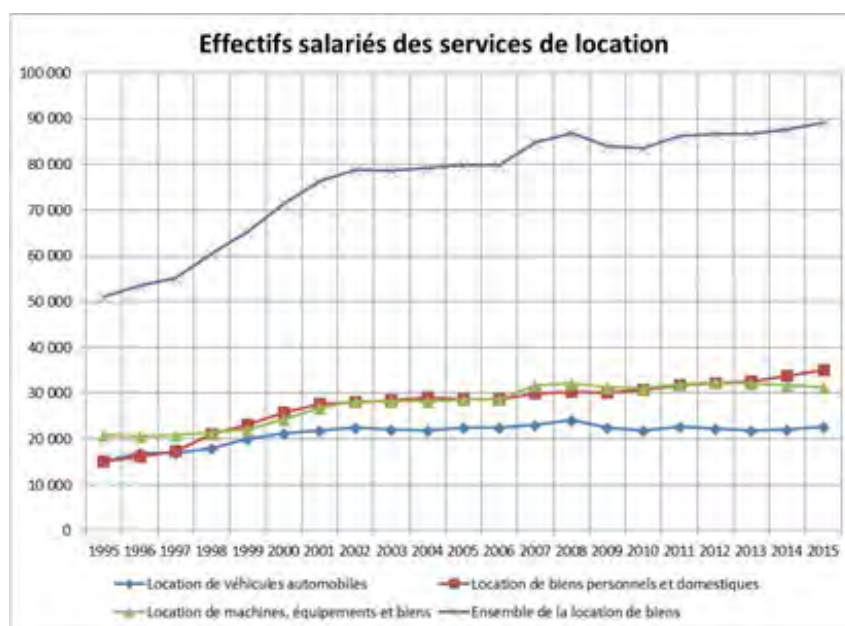


Figure 3. Effectifs salariés des services de location

Source INSEE

Les ménages louent aussi d'autres types de biens, dits «personnels et domestiques», tels que de l'électroménager ou de l'électronique. Ils ont dépensé dans ce secteur près de 4,2 milliards d'euros en 2015, contre 1,7 milliard en 1995. Parmi les agents présents sur ce marché, 80 % sont des loueurs spécialisés. Mais, à présent, la grande distribution investit ce créneau. Elle assure désormais plus de 15 % de la location de biens personnels chez les particuliers. La location d'équipements sportifs et de loisirs est en pleine expansion ces dernières années ; alors qu'à l'inverse, la location de certains biens comme les DVD s'arrête.

Évolution de l'utilisation d'un véhicule pour une durée et/ou kilométrage

L'acquisition d'un véhicule est un poste important dans le budget des ménages. Une tendance actuelle forte est de ne plus être propriétaire de son véhicule et de payer des mensualités calculées en fonction de l'usage qui est fait du véhicule : durée et kilométrage parcouru.

L'utilisateur paye des mensualités qui correspondent au coût de l'usage fait du véhicule,

y compris les charges de maintenance préventive et de réparations liées à l'usage normal, souvent couvertes par la garantie.

L'augmentation des offres de *leasing*, incluant la Location Longue Durée (LDD) et la Location avec Option d'Achat (LOA) de véhicules pour les particuliers témoigne de l'intérêt des automobilistes pour ce mode de financement de l'usage d'un véhicule, passant de 8 % des ventes en 2010 à 20 % en 2016, et 29 % en 2017.

Les constructeurs proposent systématiquement, aujourd'hui, d'acquérir leurs modèles en le finançant mensuellement. Une tendance amorcée en douceur dans les années 90, mais qui a pris une ampleur considérable depuis trois ans. Cette évolution s'explique en particulier par l'augmentation de l'offre de location à une plus large sélection de modèles. En effet, en 2010, ces offres concernaient principalement les voitures haut de gamme, dont elles représentaient déjà près de la moitié des ventes (42 % contre seulement 7 % des ventes des petits modèles). Aujourd'hui, la part de location de ces petits modèles est passée à plus de 37 % (26 % pour la LOA, 11 % pour la LLD), ce qui a énormément contribué à l'explosion de ce type de marché.

A contrario, les véhicules électriques voient leur pourcentage de location chuter (passant de 62 % à 47 %).

Une des conséquences de ce mode d'utilisation des véhicules est l'augmentation du nombre de véhicules mis sur le marché de l'occasion suite à la fin des contrats, les usagers ayant actuellement tendance à utiliser des véhicules neufs. Mais il faut considérer que le marché de l'occasion ne se limite pas à la France, et qu'une demande à l'export existe pour ces véhicules « bon marché ». La location aurait donc un effet vertueux sur le renouvellement du parc, et permettra de diminuer les émissions globales.

Hypothèses

Elles sont formulées à l'échelle de la France, même si ces hypothèses n'ont un sens que si elles sont partagées au minimum au niveau de l'Union Européenne.

Hypothèse I. Incertitudes économiques

Malgré une prise de conscience sociétale des risques futurs liés à la surconsommation des ressources naturelles pour continuer à alimenter la consommation de biens et de produits matériels, les modèles économiques conventionnels perdurent. Les industriels sont plus sensibles aux coûts des produits qu'à l'impact social et environnemental, ayant ainsi une vision court terme de la rentabilité de leur production. Il est aussi plus rentable de produire à faible coût, quitte à limiter la qualité et la durée de vie des produits. Les industriels continuent d'avoir recours à l'externalisation de leurs activités non stratégiques, en utilisant l'achat de l'usage *B to B*. Cette solution leur permet de limiter les risques liés aux investissements et de garder une organisation de la production souple et réactive. Quelques rares actions visant à promouvoir la vente de l'usage ne sont réellement motivées que par les gains rapides ou des aides publiques, mais n'entraînent aucune modification des outils de production.

Toutes les autres initiatives ne sont pas viables dans un système mondial économiquement agressif.

- Les entreprises choisissent de continuer à avoir un haut niveau de production à forte rentabilité plutôt qu'un comportement vertueux affirmant leur sensibilité à la préservation des ressources et de l'environnement, au maintien des outils de production et des emplois dans les territoires. L'achat de l'usage de machines et de ressources humaines est un moyen de limiter les risques économiques, en investissant au minimum pour maintenir un haut niveau de rentabilité. Malgré des politiques nationales et internationales incitatives, l'économie de l'usage se développe peu dans les entreprises.
- Les consommateurs sont partagés entre avoir un haut niveau de consommation ayant un impact faible sur les budgets, et un comportement vertueux de consommateur sensible à la préservation des ressources et de l'environnement, au maintien des outils de production et des emplois dans les territoires. Comme l'achat de l'usage de certains produits ou services *B to C* et *C to C* est économiquement plus intéressant, les consommateurs se tournent progressivement vers ce type d'achat, qui se développe lentement.

Hypothèse 2. Épuisement des ressources et pollution : prise de conscience générale

La société civile, les pouvoirs publics, les acteurs économiques et industriels sont tous conscients de l'urgence de réduire l'impact de l'Homme sur l'environnement, et ainsi de changer les modes de consommation et de production. Ils engagent des modifications du système de production et de la consommation. Ce mouvement est suivi par l'ensemble des partenaires européens. L'économie de la fonctionnalité et la vente de l'usage apparaissent comme une des solutions possibles. Après une période de transition, le système économique tend à intégrer une place non négligeable à l'économie de la fonctionnalité. L'écoconception devient une priorité pour la production, et la vente de l'usage se développe. Les conséquences de la part plus importante de l'économie d'usage sont progressivement visibles, et les contraintes de ce mode de consommation sont bien acceptées. Cependant, le nouveau système économique reste fragile et peut très facilement être déstabilisé par des importations de produits à faible coût. Tant que les consommateurs seront attentifs et sensibilisés aux impacts positifs écologiques et économiques, ils acceptent les sacrifices budgétaires induits par l'économie circulaire.

- Contraints par les pouvoirs publics qui veulent réduire l'impact écologique de l'activité, les industriels recherchent des moyens de produire différemment, qu'ils trouvent dans l'achat de l'usage. Comme tous ont les mêmes contraintes, l'économie de la fonctionnalité n'est pas un frein et tous les secteurs professionnels y ont recours.
- L'achat d'un bien devient l'exception et l'achat de l'usage se développe : transport, décoration, logement, services... Les avantages de ce mode de consommation sont très vite compris par les consommateurs, qui apprécient de pouvoir être libérés des contraintes de l'entretien et de la maintenance des produits. Ils sont conscients de l'impact positif de l'économie de la fonctionnalité sur le système socio-économique local et sur l'environnement : ils en ressentent rapidement les effets bénéfiques sur l'emploi, la qualité de l'air et le traitement des déchets... Les investissements de structures indispensables à ces changements par les pouvoirs publics favorisent l'acceptation par les consommateurs.

Économie du partage

Rémy Le Moigne, Gate C

Définition

Le terme « économie du partage » désigne des modèles économiques où des plateformes de partage, qui créent un marché ouvert pour l'utilisation temporaire de biens et de services – souvent produits ou fournis par des personnes privées –, facilitent des activités¹⁹⁴.

L'économie du partage fait intervenir trois catégories d'acteurs : des prestataires de services, des utilisateurs de ces services, et des intermédiaires. Les prestataires de services partagent des actifs, des ressources, du temps et/ou des compétences. Ils peuvent être des personnes privées, qui proposent des services sur une base occasionnelle, ou des prestataires de services intervenant à titre professionnel. Les intermédiaires mettent en relation, *via* une plateforme en ligne, les prestataires et les utilisateurs, et facilitent les transactions entre eux¹⁹⁴.

L'économie du partage connaît de nombreuses dénominations : *sharing economy* (traduction anglaise de « économie du partage »), économie collaborative (ou *collaborative economy* en anglais), consommation collaborative (ou *collaborative consumption* en anglais), consommation participative, économie des plateformes en ligne, *on-demand economy* ou encore *peer economy*.

Indicateurs

- Volume des transactions facilitées par l'économie du partage
- Nombre de plateformes de partage
- Nombre de prestataires des plateformes de partage
- Nombre d'utilisateurs des plateformes de partage
- Nombre d'emplois créés par les plateformes de partage

¹⁹⁴ Commission européenne

Rétrospective et situation actuelle

Grâce aux plateformes, l'économie du partage connaît une forte croissance

Introduction	1	L'économie du partage recouvre des réalités bien diverses
	2	L'économie du partage connaît, depuis quelques années, une forte croissance
	3	Les plateformes peuvent avoir un but commercial ou social
Impact sur la consommation	4	L'économie du partage a été adoptée rapidement par les consommateurs
	5	Les consommateurs de l'économie du partage ont des motivations multiples
	6	L'achat d'occasion se développe grâce à quelques plateformes de redistribution
Impact sur l'emploi	7	L'économie du partage crée de nombreux emplois de travailleurs indépendants
	8	Les travailleurs des plateformes couvrent des situations très différentes
	9	Les revenus des fournisseurs des plateformes sont souvent faibles
Impacts environnementaux	10	L'impact environnemental de l'économie du partage est incertain
	11	Les plateformes réduisent les coûts de transaction
Impacts économiques	12	Dans certains secteurs, les plateformes sont d'importants concurrents des entreprises traditionnelles
	13	Une nouvelle économie qui nécessite de nouvelles règles

1

L'économie du partage est ancienne. Depuis longtemps, les consommateurs vendent ou achètent des biens lors de vide-greniers ou de brocantes dominicales, ou se rendent des petits services entre voisins. Toutefois, il faudra attendre l'apparition des plateformes, au début des années 2010, pour que l'économie du partage atteigne une taille significative. La rétrospective de l'économie des plateformes s'appuie donc sur un horizon de temps court (moins de dix ans).

L'économie du partage recouvre des réalités bien diverses

Si l'économie du partage repose sur des principes simples, elle recouvre des réalités bien diverses. Les services proposés par les plateformes sont parfois regroupés en trois catégories :

- Faciliter le partage de l'utilisation d'un produit

Des plateformes tirent profit de la capacité disponible de biens (véhicule, espace de bureau, perceuse, etc.) en proposant de les partager. Pour cela, elles mettent en relation les propriétaires d'un produit avec ceux qui en ont besoin. Par exemple, Airbnb permet de partager un logement, BlaBlaCar un siège libre de son véhicule, Drivy son véhicule, Zilok un outil, et Zenpark, une place de parking.

- Faciliter les transactions de vente, d'échange et de don

Des plateformes, quelquefois appelées « plateformes de redistribution », facilitent les transactions de vente, d'échange ou de don entre le propriétaire d'un bien – souvent sous-utilisé – avec celui qui en a besoin. Par exemple, Vestiaire Collective facilite l'achat et la vente de vêtements et accessoires de marque d'occasion. Soldating, une plateforme

pour professionnels, facilite l'échange de terres non polluées entre les chantiers qui possèdent des déblais et ceux qui ont besoin de remblai.

- Fournir un service à la demande

Enfin, certaines plateformes fournissent un service à la demande, en mettant en relation un client avec le fournisseur le plus approprié. Un client est mis en relation avec un chauffeur proche grâce à Uber, ou un livreur à proximité grâce à Deliveroo.

L'économie du partage connaît, depuis quelques années, une forte croissance

L'apparition des plateformes a permis à l'économie du partage de connaître, ces dernières années, une très forte croissance. En Europe, l'économie du partage croît fortement depuis 2013. Cette croissance s'est accélérée en 2015, à la suite des investissements des grandes plateformes pour développer leurs activités européennes¹⁹⁵.

En 2015, cinq secteurs de l'économie du partage (hébergement, transport, services professionnels à la demande, services à domicile à la demande et finance participative), qui regroupaient 275 plateformes, ont généré 3,6 milliards d'euros de revenus, contre 1,8 milliards en 2014 et 1 milliard en 2013¹⁹⁶. Ils ont facilité 28,1 milliards d'euros de transactions en 2015, contre 16 en 2014, et 10 en 2013.

En 2022, le revenu généré par les plateformes pourrait atteindre 40,2 milliards de dollars.¹⁹⁷

Les plateformes peuvent avoir un but commercial ou social

Sur certaines plateformes, les transactions de partage sont réalisées sans but lucratif ou en contrepartie non financière (réciprocité). Par exemple, en échange d'une participation, le fournisseur du bien ou du service peut profiter ultérieurement des services proposés par la plateforme. Après avoir prêté un bien lui appartenant, un utilisateur de Mutum ou de Peerby peut emprunter à son tour un autre bien sur la plateforme.

Sur d'autres plateformes, les fournisseurs de biens ou de services sont rémunérés à chaque transaction de partage. Par exemple, Airbnb rémunère les propriétaires qui mettent à disposition leur appartement. Les plateformes ne se limitent alors pas à améliorer l'utilisation d'une capacité existante, mais peuvent également inciter les fournisseurs à investir dans des capacités supplémentaires, comme acheter un appartement dans le seul but de le louer avec Airbnb.

L'économie du partage a été adoptée rapidement par les consommateurs

L'économie du partage offre aux consommateurs de nombreux avantages : de nouveaux services, une offre élargie et des prix plus abordables.

¹⁹⁵ Commission européenne

¹⁹⁶ PwC

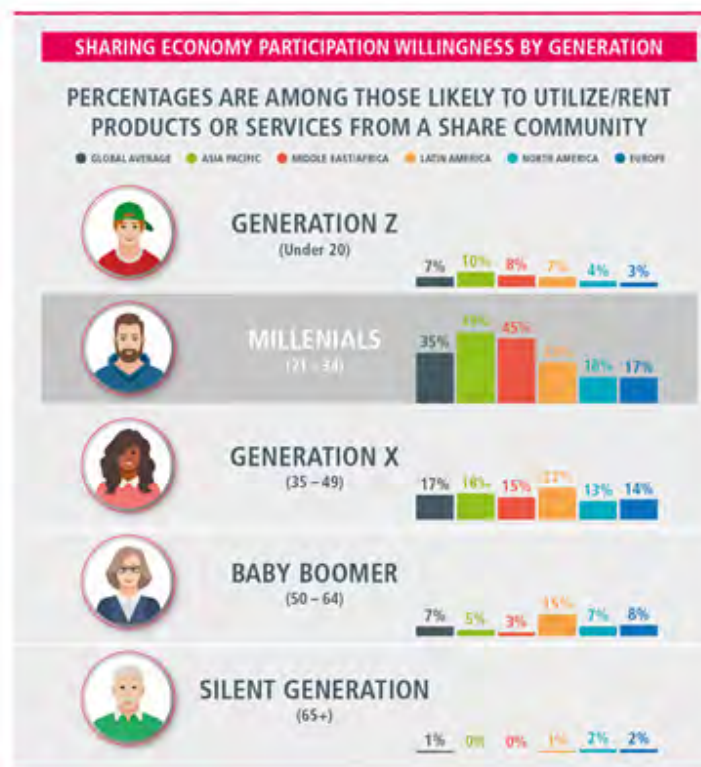
¹⁹⁷ Jupiter Research

En Europe, en 2016, 17 % des consommateurs européens avaient utilisé des services fournis par l'économie du partage, et 52 % avaient connaissance des services offerts¹⁹⁸.

95 % des Français utilisent des plateformes de partage et 62 % sont des utilisateurs réguliers¹⁹⁹.

Aux États-Unis, en 2015, 19 % de la population adulte aurait réalisé une transaction de partage et 44 % serait familière avec l'économie du partage²⁰⁰.

Les générations les plus jeunes (génération Z, *millennials*) sont celles qui adoptent le plus largement l'économie du partage (*voir figure*)²⁰¹.



http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/DHLTrend_Report_Sharing_Economy.pdf

Par exemple, 76 % des Français ont acheté un produit d'occasion et 71 % en ont revendu. Chez les jeunes de 25 à 34 ans, ces chiffres s'élèvent à 84 % et 79 %. Une tendance en augmentation de 8 points, dans les deux cas, pour l'ensemble de la population par rapport à 2015.

Les consommateurs de l'économie du partage ont des motivations multiples

Les deux premières motivations des consommateurs français qui adoptent l'économie du partage sont de réaliser des économies (à 87 %) et de gagner de l'argent (à 76 %). L'économie du partage permet effectivement d'augmenter le pouvoir d'achat des consommateurs. Elle permettrait aux jeunes de 25 à 34 ans un gain de 613 € en moyenne par an. Ce montant s'élèverait à 686 € pour la catégorie CSP+²⁰².

198 Eurobaromètre

199 Cofidis

200 PwC

201 Nielsen

202 Cofidis

Les citoyens français choisissent également l'économie du partage pour se sentir utile (à 41 %), par exemple en faisant du co-voiturage. Enfin, les citoyens veulent rentabiliser ou amortir un achat, et réduire leur consommation (à 35 %).

L'achat d'occasion se développe grâce à quelques plateformes de redistribution

Pendant longtemps, les ménages les plus modestes étaient les principaux acheteurs de biens de seconde main. En partie à cause de la crise financière de 2008, en 2012, 98 % des Français affirmaient avoir eu déjà recours au réemploi²⁰³. Pour répondre à cette demande, les structures de l'occasion se multiplient. La France comptait plus de 5 600 structures de la réutilisation et du réemploi en 2014, soit 600 de plus qu'en 2012. Ces structures regroupent des acteurs de l'économie sociale et solidaire (réseaux spécialisés, réseaux d'acteurs de l'IAE, œuvres caritatives, réseaux d'EA et d'ESAT) et des structures du marché de l'occasion (plateformes numériques, dépôts-ventes, revendeurs, brocanteurs)²⁰⁴.

En 2016, le marché de l'occasion s'élevait à 6 milliards d'euros. Les plateformes Internet représentaient 40 % du total des transactions²⁰⁵. Par exemple, la plateforme Leboncoin, qui facilite la vente et l'achat de biens et de services, compte 26 millions d'annonces. Les enseignes physiques ont également cherché à développer ce marché. Des enseignes comme Cash Converters se sont implantées dans les grandes villes, et quelques enseignes vendant des produits neufs ont également investi le marché de l'occasion, comme Décathlon ou Ikea, mais qui reste marginal pour elles.

Dans l'automobile, l'occasion est aujourd'hui plus développée que le neuf. En 2015, 2,3 millions de voitures neuves ont été vendues, contre 5,6 millions de véhicules de seconde main.

L'économie du partage crée de nombreux emplois de travailleurs indépendants

L'économie du partage offre de nouvelles possibilités d'emploi générant des recettes et permet de travailler selon des formules souples. Elle permet à certaines personnes de devenir économiquement actives dans des cas où des formes plus traditionnelles d'emploi ne sont pas adaptées à leur situation ou ne leur sont pas accessibles.

Les plateformes de partage, et en particulier celles qui fournissent un service à la demande (comme Uber ou Deliveroo), créent de nombreux emplois. Par exemple, en 2015, Uber comptait 160 000 sous-traitants, pour seulement 2 000 employés²⁰⁶.

Les plateformes créent principalement des emplois de travailleurs indépendants. Entre les États-Unis et l'Europe, les travailleurs indépendants utilisant des plateformes représentent entre 3 et 4,5 % de la population en âge de travailler²⁰⁷. En France, les plateformes sont devenues un puissant accélérateur du micro-entrepreneuriat à l'heure de la crise de l'emploi²⁰⁸.

203 ADEME

204 ADEME

205 Xerfi

206 Techcrunch

207 McKinsey (octobre 2016)

208 Institut de l'entreprise

Mais les plateformes créent également des emplois salariés. Par exemple, 55 % des 4 500 coursiers motorisés de la plateforme Stuart ont le statut de salarié ; et près de la moitié des « chauffeurs partenaires » de Uber ont le statut de travailleur salarié²⁰⁹.

Jusqu'à présent, le taux de croissance annuel du nombre de fournisseurs mensuels des plateformes de service (*labor platform*) est élevé : il avait atteint 440 % en août 2014²¹⁰.

Les travailleurs des plateformes couvrent des situations très différentes

Les profils des travailleurs qui utilisent les plateformes pour exercer une activité ont été regroupés en quatre familles²¹¹ :

- Les personnes optant pour le micro-entrepreneuriat comme activité principale, en utilisant les services proposés par des plateformes comme Uber. Par exemple, 81 % des chauffeurs d'UberX n'avaient, en 2015, pas d'autres activités, et 44 % de ces chauffeurs travaillaient plus de 30 heures par semaine via la plateforme²¹² ;
- Les personnes socialement et économiquement insérés utilisant des plateformes (comme Heetch) pour trouver des activités génératrices de revenu supplémentaire, exercées sur leur temps libre ;
- Les personnes disposant le plus souvent d'une activité formelle à temps plein (gardien d'immeuble, barman, employé dans le secteur tertiaire, etc.) et proposant grâce aux plateformes (comme YoupiJob) des petits services afin de dégager des revenus complémentaires. Leur motivation financière se double d'une motivation sociale : ils valorisent la dimension de service, notamment au sein de leur quartier ;
- Les personnes plus vulnérables économiquement ou juridiquement utilisant des plateformes pour trouver une activité indispensable à leur survie. Pour ces personnes, les petites prestations de services constituent leur activité principale. Ces prestations, en raison d'un faible volume et de leur irrégularité, génèrent des revenus insuffisants pour couvrir l'ensemble des dépenses du ménage. En moyenne, ces personnes gagnent entre 150 et 400 € par mois.

Les revenus des fournisseurs des plateformes sont souvent faibles

Les plateformes qui facilitent le partage d'actifs semblent générer un revenu faible pour leurs fournisseurs. Le revenu moyen annuel s'élèverait, dans 15 pays d'Europe, à seulement 2 500 €²¹³. Par exemple, les hôtes d'Airbnb génèrent un revenu moyen de 2 000 \$ par an en France ou en Allemagne (contre toutefois 6 000 \$ aux États-Unis)²¹⁴.

Les plateformes de services à la demande génèrent pour leurs fournisseurs un revenu qui peut être plus élevé (2 400 € par mois avec Uber ou 1 500 € par mois sur Everphotoshoot), mais qui généralement semble plutôt faible (1 500 € par an sur Heetch).

209 IGAS

210 JP Morgan Chase

211 Institut de l'entreprise

212 IGAS

213 ING

214 IGAS

L'impact environnemental de l'économie du partage est incertain

L'impact environnemental de l'économie du partage est incertain²¹⁵. Il est très contrasté d'une initiative à une autre : par exemple, les pratiques de mobilité et le réemploi de biens meubles seraient les pratiques à plus fort potentiel de réduction des impacts environnementaux. À l'inverse, les initiatives relatives au logement, à la location de biens entre particuliers et aux biens alimentaires ont un potentiel de réduction des impacts environnementaux plus difficile à évaluer²¹⁶.

Toutefois, l'économie du partage peut démontrer un intérêt environnemental dans un environnement urbain : une personne en milieu urbain émet 20 % de CO₂ de moins que celle vivant en milieu rural, grâce au partage de biens à forte intensité de CO₂, comme les habitations et les véhicules²¹⁷.

Les plateformes réduisent les coûts de transaction

Grâce aux nouvelles technologies (Internet, smartphones, *cloud computing*, géolocalisation, etc.), les plateformes facilitent la mise en relation, puis les transactions, entre les prestataires de services et les utilisateurs. Elles réduisent ainsi significativement les coûts de transaction.

Par exemple, à la différence des loueurs de véhicules traditionnels, les plateformes d'autopartage proposent des modalités de réservation automatisées et simplifiées. Grâce à une identification au préalable et à l'usage d'un smartphone, un client peut réserver son véhicule à tout moment et formuler sa réservation de façon quasiment simultanée avec la prise du véhicule. Les plateformes simplifient et sécurisent également les transactions, en fournissant des services comme le paiement en ligne, le contrôle de crédit, l'assurance des biens ou encore l'évaluation du prestataire de services ou de l'utilisateur.

À l'avenir, d'autres nouvelles technologies contribueront également à réduire les coûts de transaction. Les véhicules autonomes ou les drones faciliteront le transfert de biens entre un prestataire et un utilisateur. Les crypto-monnaies, comme Ethereum, permettront de déclencher des paiements une fois que certaines conditions seront remplies. L'Internet des objets permettra de mieux connaître l'état d'un bien échangé.

Dans certains secteurs, les plateformes sont d'importants concurrents des entreprises traditionnelles

Dans le secteur de l'hébergement et celui de la mobilité, les plateformes sont devenues d'importants concurrents des entreprises traditionnelles.

Par exemple, Airbnb, fondé en 2008, propose plus de 3 millions d'hébergements dans plus de 65 000 villes et 191 pays, tandis que le groupe hôtelier Hilton, créé en 1919, ne compte que 821 000 chambres dans une centaine de pays. En mars 2017, Airbnb était valorisé à 31 milliards de dollars, proche de la valorisation de Marriott International après son acquisition de Starwood Hotels and Resorts Worldwide.

²¹⁵ Nordic Council of Ministers

²¹⁶ ADEME

²¹⁷ ScienceDirect

À New-York, la flotte de véhicules Uber est 3 fois plus importante que celle des taxis jaunes. Au Royaume-Uni, le chiffre d'affaires des 100 premières entreprises de taxis a diminué en 2017 pour la première fois depuis 5 ans. Le nombre mensuel de clients de BlaBlaCar, une entreprise de co-voiturage longue distance, est de 2 000 rames de TGV pleines.

Quelquefois, les entreprises qui sont concurrencées par les plateformes de partage mettent en place leur propre plateforme. Par exemple, l'enseigne Mr Bricolage a mis en place La dépanne, une plateforme d'échange de biens et services entre particuliers.

Une nouvelle économie qui nécessite de nouvelles règles

L'économie du partage a longtemps donné l'impression de se développer hors de tout cadre juridique. Pourtant, en matière fiscale et sociale, les règles existent bel et bien, et elles sont profondément inadaptées. Avant l'avènement des plateformes, ces règles étaient acceptées pour une raison simple : elles n'étaient tout simplement pas appliquées, parce qu'elles n'étaient pas applicables. Mais la question se pose avec une acuité nouvelle dans le contexte de l'économie des plateformes, où ces activités, jusqu'alors difficiles à identifier et à contrôler, sont devenues massives, standardisées et souvent traçables à l'euro près²¹⁷.

De plus, s'il existe des règles, même inadaptées, pour les transactions de partage, il n'existe pas de cadre juridique spécifiquement applicable pour les plateformes qui organisent ces transactions.

Dans une économie du partage, les limites entre consommateurs et fournisseurs, salariés et travailleurs indépendants, ou encore entre fourniture professionnelle et non professionnelle de services, ne sont plus aussi claires que dans l'économie traditionnelle.

Prospective : tendances émergentes

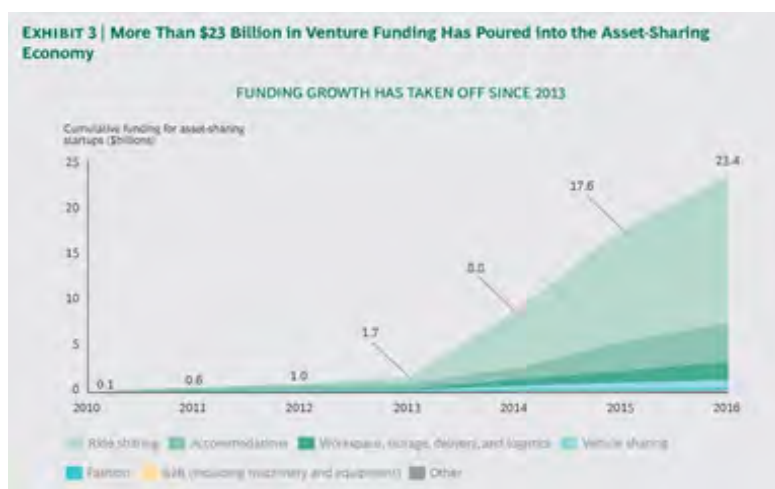
Les investissements dans l'économie du partage s'étendent progressivement à d'autres secteurs que l'hébergement et la mobilité

Airbnb et Uber ont bénéficié à eux seuls de la moitié des 23 milliards de dollars investis dans l'économie du partage par les entreprises de capital-risque²¹⁸. Toutefois, les investissements s'étendent progressivement à d'autres secteurs. WeWork, la plateforme de partage d'espaces de bureau, a bénéficié d'un investissement de 4,45 milliards de dollars. Les start-ups qui offrent de partager des espaces de travail, de stockage, des livraisons et des plateformes logistiques ont bénéficié de près de 2 milliards de dollars

²¹⁷ Sénat

²¹⁸ BCG

d'investissement. Les start-ups de l'économie du partage du secteur de la mode ont reçu 240 millions de dollars (voir figure).



<https://www.bcg.com/publications/2017/strategy-accelerating-growth-consumer-products-hopping-aboard-sharing-economy.aspx>

Progressivement, l'économie du partage est adoptée par les entreprises

Les entreprises traditionnelles sont encore peu nombreuses à utiliser des services de partage, hormis les services établis bien avant l'arrivée des plateformes (coopératives...). Certaines plateformes sont pourtant spécialisées dans les transactions entre entreprises. Par exemple, EquipmentShare ou Yard Club aident les entreprises de construction à louer entre elles les engins de chantier. Cohealo facilite le partage des équipements médicaux, comme les IRM ou les scanners, entre les établissements hospitaliers. Flexe met en relation les entreprises qui possèdent des surfaces de stockage disponibles avec celles qui en ont besoin. LiquidSpace aide les entreprises à trouver des espaces de bureau libres auprès, par exemple, d'autres entreprises qui possèdent des espaces disponibles. Loadfox facilite le partage des capacités d'un camion de marchandises. En France, des plateformes de réemploi de matériaux de construction voient le jour, comme Cycle Up, Hesus, Batidon, Batiphoenix, Materiopro ou New Life (Groupe Bouygues). Toutefois, elles sont souvent à la peine²¹⁹.

Environ 150 millions de dollars ont été investis par des entreprises de capital-risque dans des start-ups proposant des services de partage entre entreprises.

²¹⁹ Les Echos

Prospective : incertitudes majeures

La croissance de l'économie du partage va-t-elle se poursuivre ?

Le taux de croissance annuel du nombre de fournisseurs mensuels des plateformes de service (*labor platform*) est élevé et a atteint 440 % en août 2014 (voir figure). Toutefois, ce taux de croissance a ralenti depuis cette date. La croissance du revenu mensuel a également diminué, de 500 % en octobre 2013 à 100 % en août 2015²²⁰.



<https://www.jpmorganchase.com/corporate/institute/insight-online-platform-econ-growth-trajectory.htm>

L'économie du partage est-elle rentable à long terme ?

Si les entreprises de capital-risque ont investi des sommes considérables dans des start-ups de l'économie du partage, la question de la rentabilité de ces start-ups se pose. Par exemple, les pertes d'Uber se sont élevées à 2,8 milliards de dollars en 2016, et 4,5 en 2017.

La croissance de l'économie du partage va-t-elle être freinée par la réglementation ?

Les plateformes de partage ont pu bénéficier, au début, d'une réglementation inadaptée. Toutefois, progressivement, des réglementations sont mises en place à l'échelle des pays et des collectivités territoriales.

Par exemple, dans le Massachusetts, une loi impose une taxe de 20 cents sur chaque trajet réalisé par des entreprises comme Uber ou Lyft, pour financer les infrastructures de transport. Uber est interdit à Londres. À Paris, un particulier qui souhaite louer un appartement par Airbnb doit, depuis quelques mois, s'enregistrer auprès de la Mairie de Paris.

220 JP Morgan Chase

L'économie du partage va-t-elle être ralentie par une difficulté à recruter des prestataires de service ?

La rotation des fournisseurs des plateformes du partage est élevée. Chaque mois, un employé sur six est nouveau, tandis que la moitié des employés quitte la plateforme au bout d'une année²²¹.

Hypothèses

Hypothèse 1. Une poursuite de la croissance exponentielle de l'économie des plateformes

Profitant d'un coût de transaction toujours plus bas et d'une offre élargie, l'économie du partage poursuit sa très forte progression. Les nouvelles générations adoptent l'économie du partage, n'ayant pas à se désaccoutumer à une économie de la possession, qu'ils ont moins connue. Les plateformes investissent très rapidement des domaines aussi variés que la banque, la santé, le commerce de détail, le second œuvre du bâtiment, toutes les activités de service à la personne... Au point de devenir la solution de référence pour tout client potentiel en recherche d'une entreprise²²². Les plateformes multiplient les emplois de travailleurs indépendants et impactent fortement les formes d'emplois traditionnels²²³

Hypothèse 2. Faisant face à de nombreuses difficultés, l'économie du partage interrompt sa croissance

L'économie du partage est confrontée à de nombreux obstacles : une réglementation qui lui est de moins en moins favorable, une difficulté à recruter des travailleurs indépendants qui préfèrent des emplois plus stables, des biens qui n'ont pas été conçus en vue du partage, des utilisateurs qui ne parviennent pas à se désaccoutumer à une économie de la possession, un modèle économique des plateformes qui n'est pas rentable, les risques liés au piratage informatique, le risque d'exploitation des données à des fins politiques, etc.

Hypothèse 3. Une économie du partage qui se développe uniquement dans certains secteurs et sur certains territoires

L'économie du partage se cantonne à des secteurs comme l'hébergement ou la mobilité, pour lesquels elle peut apporter un avantage concurrentiel. Si l'économie du partage est adoptée dans les grandes métropoles comme Paris, elle peine à se développer dans les zones moins urbaines, où les populations préfèrent la possession au partage.

Les plateformes commerciales qui ont trouvé leur modèle économique coexistent avec des plateformes à but social, dont l'objectif est de maintenir la cohésion sociale.

221 JP Morgan Chase

222 INRS

223 INRS

Organisation de la production

Catherine Montagnon, INRS

Définition

L'organisation de la production, initiée pour les besoins des guerres (y compris les stratégies de défense et de protection) ainsi que pour les besoins alimentaires et de première nécessité²²⁴, s'est d'abord développée au niveau artisanal dans ces trois domaines. Assurer la survie (alimentation, habitat, eau, salubrité) et la défense des réserves et des avantages matériels est en effet l'une des premières préoccupations.

Petit à petit et pour répondre aux besoins de populations de plus en plus nombreuses, cette production s'est mécanisée, les tâches se sont organisées.

De premières innovations technologiques sont venues en appui de cette mécanisation, renforcées par des progrès en termes d'énergie : machine à vapeur, pétrole, électricité. Les centres de production se concentrent autour de sources d'énergie et de machines dispendieuses. Les investissements deviennent lourds, et sont bientôt pris en charge par les États ou par des particuliers sur leurs deniers personnels (fermes, artisanat).

Le capitalisme, invention de structures immatérielles pouvant naître et mourir sans trop de risques pour leurs créateurs et leurs deniers propres, permet ensuite un déploiement magistral des entreprises, qui doivent rentabiliser leurs investissements.

Cette forme d'économie, basée essentiellement sur les avancées technologiques et le retour sur investissement de ces nouvelles sociétés, va ainsi vivre durant des centaines d'années des étapes faites de révolutions, suivies de périodes de déploiement des nouvelles solutions trouvées.

Depuis les deux révolutions industrielles et les débuts de la gestion industrielle avec le taylorisme, les méthodes Juste à Temps (JAT) et MRP²²⁵, la recherche constante de l'amélioration de la productivité semble liée à l'idée que le développement humain serait lié au PIB.

Aujourd'hui trois paramètres peuvent changer la donne (ou pas) :

- La « quatrième révolution industrielle ou industrie du futur », basée sur les nouvelles technologies, les échanges de données et la capacité de stocker, analyser, et utiliser toutes ces méta-données en millièmes de secondes ;

²²⁴ Vêtements, habitations, récipients, outils...

²²⁵ MRP : Material Requirement Planning, ou « management des ressources de production »

- La mondialisation toujours plus importante de la chaîne de valeur ;
- Le niveau de stabilité géopolitique dans le monde.

Le visage que prendra, demain, la production pourra freiner, accompagner, voire amplifier le développement de l'économie circulaire.

Les fonctions de la production

La production peut être représentée par différentes fonctions ou parties de la chaîne de l'entreprise : études et recherche, marketing, méthodes, commercial, planification – ordonnancement –, gestion des flux et des stocks, achats/ approvisionnement, production, conditionnement, qualité, maintenance.

L'organisation de la production doit prendre en compte ses différentes étapes, le bon fonctionnement cohérent de toutes ses fonctions et assurer la viabilité économique de l'entreprise. Pour ce faire, elle doit répondre à plusieurs enjeux : taille critique, part de marché, optimisation des coûts, différenciation de l'offre, satisfaction et fidélisation du client, innovation, qualité du produit/service... Tout en prenant en compte le fait que les différentes fonctions ne travaillent plus nécessairement en séquentiel.

Indicateurs

- Croissance économique (PIB, niveau de progression sociale - IDH²²⁶) ;
- Application et fréquence des nouvelles technologies de l'information-communication ;
- Niveau de mondialisation de la production ;
- Démographie, répartition et niveau de vie des populations (disponibilité et coût de la main d'oeuvre, chômage, compétences) ;
- Développement des pays émergents et en voie de développement.

Rétrospective

Cette rétrospective permet de mettre en lumière la corrélation entre les facteurs externes et les modifications de l'organisation de la production – modifications qui ont permis une rapide adaptation des entreprises à leur environnement. Elle apporte des éléments de démonstration sur les liens entre les crises socio-économiques et les innovations technologiques et organisationnelles de l'industrie au sens large.

L'économie circulaire peut-elle devenir un nouveau modèle économique ?

²²⁶ Indice de développement humain. Cet indice est calculé à partir de 3 autres indicateurs : l'espérance de vie à la naissance, la durée de scolarisation et le niveau de vie (logarithme du PIB par habitant en parité de pouvoir d'achat)

Les conditions pour deux premières révolutions industrielles : mécanisation et énergie

Les effets d'un premier boom démographique sur l'agriculture et l'artisanat

Avant le X^{ème} siècle, la population de l'Europe est plutôt stagnante. Puis, malgré les guerres, les famines et les épidémies, elle passe de 140 millions en 1750 à 187 millions en 1800, puis 266 millions en 1850. Pour faire face aux besoins alimentaires, les innovations se portent plutôt vers la mécanisation agricole.

Les premiers métiers à tisser, utilisés dans les fermes, vont bientôt être automatisés avec l'invention de la machine à vapeur. Déjà, les inventions se succèdent pour résoudre les problèmes posés par les différences de « rapidité » entre les phases de « production » : filage, tissage... La fin du XIX^{ème} siècle et l'arrivée de nouveaux matériaux et énergies (électricité, pétrole, fabrication de la fonte et de l'acier avec des hauts fourneaux) imposent de grands mouvements de concentration des entreprises autour des ressources nouvellement produites, ainsi que l'augmentation de la taille des firmes et de la vente dans des magasins « vitrine ».

Ainsi, les deux premières révolutions industrielles ont répondu à plusieurs paramètres : l'augmentation et la variation de la demande de consommateurs, qui sont aussi intéressés par les produits venant à présent plus facilement du bout du monde (chocolat, épices, soie, tissus) ; et d'autre part, le changement des façons de vendre, qui passaient par les colporteurs et qui sont maintenant réalisées au travers de « boutiques » qui « poussent la consommation ». La mécanisation est alors une solution pour augmenter le profit, en limitant le nombre et le coût des salariés.

L'invention d'une organisation adaptée à la situation

Le regroupement d'opérateurs dans des manufactures recentrées autour de sources d'énergie impose de nouveaux modes de travail. Les industriels recherchent les modes d'organisation permettant d'éviter le gaspillage des forces et d'obtenir le meilleur rendement possible de l'outillage mécanique et du travail humain, tout en assurant la qualité des produits.

C'est l'Américain Frédéric Taylor qui, en 1911, va donner les premières bases de « l'organisation scientifique » du travail. Cette organisation permet d'apporter une réponse économique optimale aux défis qui se présentent : investissements lourds, production de masse pour une population de plus en plus nombreuse et dont les besoins ont augmenté, main-d'œuvre abondante mais aux compétences à modifier en profondeur... Il faut diviser les tâches pour les simplifier et pouvoir transmettre rapidement les savoir-faire, mais aussi pour augmenter la rapidité d'exécution. Considérant que l'organisation idéale du travail n'existe pas intrinséquement, il la fait reposer sur l'observation et le calcul des temps de chaque tâche. Cette analyse scientifique du travail par des « ingénieurs » doit permettre de définir la « meilleure façon de faire » (le travail prescrit) et le calcul des temps doit permettre de définir la « juste » cadence. Ce *management* de la production va s'étendre à tous les pays industrialisés.

Henri Ford se basera, lui aussi, sur ces principes pour établir une division maximale des tâches avec comme objectif une « production répétitive de masse ». Là aussi, l'organisation

de la production est repensée pour répondre à son nouveau modèle économique : une même voiture pour tous, inusable, fiable et à prix abordable.

Le modèle « fordiste » se développera pour plusieurs raisons successives : les deux guerres mondiales, le *new deal* et les Trente Glorieuses, qui ont vu chacune un accroissement de la consommation.

Des artisans dépouillés du sens de leur travail

Avant la première révolution industrielle, la production est artisanale. Chaque artisan possède un savoir-faire, un « coup de main ». À partir d'une commande qui lui est faite et sur laquelle il échange, ou de sa connaissance de ce qu'il peut produire puis vendre, il confectionne les biens qu'il sait réaliser. Enfin, il les remet à son client qui lui fait retour sur la qualité, le niveau d'atteinte de ses espérances et sa satisfaction à posséder ou à bénéficier de ces nouveaux biens ou services.

Le bon artisan négocie mieux des produits dont la qualité et la robustesse sont reconnues. Écoute du client, innovation, processus et méthodes, achats, approvisionnements, et négociations commerciales sont regroupés sous une même « tête », qui retire les bénéfices de son travail tant par la monnaie que par le contentement de l'acheteur.

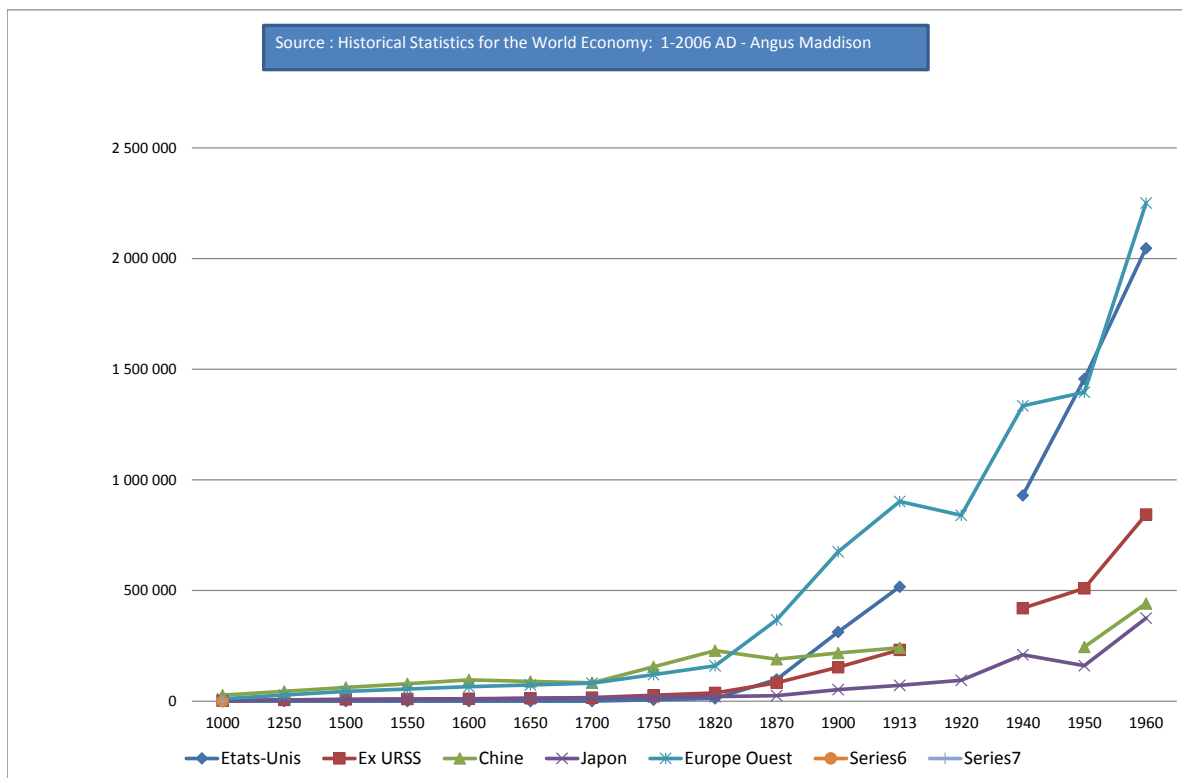
Avec l'industrialisation, de nouvelles fonctions apparaissent : des ingénieurs étudient les « meilleures façons de produire » et décrivent précisément les gestes associés à chaque tâche et comment chacune s'enchaîne aux autres, mais aussi les cadences idéales pour assurer la meilleure productivité. À force de parcellisation des tâches et de procédures opératoires, l'ouvrier et l'ancien artisan perdent leurs compétences, leur savoir-faire, leur autonomie, leur marge de manœuvre. Ils ne sont plus maîtres de la « conception » et perdent la reconnaissance de leur « bon travail ».

De nouveaux *managers* sont maintenant au cœur de la production. Alors que l'organisation traditionnelle, professionnelle, du travail dominait et que la machine était utilisée comme un outil au service de la compétence et du savoir-faire de l'ouvrier, sans contrôle sur son rythme de travail autre que sa conscience professionnelle, ce travail est maintenant organisé par un chef d'atelier qui est l'ouvrier le plus ancien, celui qui a le plus d'expérience. Une certaine discipline apparaît, car l'activité de plusieurs dans un même bâtiment suppose des horaires fixes et autres règles. Le contremaître détient de plus en plus d'autorité. Enfin, le travailleur n'a plus de contact avec le client final, plus de raison évidente d'être fier de son travail, si ce n'est s'il est vraiment « productif ». De plus, la motivation des ouvriers étant obtenue par une rémunération « à la pièce », les contrôles se multiplient et l'objectif de chacun est de produire plus par tous les moyens.

Les bienfaits de la croissance : une hypothèse socio-économique contestée

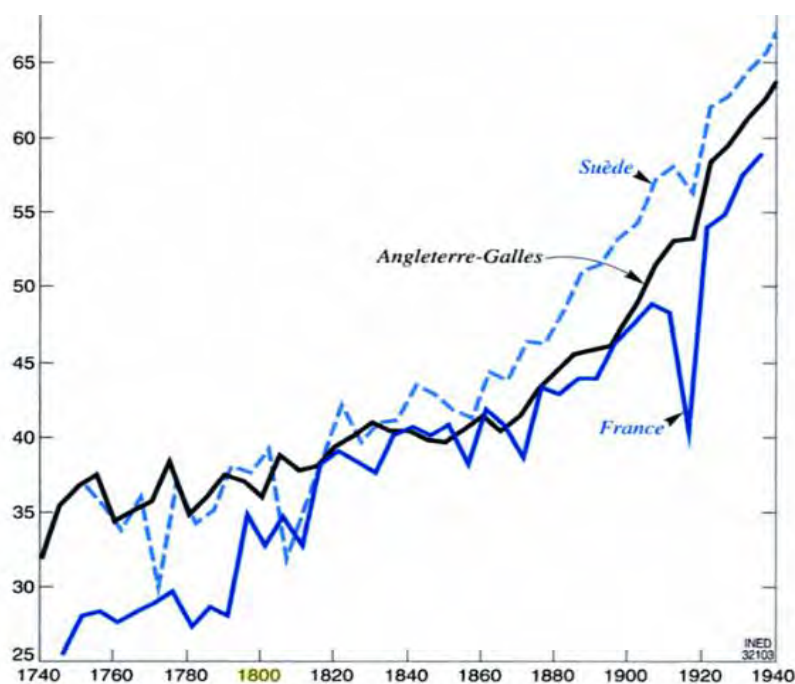
Un lien entre produit intérieur brut et espérance de vie à la naissance ?

Les innovations technologiques associées aux théories de Taylor puis de Ford vont induire une hausse importante de la production. C'est l'Europe du Nord-Ouest (riche de régions minières) qui est d'abord concernée par la croissance, bientôt concurrencée par les États-Unis, très vite électrifiés, ou encore le Japon.



Au milieu du XVIII^e siècle, en France, l'espérance de vie moyenne ne dépassait pas alors l'âge de 25 ans. Elle atteint 30 ans à la fin du siècle, puis fait un bond à 37 ans en 1810, en partie grâce à la vaccination contre la variole, et connaît une progression constante depuis.

Evolution de l'espérance de vie à la naissance



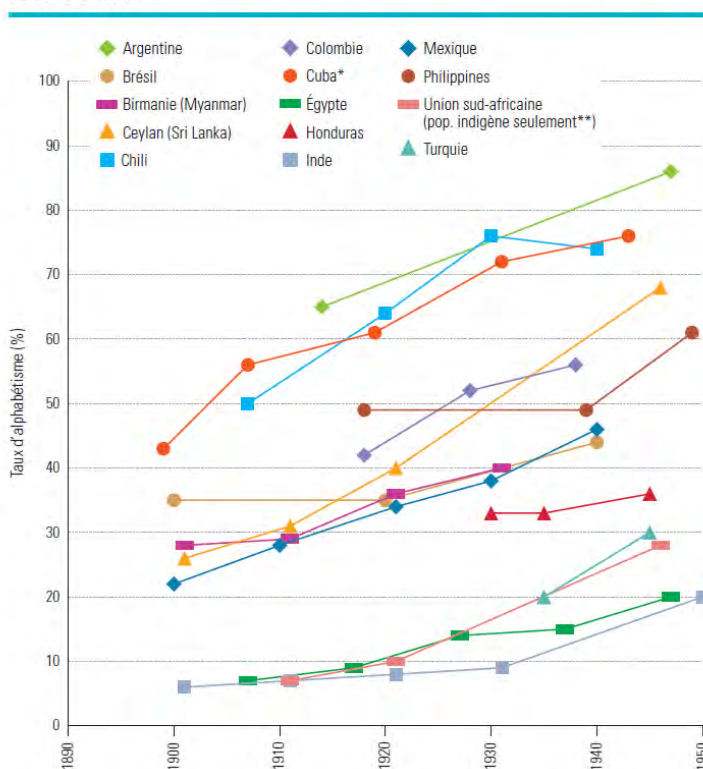
Source - « Histoire du peuplement et prévisions » - Graziella Caselli, Jacques Vallin, Guillaume J. Wunsch – INED - 2004

La croissance de l'espérance de vie est liée à d'autres facteurs que la simple augmentation du PIB (l'industrialisation ayant par exemple entraîné une concentration de population dans des logements insalubres, favorisant les épidémies).

Un lien entre produit intérieur brut et alphabétisation ?

L'alphabétisation va d'abord suivre les progrès de la diffusion de l'écrit. C'est l'invention de l'imprimerie et la production de plus en plus importante de textes imprimés qui vont notablement améliorer le taux d'alphabétisation de la population adulte.

Figure 8.1 : Évolution des taux d'alphabétisme dans les pays en développement de 1900 à 1950



Source : Rapport mondial de suivi sur l'éducation pour tous – chapitre 8 : La création de sociétés alphabètes – Unesco - 2006

Cependant, différents facteurs économiques, politiques, culturels et démographiques ont une incidence sur la variation du taux d'alphabétisation des adultes d'un pays à l'autre. Il existe sans doute des corrélations entre le taux d'alphabétisation, la pauvreté (ou le PIB par habitant) et l'urbanisation. Par contre, des facteurs tels qu'un taux de fécondité élevé ou une croissance démographique forte peuvent aussi freiner la progression de ce taux. L'industrialisation, l'amélioration des conditions de vie et le meilleur accès aux journaux et aux livres bon marché ne semblent pas avoir eu, en Europe du moins, un impact certain²²⁷. De même, si l'alphabétisation nécessite des moyens – et donc un PIB fort –, sa croissance ne semble pas liée à ce seul facteur.

Pourtant, l'indice de développement humain (IDH), contesté depuis 2011, reste aujourd'hui en vigueur alors qu'il suppose une corrélation forte entre PIB et espérance de vie d'une

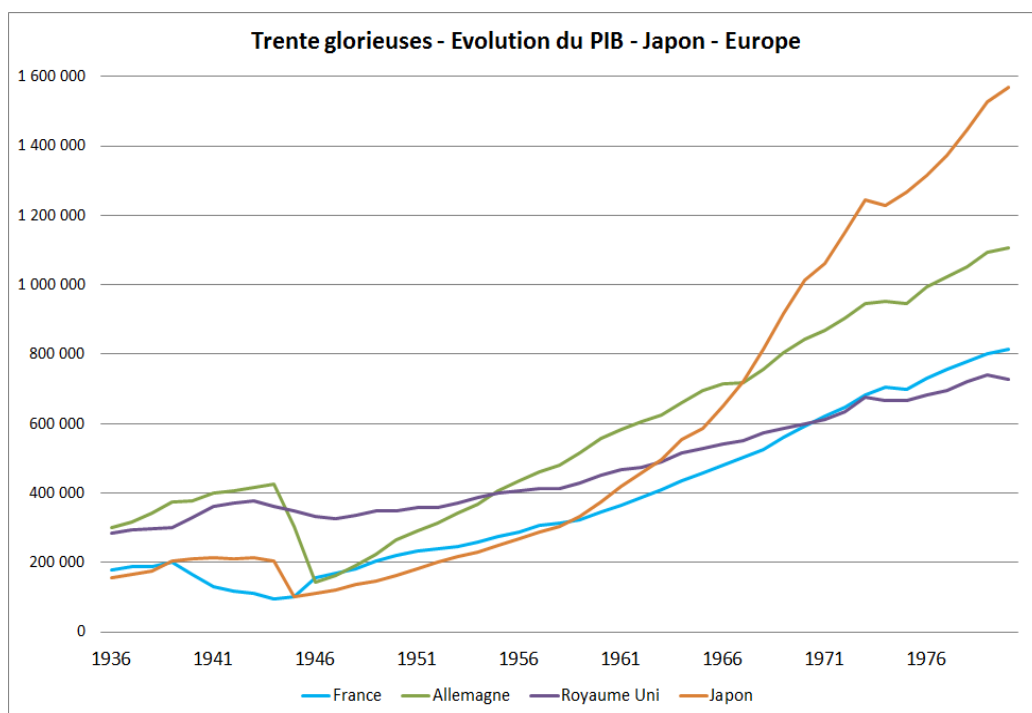
²²⁷ La création des sociétés alphabètes – UNESCO - 2006

part, et taux de scolarisation d'autre part. Cet indicateur restera-t-il l'indicateur à conserver dans le futur ? La croissance du PIB constitue-t-elle une assurance pour une amélioration des conditions de vie ? La réponse à cette question influera sur le futur de l'économie circulaire.

Le déploiement des acquis sans révolution : les Trente Glorieuses

Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, tous les éléments d'une croissance d'exception sont là : l'Europe et l'Asie sont exsangues et tout est à reconstruire. Le Japon, qui avant la guerre comptait au rang des puissances industrielles, est totalement anéanti après sa capitulation.

Les États-Unis, devant le marasme de l'Europe de l'Ouest et du Japon, craignent pour leur propre économie. Le 4 avril 1947, ils suspendent le paiement des réparations japonaises puis, le 15 avril, imposent « le plan Dodge » d'assainissement économique au même Japon. Pour l'Europe de l'Ouest, ce sera le « plan Marshall ». Les fonds débloqués sont gigantesques et assurent à l'Amérique un débouché d'exportation pour des années. Elle devient la première puissance économique mondiale.



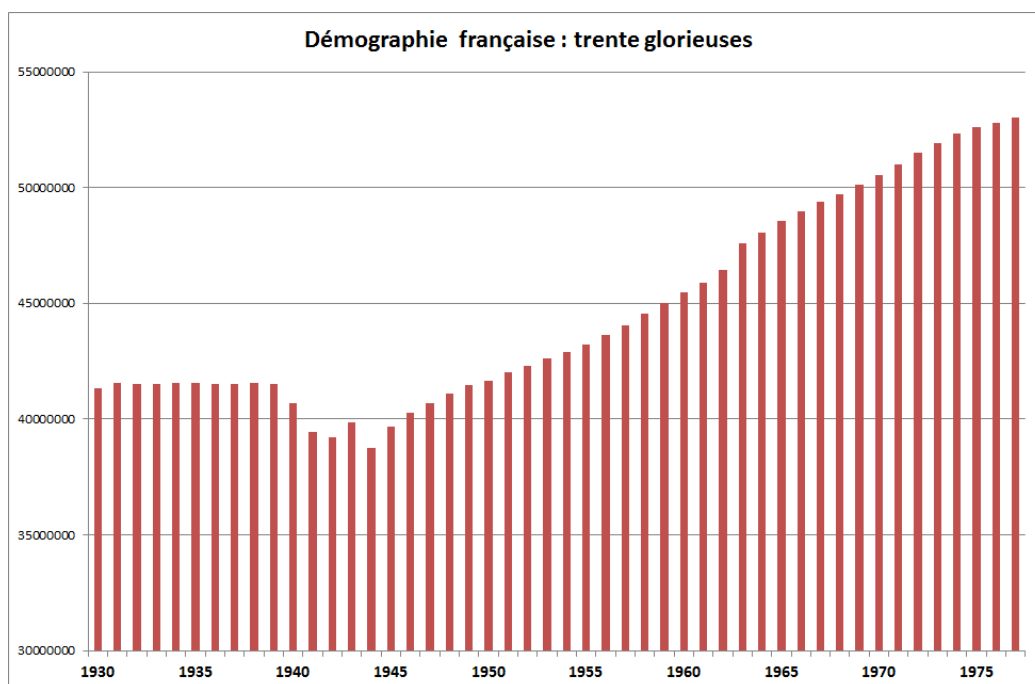
Graphique créé par C. Montagnon - Source : Historical Statistics of the World Economy: 1-2008 AD Angus Maddison

Croissance et avancées sociales sont au rendez-vous

La croissance, accompagnée par l'intervention étatique et l'aide financière des États-Unis, retrouve son niveau d'avant-guerre et ne cesse, à partir de cette date, de croître de manière régulière. De la fin de la Seconde Guerre mondiale jusqu'au premier choc pétrolier de 1973, les pays industrialisés (y compris la France) connaissent une période de grande prospérité : les principaux indicateurs économiques (PIB, volume des investissements, commerce extérieur) sont en hausse forte et continue.

Des avancées sociales... et le baby boom s'installe

Fin d'une longue et difficile guerre, plein emploi, augmentation des salaires, assurance-chômage et aides familiales se conjuguent pour favoriser des naissances qui ne se feront pas attendre, c'est le *baby boom*. De nouveaux adultes seront potentiellement actifs sur le marché du travail dans les années 70. En attendant, ces naissances augmentent aussi le niveau de consommation des ménages.



Créé par C. Montagnon – Avril 2018 – Sources : Deux siècles de travail en France Olivier Marchand et Claude Thelot .
Evolution de la population rurale – Toutain – Population agricole – Jean Molinier

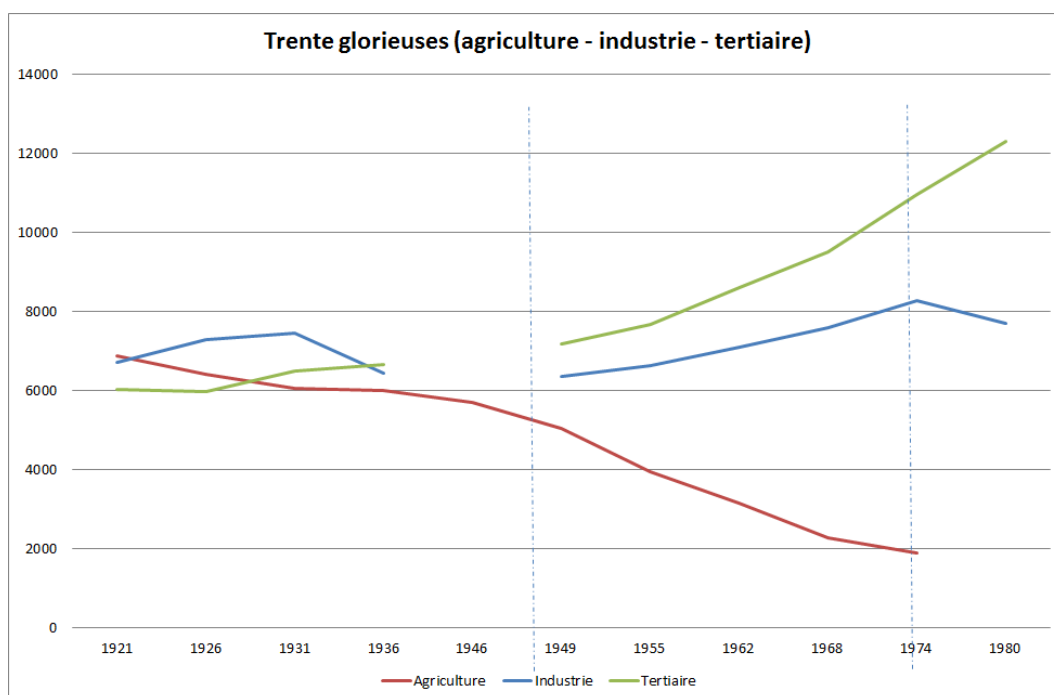
Des innovations qui favorisent consommation et performance

Comme à chaque guerre, les savants, scientifiques et industriels sont mobilisés par les différents gouvernements et participent, d'une manière ou d'une autre, au conflit. Médecine, chirurgie mais aussi sciences physiques, chimiques et mathématiques vont aider le développement de produits de grande consommation, comme le micro-ondes ou le nylon, utilisé entre autres pour fabriquer de nouveaux bas « qui ne se filent pas », mais aussi de nombreux autres sous-vêtements, cordages, filets, fils, etc.

Seront aussi développés – pour être proposés au grand public –, la carte de crédit, le velcro, la télévision, le lycra, les poêles en téflon, les poupées Barbie... Et les innovations ne s'arrêteront plus. Dans les années 60, les ménages découvrent le lait longue conservation, la pilule contraceptive, les bouteilles plastiques, les hypermarchés, les robots et de nombreuses offres dans le gros et le petit électroménager ; puis, dans les années 70, les stabilo, le digicode, la calculatrice électronique... Le pétrole coule à flot et l'énergie est disponible pour les entreprises qui peuvent également utiliser de nouveaux outils, matériaux et procédés.

La production de masse se développe

La fin de la Seconde Guerre mondiale fait surgir un besoin d'achat de produits et de services trop longtemps inaccessibles, un besoin de liberté, de couleurs, de gaieté, de changement. L'organisation de la production, telle que définie auparavant par Taylor, Ford et Fayol, permet d'atteindre des niveaux de productivité exceptionnels et de répondre aux besoins de la population. La demande augmente ? Les industries fournissent et acquièrent une bonne maturité en termes d'organisation. De leur côté, les entreprises – dans la lignée d'Alfred Sloan²²⁸ – attisent cette consommation par la « réclame », et les financiers la portent en proposant des crédits plus faciles d'accès. Des accords internationaux, comme les accords de Bretton Woods (1944) ou le GATT (1947), favorisent les échanges mondiaux.



Créé par C. Montagnon – Avril 2018 – Sources : Deux siècles de travail en France Olivier Marchand et Claude Thelot .
Evolution de la population rurale – Toutain – Population agricole – Jean Molinier

La gestion de la production progresse, les techniciens et l'encadrement prennent plus d'importance

La production évolue dans un contexte économique globalement favorable, ne subissant pas de secousses suffisantes pour nécessiter une réorganisation en profondeur des modèles de production, toujours bien adaptés. Celle-ci ne se fait pas à la demande, mais en flux poussés, sur des prévisions moyen terme : les délais sont longs, les produits peu personnalisés²²⁹ (exception faite de cas très particuliers, comme General Motors), et les stocks sont importants pour assurer une bonne réponse à la demande. La parution du livre d'Alfred Sloan²³⁰ va encore favoriser la consommation. Il prône une approche marketing, des produits ciblés, et initie l'obsolescence programmée. À la direction de

²²⁸ Alfred Sloan, My Years with General Motors, préface de Peter Drucker, Doubleday, 1963

²²⁹ Alain Spalanzani, Évolution et perspectives de l'organisation et de la gestion industrielle : l'impact des systèmes d'information - 2003

²³⁰ Alfred Sloan, My Years with General Motors, préface de Peter Drucker, Doubleday, 1963

General Motors, il multiplie les marques complémentaires... qui se démodent lorsque l'industriel le décide.

L'ordinateur n'est pas encore présent dans les entreprises, aussi les ingénieurs s'emploient-ils prioritairement à améliorer les rendements au niveau de l'atelier : mécanisation toujours plus poussée, amélioration des lignes de production, etc.

Face au défi posé par l'augmentation nécessaire de la productivité pour répondre à la demande, de nouvelles théories apparaissent pour compléter le « *management scientifique* » de Taylor. Un modèle novateur, développé par Elton Mayo, ajoute des « sentiments » à l'ouvrier, en sus de « sa main ». Il précise l'impact de certains avantages pour les employés, tout en restant dans le cadre taylorien (évolution des carrières, salaires corrects, environnement de travail, horaires, sentiment de sécurité sur son lieu de travail, sécurité de l'emploi, etc.). Cette théorie renforce le rôle des *managers*, qui deviennent plus que de simples contrôleurs. La classe « moyenne » se renforce.

Le déficit de main-d'œuvre favorise l'immigration et modifie la physionomie du mode ouvrier

En France, le nombre d'emplois offerts augmente de 39 000 par an. Or, pour y répondre, la croissance de la population active est bien insuffisante. Les naissances ne combleront le déficit que dans une vingtaine d'années. L'immigration (dont le rapatriement d'Algérie en 1962) permet d'augmenter le nombre d'actifs, mais insuffisamment, ce qui va limiter la croissance de l'économie, faire progresser les salaires et introduire la notion « d'ouvrier qualifié ». Le monde ouvrier est ainsi transformé : des différences se font entre simples ouvriers et ouvriers qualifiés d'une part, et entre ouvriers et techniciens d'autre part. Le nombre de cadres moyens a doublé en 20 ans, tout comme le nombre de cadres supérieurs et de professions libérales. La classe moyenne devient largement majoritaire, plus homogène, et la plupart des ménages diversifient leurs dépenses. Le développement du crédit à la consommation, de la publicité (la « réclame ») et les premiers supermarchés (au début des années 60) caractérisent cette société de consommation. La télévision en est l'un des symboles : 12 % des ménages sont équipés d'un téléviseur en 1969, puis 88 % en 1980. Ce nouveau mode de vie, pérennisé par l'ascension sociale, amplifie les transformations de la population active.

Les prémices de changements futurs : des difficultés et une performance en perte de vitesse

La quadrature du cercle pour les entreprises industrielles qui vont repenser la production

Augmentation des coûts, baisse de la productivité, et affaiblissement de la consommation se combinent pour contrecarrer les plans d'amélioration de la performance.

Les chocs pétroliers

1971 et la fin des accords de Bretton Woods²³¹, marquent le déclin rapide d'une période « faste », déclin renforcé par le premier choc pétrolier de 1973. Envol du prix du baril,

²³¹ Ces accords organisent le système monétaire mondial autour du dollar américain. La valeur nominale de rattachement reste l'or.

balances commerciales nationales de plus en plus déficitaires... Toutes les industries, tributaires du pétrole, sont affectées, en France comme dans le monde. L'ensemble des prix connaît une hausse importante. C'est le début de la spirale de la dette des États. La France choisit de tout miser sur le nucléaire, mais aussi de faire des économies : « En France, on n'a pas de pétrole, mais on a des idées »²³². Inflation et politiques d'économies entraînent une baisse de la demande.

Les variations de la démographie engendrent chômage, baisse du pouvoir d'achat... et de la productivité

L'arrivée des premiers *baby boomers* sur le marché du travail, le maintien dans l'emploi des nombreux salariés embauchés durant les Trente Glorieuses et le décollage du nombre de femmes salariées saturent les besoins en emploi. L'agriculture poursuit son effondrement. Dans le secteur secondaire et le secteur minier, la chute de l'emploi est spectaculaire et le tertiaire s'envole.

Si, pour favoriser la consommation, les salaires suivent l'inflation, cela nourrit la flambée des prix. Les taux d'intérêt explosent et le pouvoir d'achat commence à fondre.

Tout devient cher : les salaires, les investissements dans de nouvelles machines – ce qui entraîne leur vieillissement et la diminution de leur rendement –, les matériaux et pièces nécessaires à la production... Le taux moyen annuel de croissance diminue de plus de la moitié par rapport aux années 60 (2,5 % contre 5,7 %).

Face au ralentissement de l'activité, les travailleurs sont moins mobiles et ne prennent pas le risque de quitter leur entreprise. Ces facteurs entraînent la première baisse d'une productivité qui avait atteint des taux records pendant les Trente Glorieuses. Les profits diminuent, les investissements aussi, le nombre de travailleurs augmente encore. C'est l'impasse.

Évolution du taux de productivité de 1830 à 1990

Périodes	Valeur ajoutée par actif occupé	Valeur ajoutée par heure travaillée
1831- 1896	0.9	0.9
1896-1391	1.3	2.1
1931-1949	1.1	1.4
1949-1973	4.7	5.1
1973-1989	2.2	3.1

Catherine Montagnon – Mai 2018 - Source : O. Marchand et Cl. Thélot - Économie et statistique n° 237/238

²³² Campagne publicitaire de l'agence pour les économies d'énergie. 1976 - <https://www.youtube.com/watch?v=aHoJ130hQ3E>

Des solutions pour relancer la consommation : marketing, nouveaux produits et qualité

Le marketing et la décentralisation

Les idées d'Alfred Sloan se répandent et la segmentation du marché également. Pour chaque âge et chaque type de revenu : un modèle, un design, une gamme de prix. Les messages publicitaires proposent non seulement l'utile, mais aussi la réalisation des rêves. Et la vision organisationnelle de Sloan fait également des adeptes : une entreprise décentralisée, avec des unités autonomes mais devant remplir des objectifs clairs de rentabilité. Ses concepts, qui font encore aujourd'hui figure de référence, ont servi de base pour les restructurations, externalisations et délocalisations lors des différentes crises économiques qui vont suivre.



Source : « La société de consommation de soi » - Dominique Quessada – Editions verticales, 1999

Les inventions se multiplient pour augmenter la consommation des ménages

L'essentiel des innovations de cette décennie concerne la médecine, la conquête spatiale et tout particulièrement l'électronique. On notera toutefois le cas particulier de la France, avec le minitel et le TGV. Mais ce sont surtout les objets de grande consommation qui font l'objet de beaucoup d'inventivité. Et les nouveautés fleurissent. Déjà, les premiers ordinateurs individuels et leurs systèmes d'exploitation – certes rudimentaires – ont été proposés avec, en 1977, les modèles TRS 80, APPLE II et PET. Les entreprises américaines, françaises et japonaises vont bientôt inonder le marché : IBM PC, TO7, MO5, Macintosh... vont se succéder, avec de nouvelles innovations incessantes rendant caduques les versions précédentes.

Gagner des parts de marché grâce à la qualité : une histoire américano-nippone

Si mettre la qualité au centre de la production a été une décision stratégique du Japon dans les années 50, ce concept était né aux États-Unis dans les années 30. Pourtant, les Américains, portés par la croissance, ne suivent pas ce courant repris avec passion par William Edwards Deming. À la sortie de la Seconde Guerre mondiale, le Japon fait en effet le choix de la qualité pour la reconstruction de son économie. Enthousiasmés par la méthode Deming (privilégier la qualité aux bénéfiques, ceux-ci en découlant ensuite naturellement), les dirigeants japonais l'appliquent avec une vision long terme, sûrs que cette stratégie finira par payer. Bientôt, le Japon, jusque-là réputé pour ses produits à faible coût mais de moindre qualité, inonde le monde d'appareils d'une qualité remarquable et à prix raisonnable. La démarche qualité va s'imposer !

Une réussite « inattendue » – Le toyotisme

Taïchi Ohno, qui a commencé comme simple ouvrier chez Toyota et a gravi les échelons, connaît bien le système de production en cours et a vécu bien des aléas subis par la firme. Il développe et met en place un nouveau mode de production qu'il appellera « juste-à-temps » et qui s'appuie sur le concept des « cinq zéros » et sur son outil, le « Kanban » :

- Le zéro délai : des produits fabriqués quasiment à la demande et une gestion visuelle ;
- Le zéro stock : pour les produits finis, stocks intermédiaires ou stocks de pièces achetées ;
- Le zéro défaut : une qualité essentielle pour augmenter les ventes et réduire les coûts (service après-vente ou réparations) ;
- Le zéro papier : limitation des niveaux hiérarchiques et de la « paperasse » ;
- Le zéro panne : entretien des machines et analyse des dysfonctionnements.

Outre les outils cités ci-dessus, Taïchi Ohno instituera aussi le « Kaizen », qui prône l'amélioration à petits pas, l'autonomisation des machines (ou *jidoka*) et le SMED (*single minute exchange dies*), qui permet de changer l'outillage (par exemple, lors d'une modification de série liée à un changement de couleur de voiture).

Dans les années 60, Shingeo Shingo inventera également le « Poka yoke », système de détrompeur utilisé dès la conception et sur les lignes de production.

Deuxième choc pétrolier et développement des NTIC²³³ : la troisième révolution industrielle

Les chocs pétroliers, qui ouvrent une ère de crise, aboutissent à des innovations informatiques et de gestion de la production dans le monde du travail. Ainsi, le « juste-à-temps », né au Japon à un moment de pénurie totale – tant en termes de ressources humaines que financières –, se développera en Occident au moment de la récession des années 80. Concomitamment, le MRP²³⁴, favorisé par le développement informatique, va naître aux USA et se développer avec la même ampleur que le « juste-à-temps » (JAT). Chacun de ces deux systèmes naît de visions différentes sur le rôle de l'ouvrier et celui de l'encadrement.

233 Nouvelles technologies de l'information et de la communication

234 MRP : « Material Requirement Planning » ou « management des ressources de production »

Réveil de l'Occident : le toyotisme fait des émules

La réussite de Toyota, en plein cœur de la crise précédente, interpelle les États-Unis. Ils rappellent Deming, qui avait développé l'approche Kaizen, basée sur les 3M²³⁵ au sein des entreprises japonaises et modélisé la démarche d'amélioration continue avec la roue *Plan Do Study Act*²³⁶ – ou « roue de Deming ». Ils déploient ces concepts au sein des entreprises américaines. C'est la roue PDCA/PDSA, qui sera le lien le plus tangible entre la démarche Kaizen des Japonais et la démarche qualité bientôt développée par les États-Unis et les Anglo-Saxons.

Dans ce système, outre les flux logistiques, d'autres flux doivent circuler sans à-coups : ceux des informations, des salariés, et des intrants. Une carte géographique du JAT commence à se dessiner : tandis que certaines entreprises, idéalement situées, font de réelles économies en imposant le JAT, leurs fournisseurs, parfois éloignés, en souffrent. De plus, d'autres entreprises, pourtant florissantes, se trouvent nettement défavorisées en raison de leur isolement.

Autre élément caractéristique du JAT : la relative autonomie des unités de fabrication. L'ordre provient d'un atelier aval et non d'un planning de production descendant. Cela suppose l'acceptation par les équipes d'un ordre provenant d'un autre atelier, sans aucune relation hiérarchique. Enfin, le système des cercles de qualité et des tâches de chacun choisies par les équipes suppose une culture du groupe sans hiérarchie. Ces deux caractéristiques – ordres hors hiérarchie et travail collaboratif – étaient peut-être un peu trop éloignées de la culture occidentale. La grève de 1995 en France, qui bloque transports et services postaux, a porté un coup important au développement du JAT tel qu'il avait été conçu par le Japon, car de nombreuses entreprises sans stocks et sans possibilités de réapprovisionnement se sont trouvées à l'arrêt.

D'abord implanté pour améliorer la performance interne, le JAT concernera, dès les décennies suivantes, la cascade de fournisseurs et sous-traitants dans une entreprise éclatée par la délocalisation.

Le toyotisme et les travailleurs

Le toyotisme semble être, sur le papier, un modèle idéal d'organisation, tant en termes de productivité que de place du travailleur dans le système. Passant du travail à la chaîne au travail en équipes semi-autonomes, celui-ci bénéficie de l'élargissement des tâches, de l'enrichissement du travail, et de l'expression au sein de son groupe. Chacun participe ainsi à l'intégralité du processus de production. L'organisation du travail, prise en charge par tous, rapproche de plus en plus les fonctions des ouvriers de celles des cadres. La démarche d'amélioration continue invite les ouvriers à réfléchir, analyser, faire preuve d'esprit d'initiative et à partager les acquis et bonnes idées, dans l'ensemble de l'entreprise. La possibilité qui leur est « donnée » d'organiser les tâches leur demande aussi d'être polyvalents, voire polycompétents, plutôt qu'« ouvriers spécialisés ».

Il faut cependant rappeler que cette forme d'organisation ne peut fonctionner qu'en adoptant la culture d'entreprise « à la japonaise » : discipline, esprit de groupe, pratique d'un sport en entreprise. Satoshi Kamata²³⁷, pourtant Japonais, nous décrit les côtés sombres du JAT : l'augmentation sans fin des cadences, la polyvalence bouche-trou,

²³⁵ 3M : élimination des gaspillages (MUJDA), lutte contre l'irrégularité des flux (MURRA), lutte contre les excès (dont production, stocks, etc.) (MURI)

²³⁶ PDSA (plus tard transformé en PDCA). Roue dont la paternité revient en réalité à Walter A. Shewhart

²³⁷ Satoshi Kamata - Toyota. L'usine du désespoir - 2008

la mise en concurrence et l'endoctrinement de ses collègues au nom de l'esprit d'entreprise... La standardisation, le rangement, les cercles de qualité, etc. sont basés sur un collectif fort et une sorte d'inexistence de la personne et de son ego. Elle néglige et conteste même le principe de « reconnaissance individuelle ».

Les premiers pas d'une informatique « industrielle » – Le MRP

Gérer les stocks et leur vieillissement a un coût estimé annuellement à 20 % de leur valeur initiale. Si le JAT a pour objectif de les réduire à zéro, celui des systèmes MRP est de les optimiser, afin d'assurer que machines et main-d'œuvre sont occupées et que ces investissements-là soient rentabilisés au mieux.

Joseph Orlicky va, dès 1960, proposer de séparer les besoins dépendants (besoins induits par la production) des besoins indépendants, aléatoires, qui seront estimés à partir des statistiques des consommations antérieures. En 1971, Joseph Orlicky, Olivier Wight et Georges Plossl, définissent le MRP, qui prend en compte les capacités finies des machines et des hommes, et permet donc d'introduire la notion de « faisabilité » ainsi que le calcul informatisé des besoins en pièces et en composants.

En France, la méthode MRP a été introduite après 1973 dans les grandes entreprises, et à partir de 1985 dans les PME (essentiellement chez les fournisseurs des grandes entreprises).

Les premières vagues de délocalisation amplifiées par l'informatique et l'amélioration des transports

Deux facteurs incitent les entreprises à délocaliser : une main-d'œuvre meilleur marché et la conquête de nouveaux marchés.

Lorsque le marché national est saturé mais que l'entreprise veut continuer à croître, elle peut renforcer l'approche marketing : mais, pour que les ventes croissent plus rapidement, l'exportation est aussi une solution plus « massive ». Or, les politiques monétaires et douanières ont une influence considérable sur les délocalisations. Dévaluations permettant de doper les exportations, protectionisme permettant de freiner les importations, ou à l'inverse accords commerciaux limitant les frais douaniers, vont être utilisés pour permettre de continuer à exporter. Enfin, les transports sont maintenant financièrement accessibles et les réseaux ferrés et routiers sont tels que les entreprises peuvent commencer à penser mobilité. Autre moyen de communication, moins « physique » : les télécommunications qui, elles aussi, connaissent un développement extraordinaire. Le téléphone est accessible à tous. Il faudra cependant attendre les années 90 pour que de véritables échanges de données informatiques soient possibles, au travers de l'Internet.

Quelques précurseurs

En 1889, Georges Eastman Kodak s'installe à Londres pour conquérir le marché européen. Son produit, la pellicule photo, supporte mal le transport. De son côté, Renault inaugure, en 1905, une première usine en Russie ; Michelin se lance à l'assaut de l'Allemagne, de la Belgique, de l'Espagne et même des États-Unis ; Henry Ford délocalise sa production en Asie, en Océanie, et en Amérique du Sud.

Stagflation : une période d'amélioration continue et de consolidation de la performance

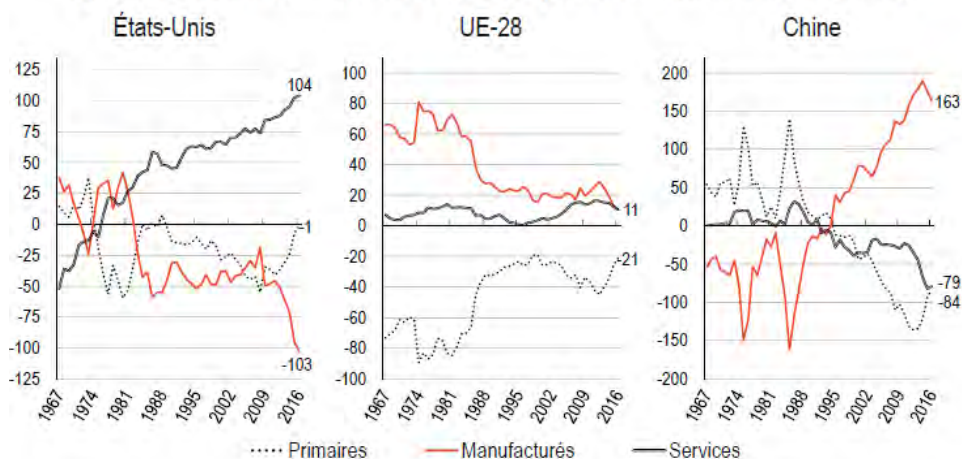
Baisse de la croissance, inflation et hausse du chômage sans véritable crise

Les *baby boomers* sont tous au travail, certains pays riches (comme la France) ont délocalisé une bonne partie de leur industrie et développé des savoirs-faire dans les hautes technologies et les métiers des NTIC. La gestion des compétences de ces populations devient difficile.

Si l'inflation arrive à être jugulée par certains États, c'est au détriment de leur endettement, qui prend des proportions inquiétantes. Par ailleurs, dans tous les « vieux pays », le chômage devient endémique. Ces pays endettés, dont la productivité s'essouffle, doivent maintenant faire face à la concurrence des pays émergents, qui sont montés en compétence. Mais ceux-ci risquent sans doute d'être eux aussi, à terme, concernés par la dette.

Malgré les délocalisations et relocalisations, les outils de gestion de production assistée par ordinateur et les économies d'échelles des multinationales, la performance des ateliers de production ne semble plus suffisante pour maintenir le niveau de profit.

Spécialisation internationale des trois pôles de l'économie mondiale



Vote : les produits manufacturés incluent les produits énergétiques transformés. Les flux intra-zone sont inclus dans le commerce de l'UE-28.

Source : CARNETS GRAPHIQUES - L'économie mondiale dévoile ses courbes – Dirigé par Isabelle Bensedou et Jézabel Coupey-Soubeyran – CEPII- 2014I

Pour gagner des parts de marché, les entreprises manufacturières associent de plus en plus de services à leur production, comme l'installation, la maintenance, et le service après-vente.

D'après le CEPII^{238,239}, « cette tendance à la servitisation va en s'amplifiant, lentement mais régulièrement, ce qui dénote une évolution profonde de l'industrie, à même de bouleverser les stratégies des entreprises et leur compétitivité ».

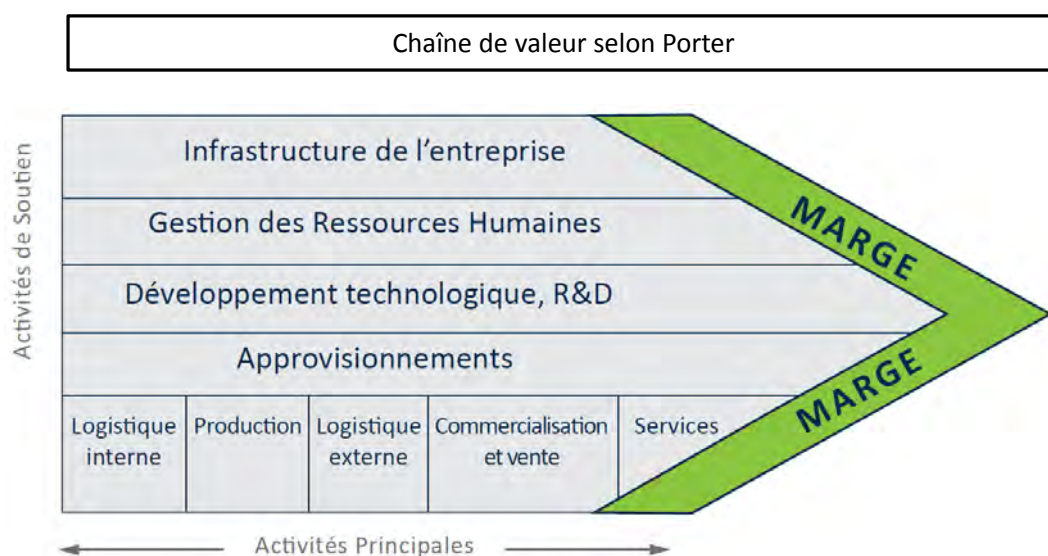
238 Cette spécialisation des économies est mesurée par l'indicateur d'avantage comparatif mis au point par le CEPII. Il considère ses exportations et ses importations. L'indicateur est additif et la somme sur l'ensemble des produits est égale à zéro. Il est exprimé en millièmes du commerce total du pays.

239 Matthieu Crozet et Emmanuel Milet (2015), Should everybody be in services? The effect of servitization on manufacturing firm performance, CEPII working paper, N°2015-19, octobre.

Pourtant, s'engager dans les services représente un défi qui peut aller jusqu'à une réorganisation en profondeur. Toujours d'après l'étude du CEPIL, les entreprises ayant inclus des services dans leur offre auraient un gain de performance de 4 % à 5 %, leur taux d'emploi augmenterait de 30 %, et leurs ventes totales de près de 4 %.

Porter propose deux outils pour une modélisation de la stratégie industrielle

Déjà en 1980, Michael Porter distingue cinq « forces²⁴⁰ » à détecter et à analyser par une entreprise pour définir sa stratégie dans un monde concurrentiel : le pouvoir de négociation des clients, le pouvoir de négociation des fournisseurs, la rivalité entre les concurrents présents sur le marché, la menace des produits de substitution et les entrants potentiels. Puis, en 1985²⁴¹, il propose une première analyse des relations entre ces différents acteurs avec la notion de « chaîne de valeur » et introduit une nouvelle arme de développement basée sur la « coalition », ou le partenariat. L'approche par la chaîne de valeur décrite par Michael Porter va alors servir de référence, se déployer et permettre de nombreuses avancées en termes de performances.



D'après M. Porter, L'Avantage concurrentiel, Dunod, 1986.

Les entreprises vont se recentrer sur leur cœur de métier en externalisant, en obligeant les fournisseurs – et plus tard les fournisseurs des fournisseurs – à adopter leur mode d'organisation et leur système de gestion de production. C'est la naissance de la *supply chain*.

²⁴⁰ M. E. Porter, *Competitive strategy : techniques for analyzing industries and competitors*, New-York, The Free Press, 1980

²⁴¹ M. E. Porter, *Competitive advantage : creating and sustaining superior performance*, New-York, The Free Press, 1985

La chaîne de valeur suivant Porter

Les activités « principales sont celles qui impliquent la création matérielle et la vente du produit (ou du service), son transport jusqu'au client ainsi que le service après-vente ». Les activités de soutien « viennent en appui des activités principales et se soutiennent les unes les autres en assurant l'achat des moyens de production (achats/approvisionnement), en fournissant la technologie (R&D) et les ressources humaines (recrutement, embauche, formation...) et en assurant diverses fonctions pour l'ensemble de l'entreprise (planification, finance, juridique, gestion de la qualité...).

L'analyse de la valeur consiste, pour chaque activité, à déterminer si elle contribue à la satisfaction du client en lui offrant des avantages en termes de différenciation ou en termes de coût.

Zoom sur la notion de « valeur perçue »

La marge est la différence entre la valeur perçue par le client (et non la valeur intrinsèque) et le coût de production et de mise à disposition du produit. C'est là que la publicité, la présentation, la mise en avant mais aussi les valeurs sociétales rentrent en jeu.

Quand la qualité devient procédurale et normative plutôt que participative

L'assurance qualité est remplacée par les normes de la série 9000, basées sur le même principe : mise en place d'une organisation assurant la qualité des produits finis au travers de l'écriture de procédures, des modes opératoires et sur la mémoire de contrôle des résultats. La 9001, certifiable par un organisme indépendant, est prisée et se développe mondialement. La version de la norme, parue en 1987, précise les exigences organisationnelles requises pour qu'une entreprise puisse affirmer que son système permet une bonne gestion de la qualité. De l'assurance d'un bon produit, on passe à la certification d'un *management* qui « met tout en place pour améliorer la satisfaction du client ». La garantie de résultats se réduit à la garantie de moyens !

Outre la normalisation qui a démultiplié les enquêtes, indicateurs et appréciations par autrui, la tendance semble être à la notation par les agences, et maintenant par les réseaux sociaux. Notations qui ont une influence à tous les niveaux de la chaîne de valeur.

La 4^{ème} révolution industrielle se fera-t-elle ?

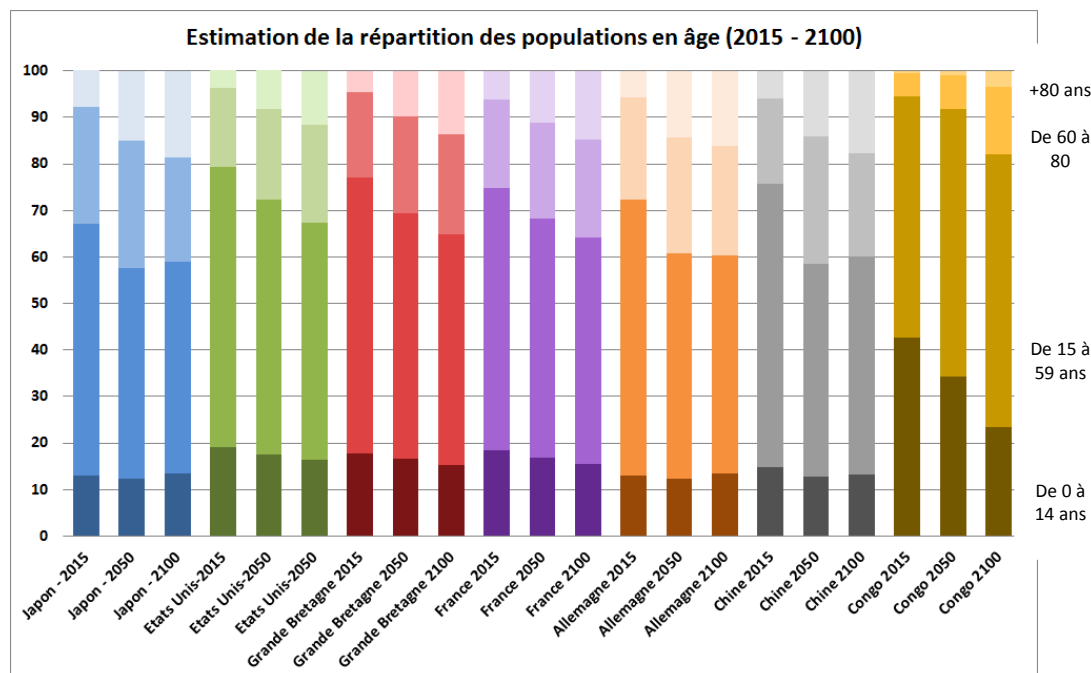
Démographie : le spectre du vieillissement des populations

Le département Statistiques et économie des Nations unies a récemment fait paraître un projet de rapport de prospective sur l'évolution de la population mondiale²⁴². Ce rapport précise plusieurs tendances démographiques et propose plusieurs scénarii jusqu'en 2100 concernant le nombre d'habitants, l'âge des populations et l'espérance de vie. C'est au sein des 48 pays désignés par les États-Unis comme étant les moins développés²⁴³, dont 34 appartiennent au continent africain, que la croissance démographique est la plus élevée. Et, même si les volumes de migrants continuent à être importants, la migration

²⁴² United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241.

²⁴³ LDCs, Least developed countries. « Pays en voie de développement »

n'est pas un facteur prépondérant de l'évolution démographique, en comparaison de l'impact des naissances et de l'âge des décès.



C. Montagnon Janvier 2018 – Source : United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division – *World Population Prospects : The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*

Une des caractéristiques les plus inquiétantes de l'évolution de la démographie concerne l'âge de la population. Si aujourd'hui l'âge médian au niveau mondial est de 29,6 ans, le nombre de personnes de plus de 60 ans représente déjà 12 % de la population et croît d'un facteur de 3,26 % par an. C'est l'Europe qui détient le record, avec plus de 24 % de seniors, et le vieillissement semble inéluctable ! D'ici 2100, la Chine et le Japon devraient avoir environ 18 % de leurs habitants âgés de plus de 80 ans, et plus de 42 % de Japonais devraient avoir plus de 60 ans ! Il est remarquable que les tendances prévues sur les pays émergents, comme les pays en faible développement, semblent devoir suivre les mêmes courbes que les pays développés, avec plusieurs dizaines d'années d'écart.

Quel futur pour la mondialisation ?

L'élargissement vertical de la chaîne de valeur

Toute entreprise, aussi bien organisée soit-elle, ne sera vraiment performante qu'avec des fournisseurs fiables et des clients prédictibles. Ce sont Dyer et Singh²⁴⁴ qui ont proposé d'élargir l'analyse de la chaîne de valeur aux fournisseurs, aux clients, voire aux concurrents²⁴⁵. Chaque entreprise devient alors un point focal immergé dans un milieu où elle doit définir et obtenir un avantage concurrentiel durable, « d'amont en aval, toutes

²⁴⁴ J.H. Dyer et H., Singh -The relational view: cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage, *The Academy of Management Review*, Vol. 23, No 4, p. 660-679 - 1998

²⁴⁵ Porter préconisait déjà de s'intéresser aux fournisseurs des fournisseurs et aux clients des clients...

les organisations qui participent à cette chaîne sont engagées dans des activités et des processus de création de valeur prenant la forme de produits ou de services livrés au consommateur final »²⁴⁶.

L'élargissement horizontal de la chaîne de valeur : de nouveaux points de vue et de nouveaux entrants

Pourtant, même en incluant tous les acteurs de la chaîne verticale, force est de constater que celle-ci peut être perturbée par d'autres acteurs. En 1995, Brandenburger et Nalebuff proposent donc d'introduire de nouveaux entrants : les substituts et les complémentaires. Les complémentaires sont ceux à qui les clients achètent des produits ou services enrichissant un produit « central » de l'entreprise (par exemple, la réparation et l'entretien des automobiles). Suivant la stratégie déployée, ces complémentaires peuvent alors apporter de la valeur ajoutée (moyennant une intégration ou un accord) ou absorber une partie de la valeur qui devait revenir à l'entreprise. Les substituts constituent des alternatives pour les clients et/ou les fournisseurs de l'entreprise focale. Ainsi, de nouveaux acteurs entrent dans la chaîne de valeur : les complémentaires, les substituts et les influenceurs, ceux-ci étant ceux qui ont un pouvoir sur les valeurs ou les règles sociétales, et donc sur les critères définissant la valeur des produits et services.

Après l'État, notre planète comme nouvel entrant ?

Déjà de nombreuses entreprises, notamment les entreprises européennes assujetties économiquement au positionnement des décideurs politiques, ont inclus l'État comme acteur de leur chaîne de valeur. De plus, la valeur perçue (et donc la marge potentielle) peut être liée à un changement profond de la société, plus avide de commerce équitable, de produits bio et respectant la planète, ainsi que la biodiversité et le bien-être animal. Le modèle économique de l'économie circulaire a déjà été porté et démontré comme rentable par le cabinet Accenture. La viabilité économique de l'adjonction de services, déjà prouvée, devrait rassurer sur l'intérêt à intégrer ceux nécessaires à l'économie circulaire. La capacité à être réparable ou recyclable, la longévité, la faible empreinte carbone, le meilleur rendement énergétique... seront-ils demain, comme ils commencent à l'être déjà, des considérations à introduire dans la chaîne de valeur, et à quel niveau ? Par le biais des clients (valeur sociétale) ? des fournisseurs (au travers d'une nouvelle certification ISO « économie circulaire » exigée par leurs clients) ? ou de deux nouveaux entrants, l'État (obligations réglementaires déjà bien en place pour certains sujets) et la Terre (en tant que fournisseur à part entière) ? L'intervention de l'État et de la Terre dans la chaîne de valeur aboutira-t-elle à une réorganisation territoriale des entreprises ?

Et la chaîne de valeur se mondialise (CVM)

L'élargissement du libre-échange, la plus grande facilité des échanges matériels et immatériels apportée par une logistique plus performante, et les nouvelles technologies de communication ont encore accéléré les délocalisations et relocalisations, pour aboutir à une sorte d' « omnilocalisation » protéiforme. Ces flux fonctionnent non plus de

246 Jobin M.H., Landry S., Pasin F. et Rivard-Royer H.), Le réapprovisionnement continu, Logistique-maîtrise des flux, Paris, Dunod -1998

manière hiérarchique mais multi-hiérarchique, et aboutissent à une chaîne de valeur mondiale. Ainsi, par exemple, une entreprise pourra faire transiter divers composants et matériaux pour les faire assembler et exporter vers un autre pays pour l'ajout de services, et ensuite les faire distribuer dans les différents pays clients. De plus, chaque pays se spécialise sur des activités lui apportant un avantage concurrentiel, ce qui entraîne inévitablement un flux croissant de biens, de services et de données intermédiaires. Ainsi, un produit devra passer plusieurs fois la même frontière avant d'être distribué. Les pays à faible développement peuvent s'intégrer dans les chaînes de valeur mondiales lorsque celles-ci comprennent des activités nécessitant un fort besoin de main-d'œuvre peu qualifiée. Mais, petit à petit, les grandes multinationales privilégient les fournisseurs les plus aguerris, dotés de matériels performants et pouvant surtout s'appuyer sur une logistique capable de répondre à des critères de qualité, de productivité et d'efficacité.

Les chaînes de valeur mondiales font débat à plusieurs niveaux :

- Se spécialiser sur la conception et le marketing (position souvent adoptée par les pays développés) et déléguer la fabrication apporte une plus-value financière rapide, mais également une perte de savoir-faire et de contrôle ;
- La complexité et le nombre de transactions est un pari sur le non avènement de nombreux risques : cyber-attaque de bases de données gigantesques, blocage des transports, politique nationale de fermeture totale ou partielle des frontières, etc. ;
- L'échange de biens intermédiaires traversant plusieurs fois les frontières amplifie la baisse de la demande, pouvant transformer un signal faible en tendance lourde. Par exemple, le ralentissement des échanges qui, en 2008, se sont comprimés cinq fois plus que le PIB mondial²⁴⁷ ;
- Une catastrophe environnementale dans un pays peut y bloquer la production et les transports. Mondialisé et pixellisé, le risque est plus grand (éruption de l'Eyjafjöll en 2010, tremblement de terre au Japon et tsunami en Thaïlande en 2011, etc.) ;
- Les conflits et autres problèmes de relations internationales peuvent bloquer tout ou partie des relations commerciales et logistiques ;
- Etc.

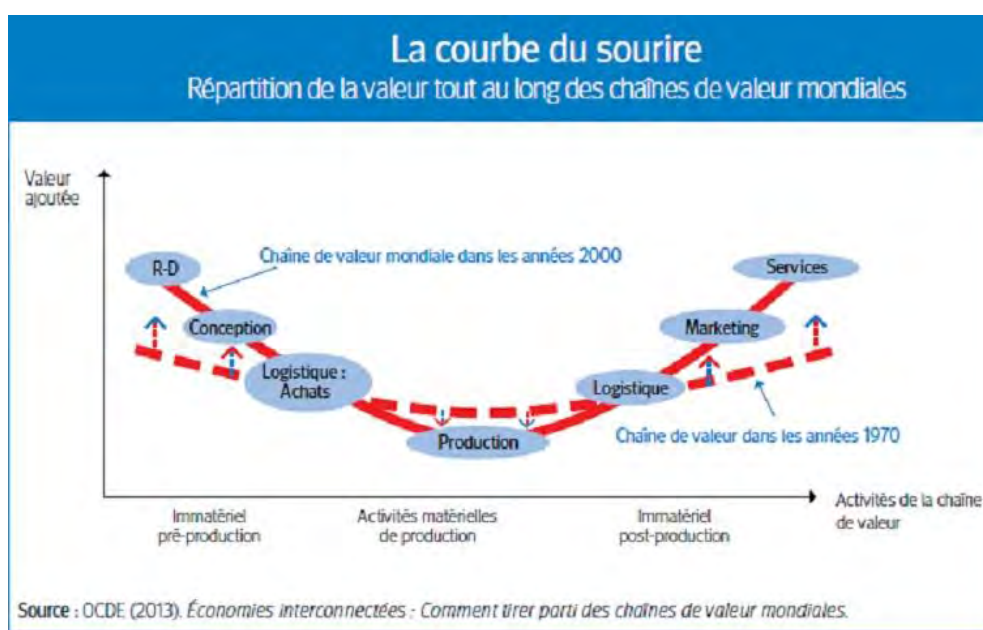
D'après l'OCDE, « il ressort de plusieurs études menées auprès de dirigeants d'entreprise que l'ampleur et la fréquence des chocs se sont accrues ces dernières années et qu'il continuera d'en être ainsi... Les risques sont également exacerbés par la faible marge d'erreur que les entreprises, soucieuses de réduire les coûts, prévoient généralement dans les chaînes de valeur ».

La chaîne de valeur mondiale, de quoi sourire ?

Deux chercheurs canadiens, John Baldwin et Beiling Yan, ont prouvé de manière irréfutable un lien de causalité entre une participation à une chaîne de valeur mondiale et l'amélioration de la productivité : « Les effets des CVM, positifs chez les entreprises qui s'y joignent, et négatifs chez celles qui en sortent, sont statistiquement significatifs et

²⁴⁷ Cette chute, initiée par le recul de la demande de biens produits au sein de réseaux mondialisés (automobile et électronique) et dont l'achat peut facilement être reporté par les consommateurs, s'est répercutée immédiatement chez tous les fournisseurs fonctionnant en JAT, et ce de l'aval à l'amont.

économiquement pertinents, comme l'indique l'écart de 8 à 9 % de leur taux de productivité au bout de quatre ans », affirment-ils. La courbe du sourire²⁴⁸ montre cependant que, si le niveau de la valeur ajoutée par l'intégration dans une chaîne de valeur mondiale était à peu près le même quelle que soit l'activité concernée, la courbe se creuse, la production n'apportant plus autant de bénéfices que les activités de R&D ou de services. Or, les activités amont et aval sont en général conservées par les pays développés, qui délocalisent dans les pays émergents ou en développement les activités intermédiaires, comme la fabrication et l'assemblage²⁴⁹. Aussi, les pays émergents qui ont les moyens d'analyser leur propre chaîne de valeur ne peuvent que « rêver » de grimper sur la dite courbe de croissance.



http://observateurocde.org/files/LAnnuel_de_OCDE_2014/courbe-du-sourire.jpg

La supply chain et son pilotage : le supply chain management (SCM)

Ce que l'on appelait « gestion industrielle » s'est peu à peu transformé en « gestion de la partie contrôlable de la chaîne de valeur », c'est-à-dire la gestion des flux physiques, des flux d'information et des flux financiers entre tous les acteurs : des clients des clients aux fournisseurs des fournisseurs. La construction d'un SCM, possible grâce aux améliorations considérables de stockage et d'échanges de données a pour objectif d'améliorer encore la réactivité de l'entreprise et son adaptabilité aux fluctuations de son environnement. Si chaque entité et chaque partie de la chaîne peut avoir ses propres données, celles-ci doivent être compatibles entre elles et resteront gérées par une seule entité.

L'entreprise étendue nécessite cependant un bon niveau de confiance entre les partenaires, et porte donc en elle des risques certains. Ce réseau collaboratif peut tout de même être considéré comme un actif spécifique pour l'entreprise qui pilote, car sa capacité à organiser et à diriger le réseau sera également assimilée à un avantage concurrentiel réel.

²⁴⁸ Graphe utilisé pour illustrer les problèmes auxquels étaient confrontés les fabricants du secteur des technologies de l'information du Taipei chinois - Stan Shih - fondateur d'Acer, 1992

²⁴⁹ Progresser le long de la chaîne de valeur : Rester compétitif dans l'économie mondiale - OCDE 2005

Les innovations technologiques qui métamorphoseront peut-être l'organisation de la production

La réconciliation des deux frères ennemis, JAT et MRP : la différenciation retardée

Avec l'amélioration des puissances de calcul des ordinateurs, l'organisation de la production va nettement s'améliorer, introduisant des techniques de planification glissantes. Plutôt que de multiplier les références de produits finis, réalisés chacun avec des centaines de pièces et services différents, la solution consiste à apporter cette différenciation le plus en aval possible de la fabrication. Mais les politiques commerciale et publicitaire, ainsi que les variations des ressources humaines et financières, peuvent également influencer les flux. L'ERP²⁵⁰, outil logiciel intégrant les différentes fonctions d'une même entreprise, élargit la vision du *supply chain manager*. Plus performants mais plus lourds que les simples échanges de données entre partenaires, les futurs « ERP » mettront en lien les données physico-économiques et humaines des différents partenaires, et proposeront des solutions d'optimisation.

Et demain... l'industrie cybernétique ?

Depuis le développement de l'Internet et des premières bases de données, les nouvelles technologies ont fait des bonds considérables : objets connectés, *cloud*, haut débit, cobots, etc. Et pas seulement au niveau de l'informatique, mais aussi avec la fabrication additive, la biologie de synthèse, les biotechnologies, les nouveaux matériaux liés aux nanotechnologies... Face à tous ces progrès, les puissances mondiales se sont interrogées pour en faire des avantages concurrentiels.

Car les « vieux » pays s'inquiètent : la désindustrialisation n'est-elle pas dangereuse ? Comment faire pour augmenter encore la performance face à la concurrence des pays émergents ? Ils ont trouvé un tel gisement, qui repose sur plusieurs outils : l'exploitation des données d'usage, l'impression 3D, les objets connectés, la réalité augmentée, des sociétés de service pouvant régler des problèmes complexes de gestion industrielle au travers de services basés dans le *cloud*... Grâce à tous ces outils, les usines, les chaînes de fabrication et les prototypes peuvent être réalisés par simulation, et la production de masse peut devenir unitaire : les produits sont calibrés à partir de données fournies par le client, et personnalisés en fin de fabrication par action directe de celui-ci avec la production. Livraison et maintenance se font par échanges de données personnalisées. L'usine de demain a la capacité de synchroniser en temps réel l'ensemble des processus de la *supply chain*, du client final jusqu'aux fournisseurs. L'organisation du travail au travers de plateformes, de smartphones et *via* des systèmes de géolocalisation transforme la *supply chain* en une myriade d'entreprises éclatées. Avec, à la clef, la question de l'organisation du travail.

²⁵⁰ Enterprise Resource Planning ou Progiciel de gestion intégrée

Les gains de productivité de la numérisation et de l'automatisation



Source : Machines et Production du 6 décembre 2018

Une nouvelle étude, menée par Siemens Financial Services, estime que la valeur ajoutée de la numérisation des entreprises sera comprise entre 6,3 et 9,8 % du chiffre d'affaires à l'horizon 2025, et ce au travers de cinq facteurs : la hausse de la productivité, l'accroissement de l'avantage concurrentiel, la diminution des délais de mise sur le marché, une meilleure capacité de planification et d'anticipation, et l'amélioration de la viabilité financière.

Le plan français « Industrie du futur », porté par l'AIF²⁵¹, se positionne comme une réponse à cette question, mais aussi aux besoins de consommateurs vieillissants et soucieux de l'environnement. Si elle s'est désindustrialisée, la France a gardé un savoir-faire et des compétences dans les nouvelles technologies : l'industrie du futur peut donc être, pour elle, une belle opportunité. Il est à noter que l'économie circulaire est intégrée dans le plan français « Industrie du futur » et qu'une réflexion a été menée en parallèle sur les normes à développer pour ce plan depuis 2016.

Il est notable que les stratégies des différents pays engagés dans l'industrie du futur, toutes basées sur un fort collectif, restent ancrées au niveau national et ne semblent pas encore envisager une collaboration au niveau mondial.

Le rôle de l'État est donc prépondérant : réglementation ou normalisation, formation, gestion du passage difficile d'une France actuelle à une France industrielle ultra numérique, collaborations internationales au plus haut niveau, investissements dans la recherche et le développement...

²⁵¹ Alliance Industrie du Futur, association loi de 1901 réunissant nombre d'acteurs : industriels, syndicats, fédérations, organisations professionnelles, centres de recherche. L'AIF associe également le Conseil National de l'Industrie et les pôles de compétitivité.

Les industriels émettent cependant un certain nombre de craintes par rapport aux différents modèles proposés pour cette usine du futur :

- Tout d'abord, les cyberattaques qui menacent des usines dans lesquelles les machines, alimentées par des *Big Data*, sont reliées entre elles mais aussi avec les clients et fournisseurs. De grandes entreprises industrielles ont déjà été victimes de ces attaques (vol de données, destruction des équipements, effacement ou cryptage de fichiers, explosions de machines). Ainsi, par exemple, les experts de Kaspersky Lab ont découvert, en juillet 2017, qu'une *backdoor* (« porte dérobée » ou « cheval de Troie ») avait été insérée dans un logiciel de gestion de serveurs utilisé par des centaines de grandes entreprises partout dans le monde.
- La mainmise des gestionnaires des réseaux sociaux (notamment les GAFAM), imposant une sorte de « droit de passage » à tous les flux *B to B* et *B to C* existants au travers de plateformes numériques.
- La difficulté à passer de la gestion d'une commande numérique centralisée à un pilotage autonome d'ateliers décentralisés et communicants. C'est le produit qui porte en lui l'ensemble des spécifications de sa fabrication.
- Enfin, il y a le problème de l'emploi, que cette nouvelle usine robotisée, conduite par des flux d'information, va poser. Car, si la numérisation à outrance permet de réindustrialiser les pays développés et ceux « en fin d'émergence », elle suppose aussi une population qualifiée et capable de maîtriser les technologies de pointe, et donc que les États intègrent un ambitieux programme de formation adéquate.

L'impact de la chaîne de valeur mondiale sur les travailleurs : des fossés à l'échelle nationale et internationale

De nombreuses études l'ont montré : ce n'est pas tant le nombre global d'emplois qui est touché par le déploiement des chaînes de valeur mondiales dans un pays, que leur qualification. Les chaînes de valeur mondiales organisent la planète comme une immense entreprise, en répartissant chacune de ses fonctions dans des pays différents. Seulement... une population nationale est composée d'êtres humains, aux compétences et aux savoirs divers et pas toutes compatibles avec ce classement, ce qui se traduit, au niveau national, par des disparitions d'emplois dans les secteurs nationalement moins efficaces. Mobilité, adaptabilité, pression sur les salaires, et flexibilité des compétences deviennent une obligation pour le maintien dans l'emploi.

L'OCDE dans son rapport²⁵² note bien l'importance de la formation dans les pays développés, et va même jusqu'à préconiser une singulière solution : « L'idée que se fait le public de la mondialisation n'est pas toujours positive, en raison peut-être des pertes d'emplois à court terme qui surviennent dans telle ou telle région ou branche, et touchent souvent tout particulièrement la main-d'oeuvre peu qualifiée. Il peut à cet égard s'avérer utile de [lui] présenter un tableau équilibré des avantages et des coûts de la mondialisation, mais le problème de fond reste que celle-ci peut entraîner des coûts très apparents pour une catégorie de la population clairement identifiable... Une voie prometteuse consisterait à prendre plus directement en compte les coûts de la mondialisation en indemnisant ceux pour qui elle engendre une baisse de revenu à court terme ».

Autre impact, l'intégration de services dans les produits manufacturés suppose de maîtriser des compétences nouvelles et de gérer des activités très distinctes, et donc une

²⁵² OCDE- Économies interconnectées : comment tirer parti des chaînes de valeur mondiales -2013

refonte de la « culture » au sein de l'entreprise, de ses missions, et l'intégration de compétences différentes, au détriment peut-être de certaines compétences existantes.

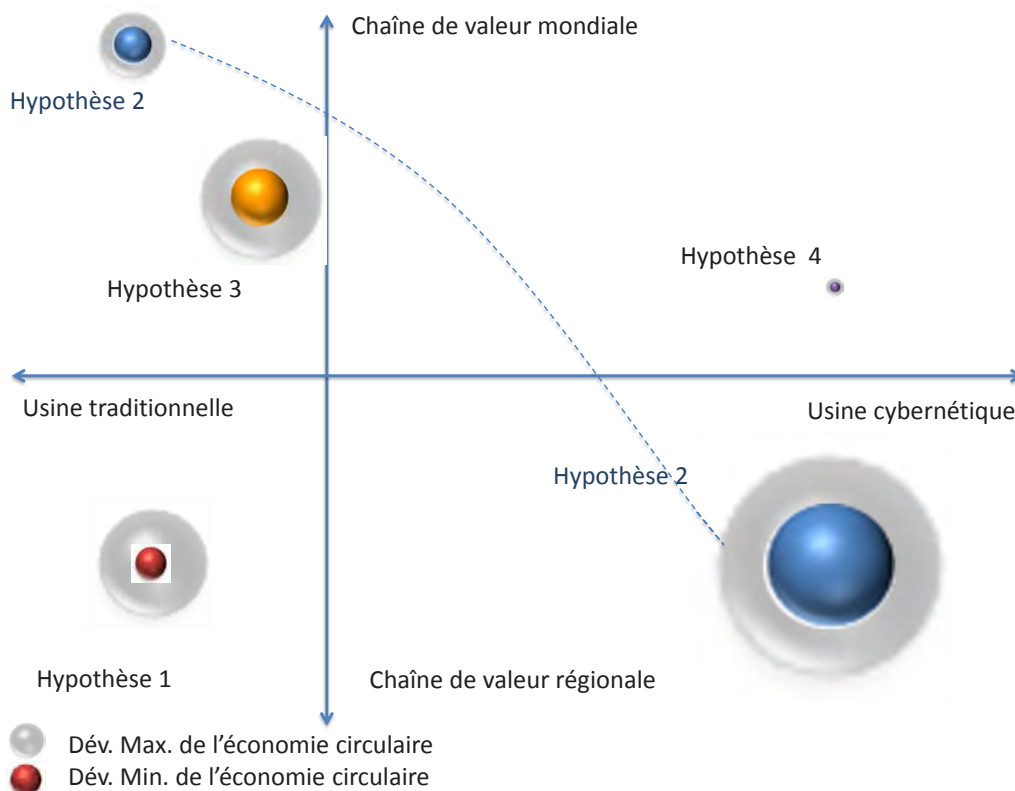
Le paysage économique français subit depuis trente ans des transformations similaires. Cette situation semble entraîner les entreprises à demander de plus en plus de flexibilité et de mobilité aux travailleurs. Des mesures ont été prises récemment dans le cadre de la Stratégie européenne pour l'emploi (SEE)²⁵³, afin d'encourager les personnes à rester sur le marché du travail ou à trouver un nouvel emploi (paquet pour l'emploi, initiative pour l'emploi des jeunes). Mais, en France, le chômage des jeunes et des seniors ne baisse pas. La part des emplois qualifiés (*managers*, cadres experts et professions intermédiaires) y est passée de 31 % à 44 % de la population active, en quinze ans²⁵⁴. Parallèlement, la part des ouvriers qualifiés a diminué (de 20 % à 12 %), ainsi que celle des employés administratifs (de 16 % à 10 %), avec cependant une hausse globale de 4 % des emplois les moins qualifiés, incluant notamment les services à la personne, emplois peu qualifiés et entachés d'une forte pénibilité.

Hypothèses

Elles sont classées en fonction de la place de la cybernétique dans l'industrie d'une part, et d'autre part en fonction de l'amplitude de la mondialisation ou au contraire de la régionalisation de la chaîne de valeur. Ces positions entraînent des impacts différents sur la consommation de ressources et sur le déploiement de l'économie circulaire. Celui-ci est représenté par des sphères concentriques illustrant les tailles minimales et maximales projetées. L'hypothèse 2 est représentée par deux doubles sphères reliées, car elle suppose que les deux types d'usines se développent dans le même temps, en fonction du type de production (unitaire et haut de gamme ou de grande consommation).

²⁵³ Définie dans le cadre de la stratégie Europe 2020, programme de l'UE en faveur de la croissance et de l'emploi pour la décennie en cours. Elle met l'accent sur une croissance intelligente, durable et inclusive comme moyen de surmonter les faiblesses structurelles de l'économie européenne, d'en améliorer la compétitivité et la productivité et de jeter les bases d'une économie sociale de marché durable

²⁵⁴ Camille Peugny - L'évolution de la structure sociale - dans quinze pays européens (1993-2013). Quelques éléments sur la polarisation de l'emploi – Les cahiers de l'OSC - 2016



Hypothèse 1. Les risques se multiplient, les entreprises attendent

Les conflits entre continents s'aggravent. Les retours sur investissement des premières « usines du futur » sont loin d'être suffisants. Ces premières installations sont maintenues, mais les projets ne se déploient plus. Suite aux divers conflits ainsi qu'à l'amplitude et à la fréquence d'événements fortement perturbants, les industriels jouent la sécurité et régionalisent leurs chaînes de valeur.

- La réorganisation qui s'ensuit empêche toute considération sur l'utilisation des ressources. L'économie circulaire ne décolle pas.
- La régionalisation de la chaîne de valeur est favorable à l'économie circulaire qui se développe mollement, en fonction des opportunités créées par ces nouveaux rapprochements.

Hypothèse 2. Le clivage pays développé / pays en voie de développement et pays émergents se creuse et chacun suit sa voie

Les grands pays, ayant fort investi dans leurs projets « industrie du futur », les mènent à terme en favorisant la réintégration d'usines cybernétiques au niveau national. La nouvelle industrie permet déjà une diminution des consommations d'énergie et de ressources, notamment grâce à l'absence de prototypage réel, l'impression 3D, ainsi que la conception virtuelle et la simulation des chaînes de fabrication. Les entreprises communiquent déjà sur leur respect de l'environnement, sans avoir besoin d'intégrer le modèle « économie circulaire ». Les ressources sont de plus en plus rares : les pays possédant les ressources

les conservent jalousement et les utilisent pour produire pour leurs propres besoins, tout en suivant les principes de l'économie circulaire. Ils vendent cher et avec prudence leurs ressources et leurs sous-produits.

C'est une toute nouvelle mondialisation qui se met en place, favorisant certains des piliers de l'économie circulaire. Puis, les concepts de l'économie circulaire sont petit à petit intégrés dans la conception des outils de l'usine cybernétique. Ceux-ci ne se contentent pas seulement de réduire la consommation énergétique, mais rationalisent les consommations de ressources, la conception, la réparation, la maintenance prédictive, etc. Afin d'éviter des transports considérés comme chers, anti-écologiques et superflus, la mondialisation faiblit et fait place à terme à une diminution du nombre d'intervenants dans la chaîne de valeur.

Pour faciliter l'export, les industries manufacturières plus traditionnelles continuent de fonctionner à moindre coût : la production de masse (agroalimentaire, produits peu diversifiés) se poursuit dans les pays émergents, sans considération réelle pour l'environnement, et repose sur quelques robots sans la sophistication de l'usine du futur.

Hypothèse 3. L'usine cybernétique fait un flop. La chaîne de valeur s'étend. La normalisation prend le pas sur les réglementations et favorise l'environnement, sans permettre le rapprochement physique des entreprises autour de l'utilisation de ressources rares ou précieuses

Les protocoles d'échanges de données font l'objet d'une guerre qui ne faiblit pas et/ou les cyberattaques se multiplient et menacent gravement les industries. Dans l'attente de solutions, le développement de l'usine du futur est arrêté. Les pays développés ont investi à perte. La chaîne de valeur mondiale est un recours. Tout en se préoccupant des nouvelles énergies possibles, l'économie circulaire paraît bien antinomique et peu rentable face à une mondialisation de plus en plus dispersée. Cependant, la responsabilité sociétale et environnementale sont intégrées dans la culture de certaines entreprises. Afin de pouvoir imposer la culture à toute la chaîne de valeur mondiale, les donneurs d'ordre imposent des certifications. Une nouvelle norme « économie circulaire » se prépare. Les entreprises continuent à mettre en place le(s) pilier(s) de l'économie circulaire pour le(s)quel(s) ils ont les compétences, les clients et les fournisseurs.

Hypothèse 4. Chaîne de valeur mondiale et usine cybernétique se déploient très vite. Tant pis pour la planète

Les retours sur investissement de l'usine du futur, promis par les développeurs de solutions informatiques, attirent les actionnaires et financeurs. L'industrie cybernétique se met en place partout dans le monde. La chaîne de valeur est informatisée au niveau mondial et pilotée par les pays maîtrisant de nouvelles technologies pointues. La production de masse se poursuit, utilisant de plus en plus vite les ressources de la planète. L'économie circulaire n'est pas à l'ordre du jour.

Bibliographie

- « Deux siècles de travail en France – Population active et structure sociale – Durée et productivité du travail », Olivier Marchand et Claude Thélot, Institut national de la statistique et des études économiques, INSEE
- « 50 ans de mutations de l'emploi », Olivier Marchand, Direction des statistiques démographiques et sociales, Insee
- « La politique d'aménagement du territoire d'Eugène Claudius-Petit », Benoît Pouvreau, *Vingtième Siècle*, revue d'histoire, vol. n° 79, n° 3, pages 43-52, 2003
- « La révolution industrielle – 1770 – 1880 », Jean-Pierre Rioux, Points, 1989
- « Toyota Production System: beyond large-scale production », Taiichi Ono, *Productivity Press*, 1988
- « Le toyotisme », Koichi Shimizu, *La Découverte*, 1999
- « L'usine du désespoir », Satoshi Kamata, 2008
- « Material Requirements Planning », Joseph Orlicky, McGraw-Hill, 1975
- « Histoire des premiers cinquante ans », Toyota, 1987
- « Jidosha Sangyo Hand Book », Nissan, 1992
- « Les délocalisations industrielles dans les mutations des systèmes productifs français », Dalila Messaoudi, *Revue Géographique de l'Est*, vol. 54 / 1-2, 2014, consulté le 14 avril 2018. URL : <http://journals.openedition.org/rge/5153>
- « L'analyse stratégique et la configuration de valeur » Xavier Lecocq, Saïd Yami, *Revue française de gestion*, n° 152, pages 45 à 65, 2004
- « Green and Competitive: ending the stalemate », M.E. Porter, C. Van Der Linde, *Harvard Business Review*, septembre-octobre, 1995
- « Competitive Strategy », M.E. Porter, *Free Press*, 1980. The book was voted the ninth most influential management book of the 20th century in a poll of the Fellows of the Academy of Management
- « Competitive Advantage », M.E. Porter, *Free Press*, 1985
- « Competition in Global Industries », M.E. Porter, *Harvard Business School Press*, 1986
- « Environnement et économie : une relation équivoque », Olivier Boiral, *Vertigo* – la revue électronique en sciences de l'environnement [en ligne], vol. 5, n° 2, novembre 2004, consulté le 04 mai 2018. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/3386> ; DOI : 10.4000/vertigo.3386
- « Économies interconnectées : comment tirer parti des chaînes de valeur mondiales », OCDE, 2013
- *World Population Prospects – The 2015 Revision – Key Findings and Advance Tables* ONU, 2015
- « Le management (Voyage au centres des organisations) », H. Mintzberg, Éditions d'Organisation, 1998

Liste des bases de données utilisées

- « Les liens de Renault avec ses fournisseurs : équipementiers et sous-traitants », Armelle Gorgeu et René Mathieu, *Les Actes du Gerpisa*, n° 14, mai 1995
- « Évolution et perspectives de l'organisation et de la gestion industrielle : l'impact des systèmes d'information », A. Spalanzani, 2003
- http://gerpisa.org/actes/actes_index.html.html
- Max Blanchet - Nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique – Janvier 2016 – Ed. Lignes de Repères
- Thibaut Bidet-Mayer – Tour d'horizon des politiques d'Industrie du Futur – *Annales des Mines – Réalités industrielles* 2016/4, p. 47-50. Novembre 2016
- « Le plan français « industrie du futur » », Pascal Faure, Philippe Darmayan, *Annales des Mines – Réalités industrielles*, pages 57 à 60, novembre 2016

Déchets et recyclage

Michel Héry, INRS

Définition

Cette fiche variable est très largement inspirée de la brochure de l'ADEME, « Déchets – Chiffres clés – Édition 2016²⁵⁵ ».

Rétrospective

Généralités sur les gisements de déchets en France et les politiques de gestion

La loi de « Transition énergétique pour la croissance verte » du 17 août 2015 accroche explicitement la politique nationale de prévention et de gestion des déchets à l'objectif de promotion de l'économie circulaire. Il s'agit en particulier de découpler la production de déchets et la croissance économique, et donc de passer à une autre forme de développement, visant à dépasser le modèle économique linéaire. Cette loi s'inscrit dans la directive cadre sur les déchets de l'Union européenne visant à protéger l'environnement et la santé humaine par la prévention ou la réduction des effets nocifs de la production et de la gestion des déchets²⁵⁶.

Selon la définition de l'ADEME, « la production de déchets est l'aboutissement du cycle économique qui inclut l'extraction de matières, leur utilisation dans la production de biens et de services, la consommation des produits et leur fin de vie »²⁵⁷.

255 Disponible à <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/dechets-chiffres-clés-edition-2016-8813.pdf>

256 Directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives Disponible à : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>

257 In 255

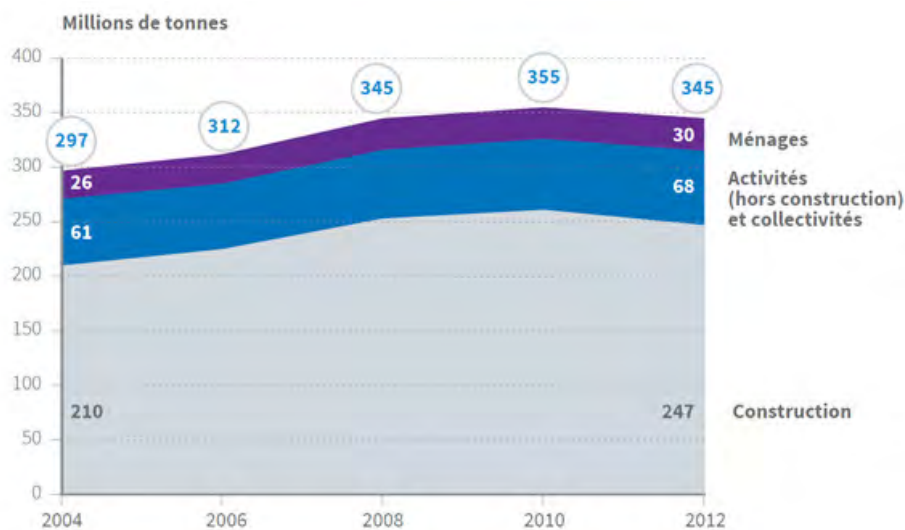
Une étude²⁵⁸ de l'agence évaluée, en 2012, la production française à 345 millions de tonnes au total, réparties selon les grandes familles suivantes :



* Déchets des activités économiques (DAE) collectés par le service public.

Figure 1. Part des différents secteurs dans la production de déchets en France en 2012

Après une progression significative tout au long du XX^e siècle, liée à l'augmentation de la population et au changement des pratiques de consommation, la quantité totale a stagné (et même légèrement régressé) entre 2010 et 2012 et, selon les indications de l'ADEME, la tendance se poursuit. Encore faut-il considérer les différents types de déchets et la conjoncture économique (peu favorable en fin de période) : si, pour les ménages, des modes de consommation plus raisonnables semblent se mettre en place et que les industriels réussissent à diminuer le poids des emballages des biens de consommation, il faut bien noter leur part réduite dans les tonnages par rapport aux déchets liés aux activités de construction. Pour autant, les tonnages des différents déchets produits ne sont pas à mettre en relation directe avec les difficultés et les coûts de la collecte et du retraitement éventuel : ainsi, les forts tonnages de déchets du BTP trouvent souvent des utilisations en remblai peu coûteuses, tandis que certains déchets dangereux de faibles tonnages auront des coûts de collecte et d'élimination élevés.



Source : Eurostat - RSD

Figure 2. Évolution de la production de déchets en France de 2004 à 2012

258 ADEME, Déchets chiffres-clés. Edition 2017. 96 pages

Afin de limiter le volume de déchets produits et d'assurer une meilleure prise en charge tout au long du cycle de vie, les pouvoirs publics ont fait le choix d'actions ciblées, à travers :

- Le « programme national de prévention des déchets », avec des objectifs de réduction de la production de déchets ménagers par habitant de 7 % à court terme (entre 2010 et 2020) et de stabilisation des déchets d'activité économique à la même échéance ;
- L'allongement de la durée de vie des produits en améliorant leur qualité, leur réparabilité, et la modularité (réemploi de pièces dans d'autres systèmes) ;
- La mise en place de filières à responsabilité élargie du producteur (REP), qui impliquent que les acteurs économiques (fabricants, distributeurs, importateurs) qui mettent sur le marché des produits générant des déchets prennent en charge tout ou partie de la gestion de ces déchets. Ils doivent ainsi prendre en charge la collecte séparée, puis le recyclage ou le traitement. Il s'agit d'internaliser les coûts environnementaux dans le prix des produits neufs. Pratiquement, cette prise en charge est déléguée à des éco-organismes, financeurs (et qui délèguent les différentes opérations à d'autres acteurs) ou eux-mêmes, opérationnels dans la gestion des déchets. En 2014, les différentes filières correspondaient à environ 16 millions de tonnes : emballages ménagers, papiers graphiques ménagers, ameublement, automobiles...

La collecte

On distingue deux types de collecte :

- La collecte des déchets ménagers et assimilés, assurée par les collectivités locales ;
- La collecte des déchets des entreprises (industrie et commerce), pour laquelle les prestataires extérieurs sont les acteurs largement dominants (même si les services dépendant des collectivités locales ont un rôle significatif pour les déchets issus du commerce).

La collecte des REP est effectuée dans les deux cadres en fonction des matériaux récupérés.

Compte tenu du caractère particulier de la valorisation des déchets minéraux non dangereux (principalement les déchets inertes du BTP), la notion de « collecte » n'a pas vraiment de sens : les déchets sont acheminés directement par lots uniformes, à l'endroit de leur valorisation ou mise en dépôt, soit par les entreprises elles-mêmes soit par des prestataires. La question sera traitée dans la partie « Traitement des déchets ».

La collecte des déchets ménagers et assimilés

Bien que le nombre de déchetteries n'augmente plus depuis les années 2007-2008 (la plupart des structures communales ou intercommunales ayant atteint un équipement jugé suffisant), l'évolution des parts respectives des différents modes de collecte montre une augmentation constante des quantités collectées selon des modes de collecte sélectifs (déchettes, collectes séparées de matériaux secs et de verre) entre les années 2005 et 2013. Seuls les encombrants et les déchets verts stagnent. En revanche, la collecte d'ordures ménagères résiduelles (sans tri effectué par le consommateur) diminue.

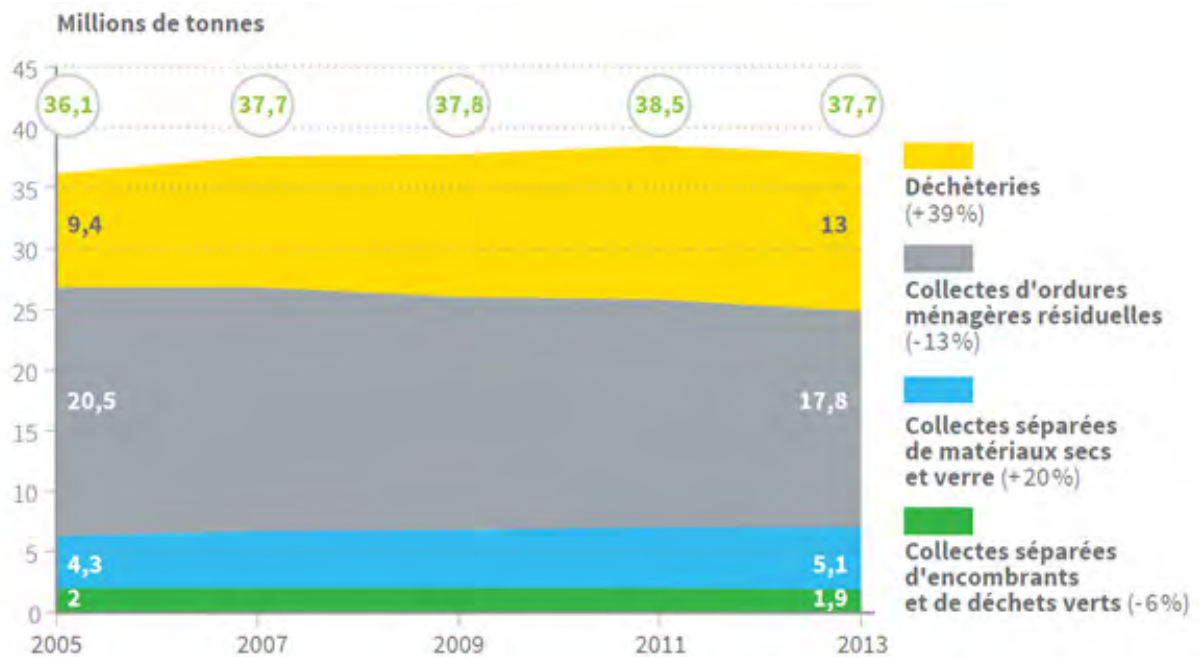


Figure 3. Evolution des déchets collectés par flux de collecte depuis 2005

Cette évolution est confirmée par les tonnages bruts de déchets collectés en flux sélectif (déchetteries incluses) par types de matériaux, même si l'augmentation semble marquer le pas sur la fin de la période pour laquelle les chiffres sont disponibles. Elle est aussi confirmée par la diminution du poids des déchets produits et collectés par habitant. Il est probable que des initiatives telles que la fabrication de compost par les ménages en milieu péri-urbain ou la logique de suppression des emballages dans le commerce de détail (vente en vrac) n'ont encore qu'une influence limitée, mais elles contribuent, avec d'autres, à cette diminution. En revanche, la mise en place de filières REP (gros électroménager, par exemple) et le recours accru aux déchetteries évoqué précédemment ont probablement une influence plus forte.

Plus de la moitié des déchets ménagers sont désormais collectés selon des modes sélectifs, identifiés sur la figure ci-après.

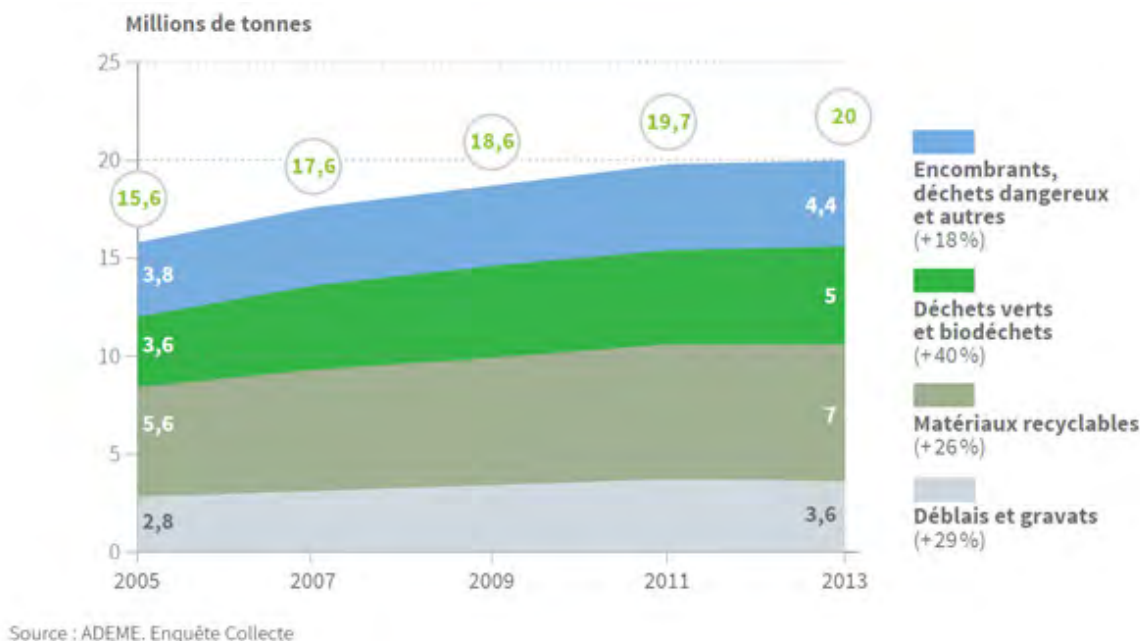


Figure 4. Évolution des déchets collectés en flux sélectifs ou en déchetteries par type de matériaux entre 2005 et 2013

Cependant, en 2013, 14,4 millions de tonnes des déchets ménagers et assimilés collectés – sur une collecte de 37,7 millions, soit 27 % – ne font l’objet d’aucune valorisation et sont mis en décharge ou brûlés sans valorisation énergétique. La valorisation proprement dite (matière ou organique) concerne 42 % des volumes, et l’incinération avec production d’énergie, 31 %. Ces chiffres seront précisés plus loin dans la partie « Traitement des déchets ».

La collecte des déchets des entreprises (hors activités de BTP)

Ces déchets correspondent aux 68 millions de tonnes correspondant aux déchets produits par les activités hors construction et collectivités, évoqués sur la Figure 2 (surface bleue) et peuvent être ventilés ainsi en 2012 :

- 26 millions pour l’industrie et la production d’énergie ;
- 22 millions de tonnes pour le tertiaire ;
- 19 millions de tonnes pour les activités environnementales (traitement des déchets, assainissement et dépollution) ;
- Moins d’un million de tonnes pour le secteur primaire.

Sur la période considérée (depuis 2000, jusqu’aux chiffres les plus récents de 2012), les quantités produites par l’industrie et les activités environnementales sont en hausse, d’environ 20 % pour la première et d’environ 50 % pour les secondes. Le tertiaire est, lui, en baisse d’environ 10 %.

Très majoritairement dans l’industrie (à l’exception d’une valorisation interne de l’ordre de 12 %), la collecte est effectuée par des prestataires spécialisés. Il en est de même dans le tertiaire, même si, dans le commerce, la part des services municipaux est à 24 %. Dans ces deux secteurs, la valorisation est également plus élevée que dans les déchets ménagers et assimilés, puisqu’elle atteint 90 %, avec une part réduite de valorisation énergétique.

Les collectes séparées des filières REP

Compte tenu de la très grande diversité des produits concernés par les filières REP, il n'est pas étonnant que les taux de collecte soient eux-mêmes très variables. Si les équipements électriques et électroniques, ménagers ou professionnels, ou les fluides frigorigènes fluorés affichent des résultats assez faibles, dans d'autres secteurs, comme les lubrifiants ou les pneumatiques pour lesquels les circuits de collecte s'appuient sur des réseaux de professionnels bien structurés, les taux de collecte avoisinent les 100 %.

On trouvera, dans les deux tableaux suivants (*Figure 5 et Figure 6*), respectivement les gisements de déchets des principales filières REP en 2014, et les objectifs et résultats de collecte séparée pour ces déchets.

TYPE DE PRODUIT	ANNÉE DES DONNÉES	GISEMENT DE DÉCHETS EN TONNES ⁽¹⁾
Filières REP imposées par une réglementation européenne		
Piles et accumulateurs portables	2014	32 000
Piles et accumulateurs automobiles	2014	125 800
Piles et accumulateurs industriels	2014	66 300
Équipement électriques et électroniques ménagers	2014	1 300 000
Équipement électriques et électroniques professionnels	2014	210 000
Automobiles Véhicules hors d'usage	2013	2 050 000
Filières REP françaises en réponse à une directive ou à un règlement communautaire n'imposant pas la REP		
Lubrifiants ⁽²⁾	2014	214 000
Emballages ménagers	2014	4 792 000
Gaz fluorés	2014	12 900
Médicaments non utilisés (MNU) à usage humain des particuliers	2014	19 200
Filières REP imposées par une réglementation nationale		
Pneumatiques	2014	461 000
Papiers graphiques ménagers (et assimilés)	2014	3 436 000 ⁽³⁾
Textiles, linge de maison et chaussures, ménagers	2013	600 000
Perforants des patients en autotraitement Déchets d'activité de soin à risques infectieux (DASRI)	2014	600
Produits chimiques - Déchets diffus spécifiques (DDS)	2007	43 000
Éléments d'ameublement ménagers	2014	2 100 000 (estimation ADEME)
Éléments d'ameublement professionnels	2014	350 000 (estimation ADEME)
Bouteilles de gaz	-	-
Navires de plaisance ou de sport	-	-
Filières REP basées sur un accord volontaire		
Emballages et produits plastiques de l'agrofourmiture	2014	-
Produits phytopharmaceutiques non utilisables	2014	ND
Cartouches d'impression bureautique ⁽⁴⁾	2014	9 000 ⁽⁴⁾
Mobil-homes ⁽⁵⁾	2010	70 000
TOTAL hors mobil-homes		15 821 000

Figure 5. Gisement de déchets des principales filières REP en 2014

Type de produit	Objectifs de gestion des déchets (collecte, recyclage, valorisation)	Année des données	Collecte séparée en tonnes	Taux de collecte séparée ⁽¹⁾ ou taux de collecte séparée apparent pour valorisation
Filières REP imposées par une directive européenne				
Piles et accumulateurs portables	Objectif de collecte : 25 % en 2012 et 45 % en 2016	2014	11 989	39,5 %
Piles et accumulateurs automobiles		2014	177 606	154,5 %
Piles et accumulateurs industriels		2014	12 104	21,8 %
Équipements électriques et électroniques ménagers	Objectif de collecte : 6 kg/hab./an en 2010 + 1 kg/hab./an jusqu'en 2014	2014	495 000	38,1 %
Équipement électriques et électroniques professionnels	Objectif de collecte en 2015 : 25 % du total des mises sur le marché de 2014	2014	32 000	15,2 %
Automobiles Véhicules hors d'usage	Objectif de collecte : 100 % (implicite)	2013	1 222 000	59,6 %
Filières REP françaises en réponse à une directive ou à un règlement communautaire n'imposant pas la REP				
Lubrifiants ⁽¹⁾	Pas d'objectif de collecte réglementaire	2014	211 000	98,6 %
Emballages ménagers	Pas d'objectif de collecte	2014	2 971 000 ⁽²⁾	-
Fluides frigorigènes fluorés	Objectif de collecte : 100 % (implicite)	2014	800	6,2 %
Médicaments Médicaments non utilisés (MNU) à usage humain des particuliers	Objectif de collecte : + 2 % par an sur la durée d'un agrément de 6 ans à partir du 25 janvier 2010 soit + 13 % par rapport à 2008	2014	12 100	63 %

Figure 6 (1/2). Quantités de déchets issus des collectes séparées dans les filières REP en 2014

Type de produit	Objectifs de gestion des déchets (collecte, recyclage, valorisation)	Année des données	Collecte séparée en tonnes	Taux de collecte séparée ¹⁹ ou taux de collecte séparée apparent pour valorisation
Filières REP imposées par une réglementation nationale				
Pneumatiques	Objectif de collecte : 100 % (implicite)	2014	423 000	92 %
Papiers graphiques ménagers (et assimilés)	-	2014	1 387 000 ⁽²⁾	-
Textiles, linge de maison et chaussures, ménagers	Objectif de collecte : 50 % des quantités mises en marché	2014	175 000	29 %
Perforants des patients en autotraitement Déchets d'activité de soin à risques infectieux (DASRI)	Objectif de collecte : 60 % au terme du premier agrément	2014	435 538	-
Produits chimiques Déchets diffus spécifiques (DDS)	Objectif de collecte : augmentation des quantités annuelles collectées de 10 % minimum par an. Atteinte de l'objectif national de collecte de 0,5 kg/hab./an en 2015	2014	26 700	62,1 %
Éléments d'ameublement ménagers	Objectif de collecte : couverture du territoire (50 millions d'habitants desservis fin 2015)	2014	624 000 (estimation Éco-mobilier)	30 %
Éléments d'ameublement professionnels	Objectif de collecte : maillage du territoire (60 % des zones d'emploi fin 2015)	2014	17 700	100 %
Bouteilles de gaz	Non défini à ce jour	-	-	-
Navires de plaisance ou de sport	Non défini à ce jour	-	-	-
Filières REP basées sur un accord volontaire				
Emballages et produits plastiques de l'agrofourmiture	Objectif de collecte de 60 à 75 % en 2015	2014	68 229	59 %
Produits phytopharmaceutiques non utilisables	200 tonnes éliminées par an sur le territoire	2014	200	-
Cartouches d'impression bureautique ⁽²⁾	-	2014	5 200	58 %
Mobil-homes	Pas d'objectif de collecte	2014	1 600	-
TOTAL			7 874 664	

Figure 6 (2/2). Quantités de déchets issus des collectes séparées dans les filières REP en 2014

Les échanges transfrontaliers de déchets

Depuis 2006, le volume des échanges transfrontaliers (en termes de tonnage, pour l'essentiel avec nos voisins européens les plus proches) a très fortement augmenté, plus particulièrement pour les exportations, avec 14 millions de tonnes d'exportation pour 6 millions de tonnes d'importation en 2015. Si on considère la valeur financière des déchets, les résultats sont équivalents, avec un solde exportateur positif (4,3 milliards

d'exportation pour 2,3 milliards d'importation). Les transports obèrent évidemment le bilan énergétique des opérations effectuées sur les déchets importés ou exportés.

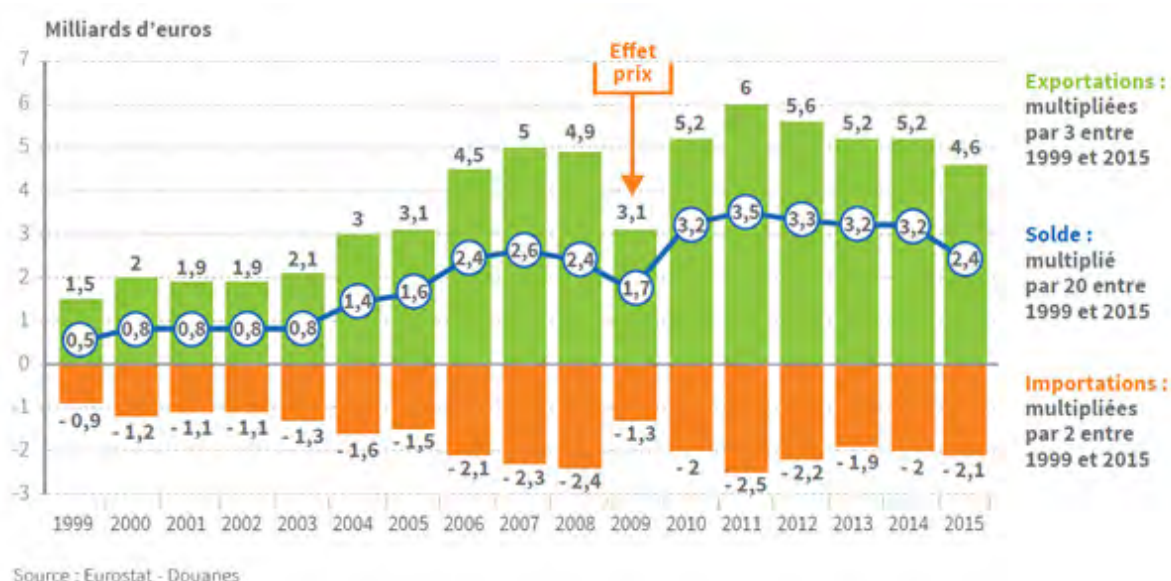


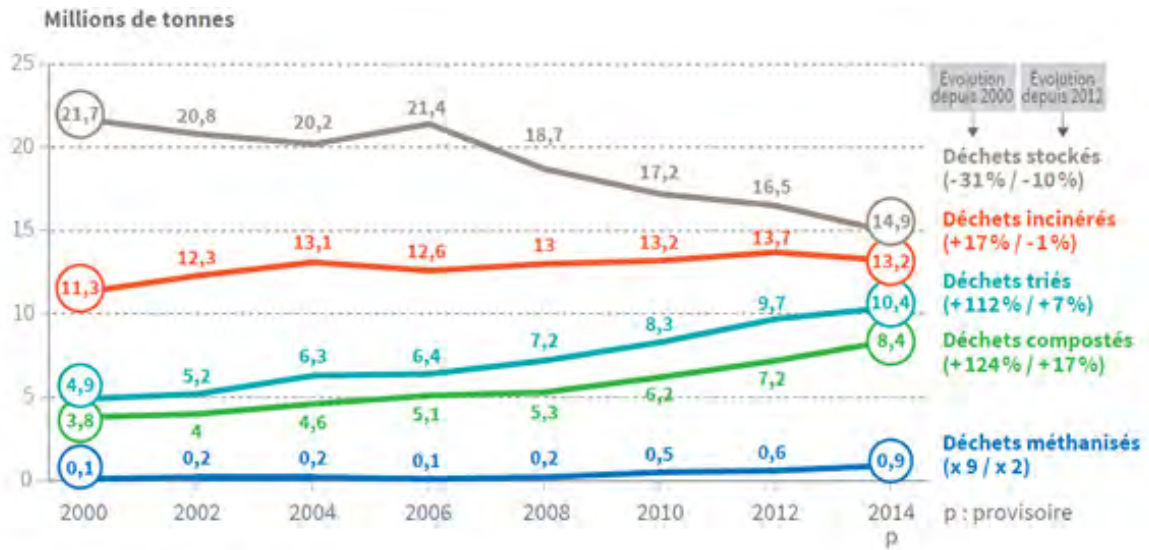
Figure 7. Valeurs des exportations et importations de déchets depuis 1999

Comme on l'a signalé précédemment, ce commerce des déchets a lieu pour l'essentiel avec l'Union européenne, et en particulier les pays frontaliers. Cependant, en 2015, 19 % des exportations et 12 % des importations (en tonnage) se faisaient vers des pays hors UE. La décision récente de la Chine de ne plus accepter les déchets de plastique étrangers dans ses centres de recyclage va avoir des conséquences sur les pays dits « développés », qui vont devoir soit trouver d'autres destinataires, soit développer leur propre capacité de traitement.

Le traitement des déchets

Traitement des déchets non-dangereux dans les installations de traitement des déchets ménagers (ITOM)

Ces installations traitent les déchets ménagers et assimilés, ainsi qu'une partie des déchets non dangereux collectés dans les entreprises. Elles comprennent les centres de tri, les installations de stockage, les unités d'incinération, les centres de compostage, ainsi que les centres de méthanisation. On a montré précédemment l'évolution dans les modes de collecte : elle correspond à une évolution parallèle dans les modes de traitement. Les activités de tri et de compostage voient leur part augmenter, quand le stockage diminue progressivement et que la valorisation énergétique, après avoir augmenté, semble stagner.



Source : ADEME, Enquêtes ITOM - Données 2014 provisoires

Figure 8. Évolution des tonnages traités selon la nature du traitement

Traitement des minéraux non dangereux

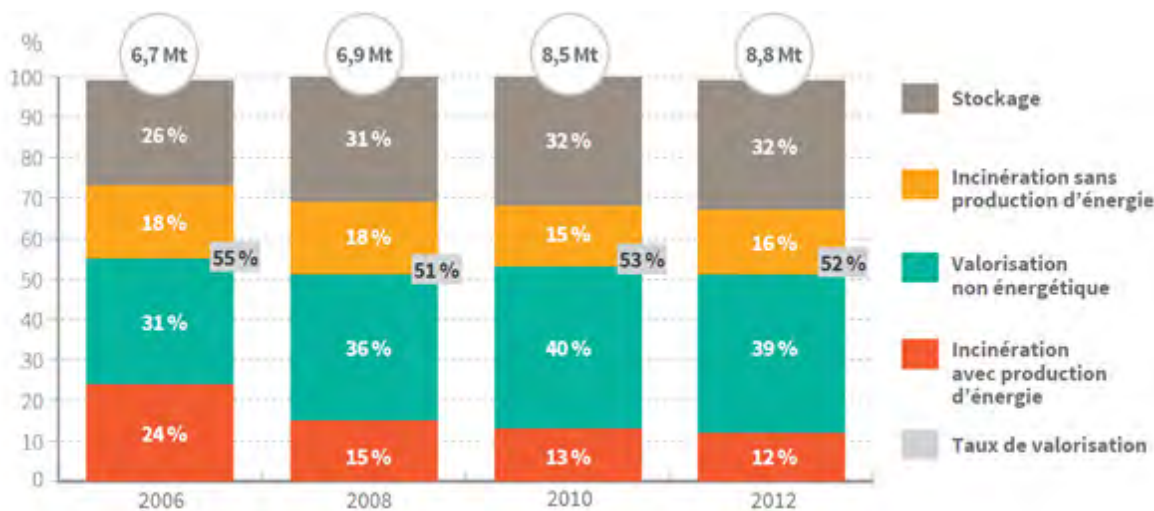
Avec 241 millions de tonnes en 2012, ils représentent plus de 70 % du tonnage de déchets générés annuellement en France. Dans leur grande majorité, ils sont issus des activités du bâtiment et des travaux publics (considérés au sens large). Près de la moitié de ces déchets est utilisée dans la formulation de nouveaux produits, utilisés dans ces activités (comme les bétons de démolition sous forme de granulats dans les nouveaux bétons, ou les granulats produits par le décaissement d'une chaussée ancienne qui sont réintroduits dans un nouvel enrobé sur le chantier lui-même ou sur un autre). Une partie est utilisée pour le remblaiement, mais un tiers est aujourd'hui non valorisé (dépôt dans ou sur le sol).



Figure 9 – Destination des minéraux non dangereux en 2012

Traitement de déchets dangereux

La part de la valorisation des déchets dangereux a peu évolué depuis le début du siècle. Elle est d'environ 50 %, équivalente au stockage et à l'incinération sans valorisation énergétique réunis. En revanche, la quantité de ces déchets a fortement augmenté. Environ 10 % de ce tonnage sont exportés, en théorie uniquement vers des pays de l'Union européenne ou de l'Association européenne de libre-échange (AELE).

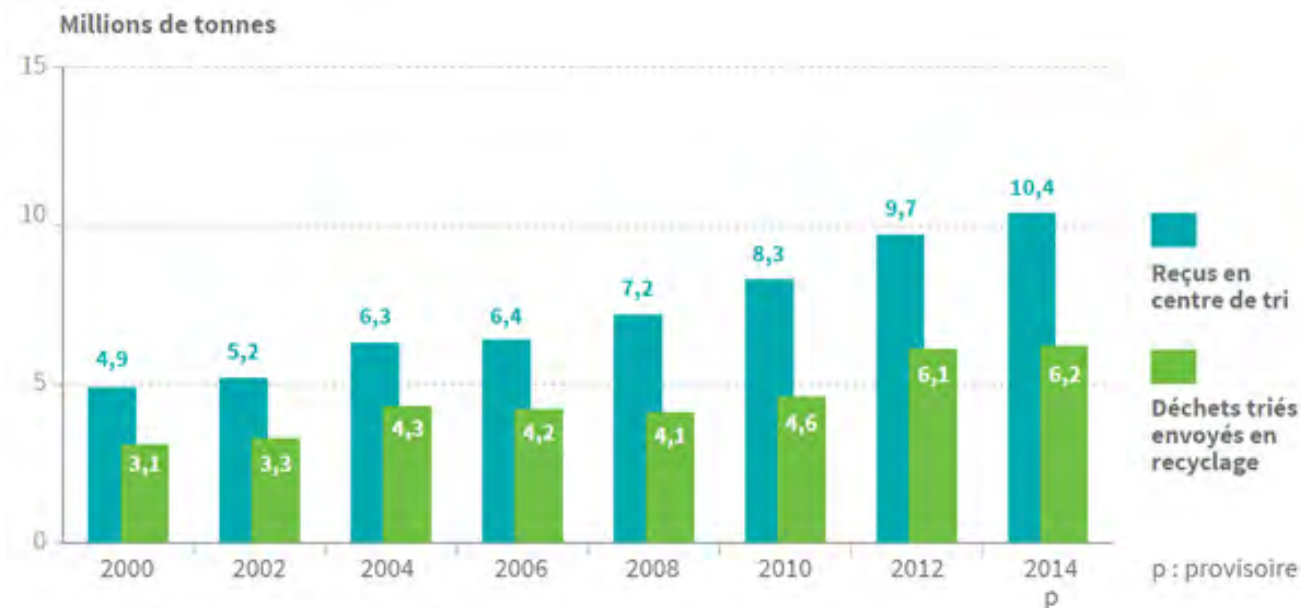


Source : SOeS - RSD

Figure 10. Évolution du mode de traitement des déchets dangereux de 2006 à 2012

Valorisation de la matière

On a vu, dans les deux parties précédentes, que l'accent a été mis depuis plusieurs années sur une plus grande spécificité des modes de collecte et de traitement des déchets, mis en place pour favoriser le recyclage des déchets et la valorisation de la matière. Pour ce qui concerne les déchets ménagers et assimilés, on voit sur le diagramme ci-dessous qu'en termes de tonnage cette politique constitue un vrai succès, puisque les quantités de déchets théoriquement éligibles au recyclage sont en constante progression, mais qu'en termes d'effectivité, beaucoup de progrès restent à accomplir : le taux de refus (pourcentage de la collecte qui ne peut pas être recyclé en raison d'un tri insuffisamment spécifique effectué par le consommateur) sur l'année 1994 atteint en effet 35 %, et on ne constate pas de réels progrès sur la période considérée.

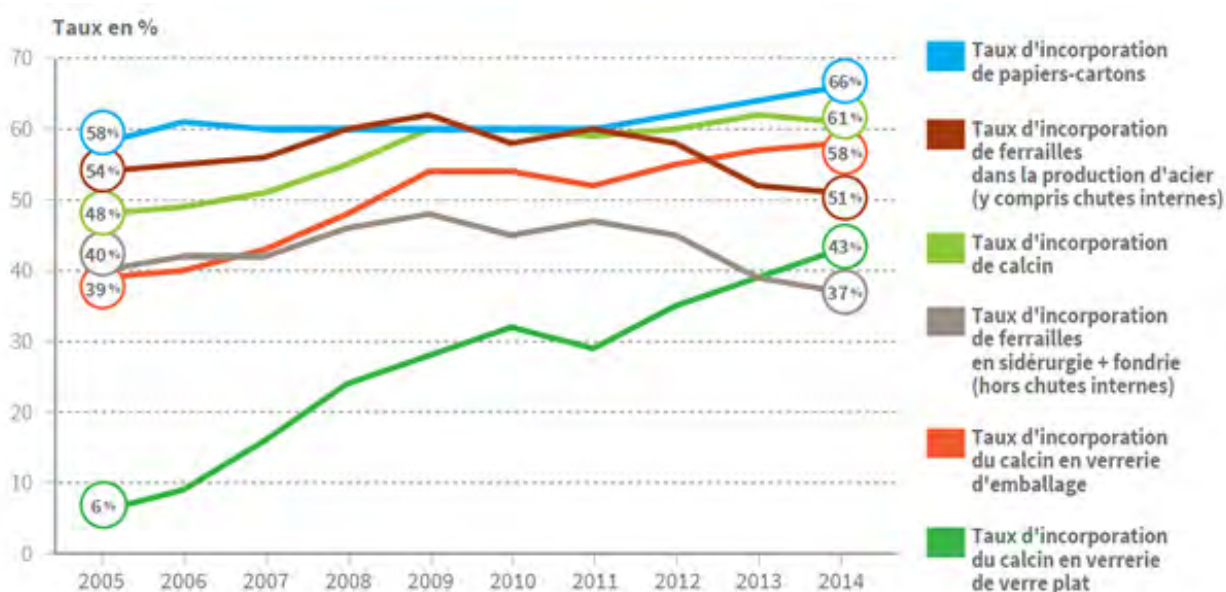


Source : ADEME. Enquêtes ITOM - Données 2014 provisoires

Figure 11. Évolution des quantités de déchets reçus en centres de tri accueillant les DMA et envoyés en recyclage après tri

En revanche, pour les filières REP, le taux de recyclage est généralement bien supérieur : les conditions de la collecte sont mieux encadrées et la qualité des produits collectés est dans l'ensemble meilleure et surtout plus spécifique, en particulier pour des filières représentant de forts tonnages, comme les véhicules hors d'usage (plus de 85 % de recyclage, avec un objectif à 95 %), les piles et accumulateurs automobiles ou les équipements électriques et électroniques ménagers. Le recyclage est donc facilité.

Si on considère la production de quelques types de matériaux, on constate dans l'ensemble une progression du taux d'incorporation des matières recyclées, avec cependant une tendance à la stagnation, voire à la baisse pour les aciers.



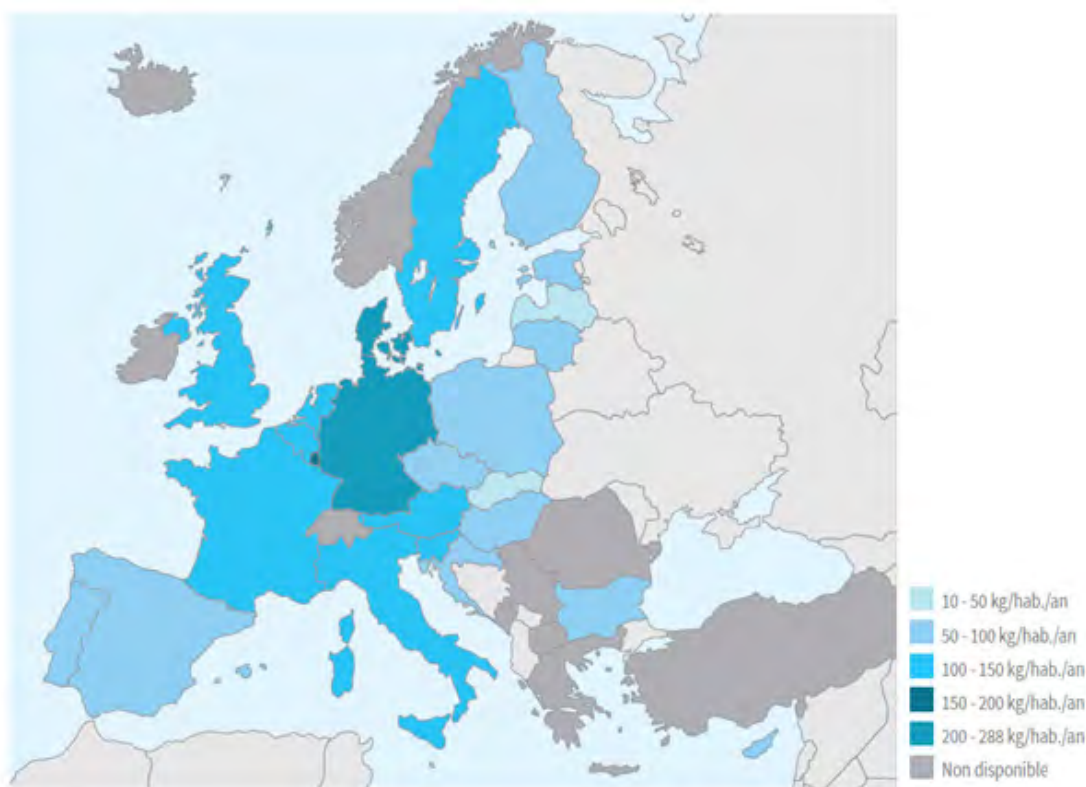
Source : ADEME - Bilans du recyclage

Figure 12. Évolution des taux d'incorporation de quelques matériaux

En revanche, pour les matières plastiques, la qualité insuffisante du produit fini limite le taux d'incorporation à 6 % en 2014, d'autant que le procédé est actuellement peu rentable économiquement.

Si le chiffre de 17 millions de tonnes de matières recyclées (hors granulats dans le BTP) dans une production nationale qui consomme en tout 793 millions de tonnes de matières premières peut paraître faible, voire dérisoire, ces matières recyclées ont une véritable importance technique et économique dans certains secteurs : parce qu'elles sécurisent les approvisionnements, qu'elles sont plus faciles à mettre en œuvre, qu'elles peuvent réduire dans des proportions significatives la facture énergétique, etc.

Le panorama présenté ici n'est évidemment pas complet, mais il donne un certain nombre d'indications sur la situation actuelle. Pour illustrer des possibilités de développement raisonnable à échéance relativement rapprochée, il est utile de comparer la situation de la France en termes de recyclage avec ses voisins et partenaires européens. C'est ce que permettent de faire les deux figures à suivre : elles présentent les performances en termes de déchets municipaux envoyés en recyclage (*Figure 13*) et en compostage et méthanisation (*Figure 14*) pour 25 pays de l'Union européenne.



Source : Eurostat

Figure 13. Déchets municipaux envoyés en recyclage en 2013

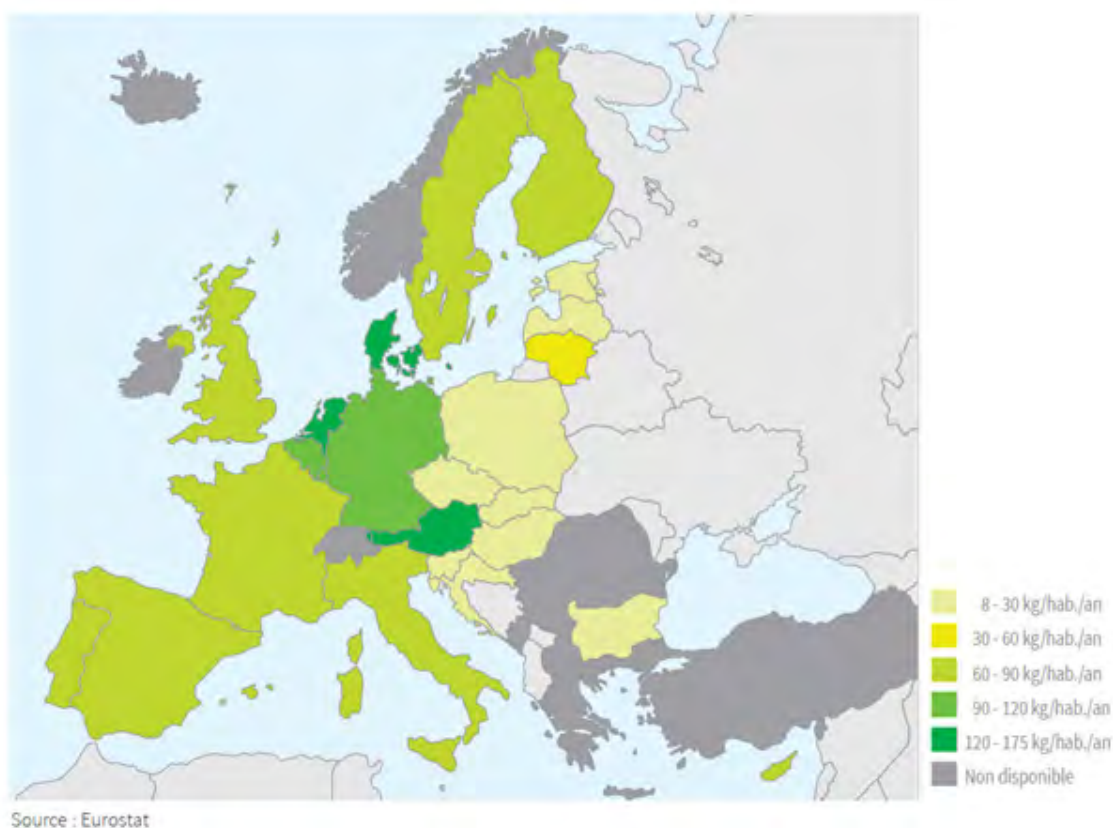
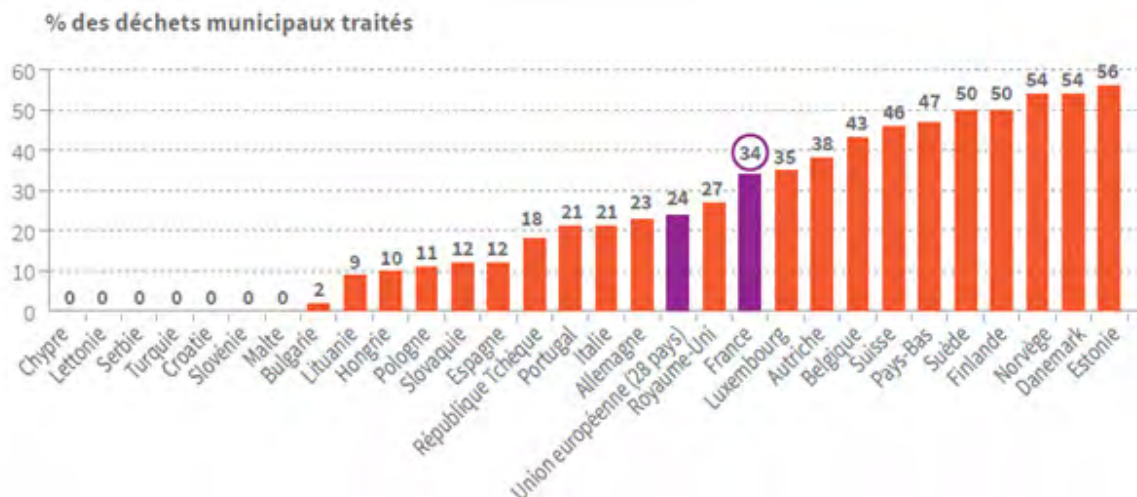


Figure 14. Déchets municipaux des pays de l'Union européenne compostés et méthanisés en 2012 selon les pays européens

Les paramètres ne sont évidemment pas tous identiques entre les différents pays (organisation territoriale, pratiques culturelles et de la vie quotidienne, répartition de la population, etc.), mais ces deux cartes montrent que la marge de progression de la France est significative s'il s'agit de rejoindre les pays les plus performants dans ces domaines de la gestion des ordures ménagères.

Des pays qui affichent un taux de recyclage des déchets municipaux analogue à celui de la France (par exemple les Pays-Bas ou la Suède) parviennent néanmoins à des taux de valorisation énergétique supérieurs : il y a donc une marge de progression importante dans plusieurs secteurs du traitement des déchets. C'est ce qui apparaît ci-après sur la Figure 15.



* Valorisation énergétique : définie selon les règles européennes

Figure 15. Taux de valorisation des déchets municipaux des pays européens en 2014

Stockage des déchets

Ces progrès enregistrés ces dernières années trouvent une confirmation dans le recul des quantités de déchets qui finissent en stockage dans des décharges. Ainsi, en 2012, cette quantité a diminué de 5 % par rapport à 2010, dernière année pour laquelle on disposait de statistiques : 104,2 millions de tonnes, dont 81,6 millions de tonnes de déchets inertes.

Si on s'en tient aux seuls déchets municipaux et assimilés, les progrès depuis le début du XXI^e siècle sont très nets :

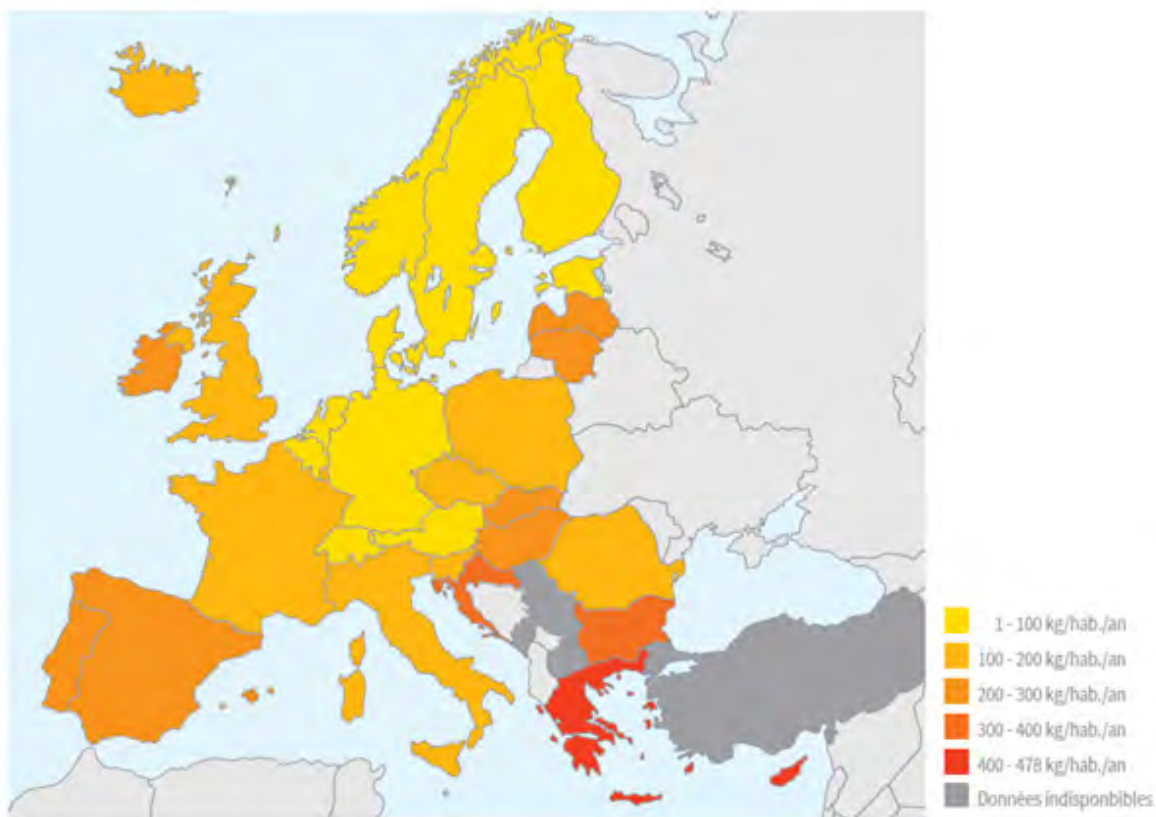


Source : ADEME. Enquêtes ITOM - Données 2014 provisoires

Figure 16. Évolution des tonnages reçus par les ISDND (installations de stockage des déchets non dangereux) de 2000 à 2014

Pour autant, la comparaison de la Figure 16 avec les autres pays européens confirme les conclusions tirées dans le chapitre précédent, à propos du recours au recyclage

(Figures 13 et 14) : il existe encore une marge de progression pour rejoindre les meilleurs. À système de production constant, les quantités stockées en France peuvent encore être diminuées.



Source : Eurostat

Figure 17. Déchets municipaux stockés par les pays de l'Union européenne en 2014

Coût et financement des activités de collecte et de traitement des déchets

L'amélioration de la collecte, les investissements dans les installations de traitement, et la mise en place des filières REP ont eu pour résultat une forte augmentation des dépenses liées à la collecte et au traitement des déchets au cours de la dernière décennie. Cela touche tous les émetteurs : entreprises, administrations publiques et ménages. Les dépenses des ménages ont presque doublé entre 2000 et 2013. Pour être un peu plus faible, l'augmentation des coûts pour les autres émetteurs est également très élevée, ce qui apparaît sur la Figure 18. Ces coûts totaux correspondent à l'investissement dans les matériels et les installations (dont le coût est à peu près stabilisé depuis une dizaine d'années) et au fonctionnement des services.

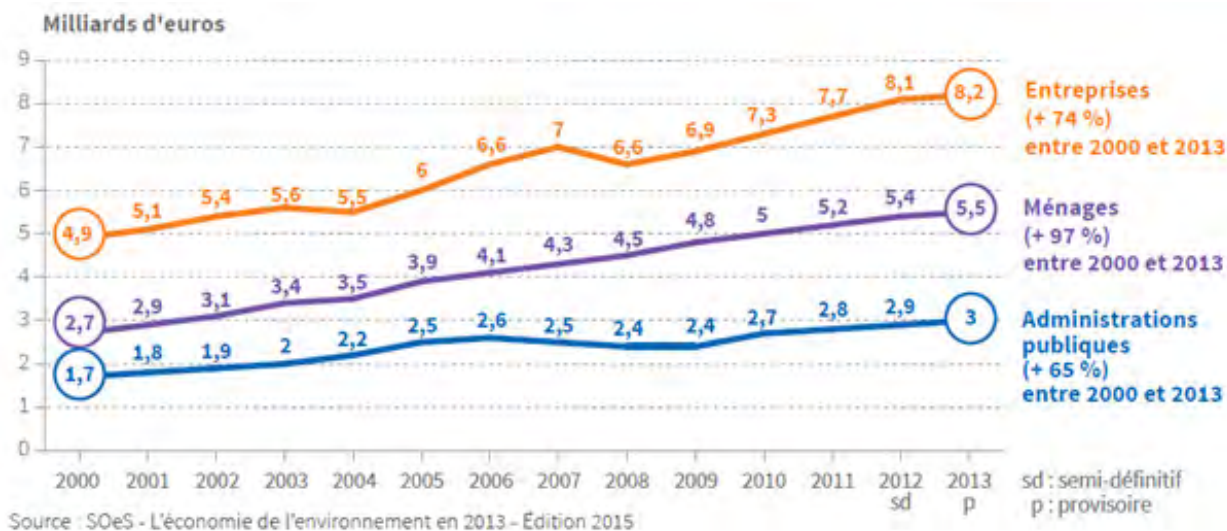


Figure 18. Évolution du financement de la dépense totale de gestion des déchets

Au cours de cette période, on a également assisté à une redistribution relative de ces dépenses, en fonction du gestionnaire de déchets. Si les entreprises spécialisées dans les services aux entreprises ont vu leur chiffre d'affaires augmenter d'environ 50 % sur la période considérée, la progression a été beaucoup plus forte pour les services municipaux qui prennent en charge une partie des déchets générés lors d'activités professionnelles. Les collectivités territoriales ont aussi bénéficié sur la période de l'augmentation du reversement de contributions d'éco-organismes.

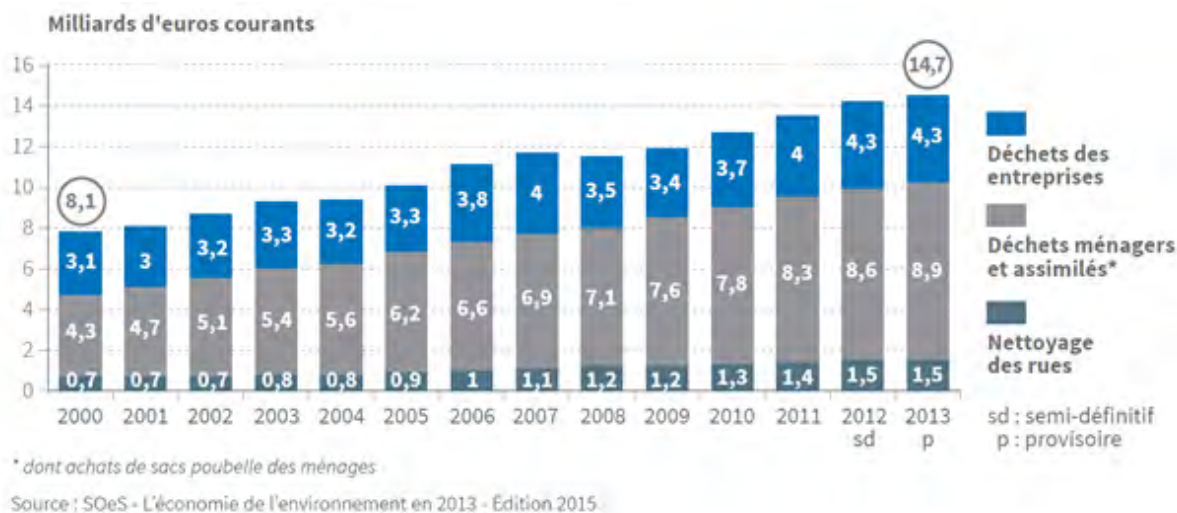
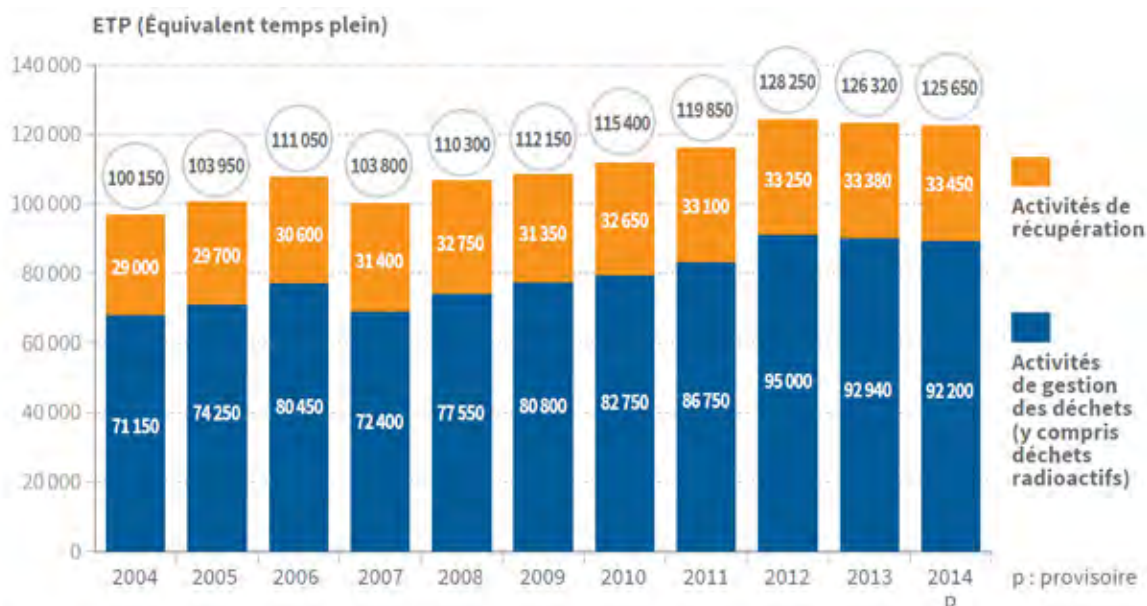


Figure 19. Évolution des dépenses totales selon le gestionnaire de déchets

Il semble cependant qu'on assiste sur les dernières années à une décélération de cette augmentation, peut-être liée aux contraintes budgétaires des collectivités locales. Les dépenses en investissement restent globalement stables sur la dernière dizaine d'années, avec une légère diminution après le pic atteint au cours des années 2005 et 2006.

Les emplois

Après avoir fortement progressé de 2000 à 2012, il semble que le nombre d'emplois du secteur « traitement des déchets et récupération » enregistre depuis une relative stagnation. L'évolution depuis 2000 est représentée ci-dessous :



Source : Les éco-activités et l'emploi environnemental en 2014 ; premiers résultats - Observation et statistiques N°755 avril 2016

Figure 20. Évolution de l'emploi dans les domaines des déchets, déchets radioactifs et de la récupération

Le secteur des déchets radioactifs est relativement négligeable en termes d'emploi, avec environ 2,5 % des effectifs. Les services privés de gestion des déchets regroupent environ 75 000 emplois (exprimés, comme tous les autres chiffres concernant l'emploi, en équivalents temps plein), pour 6000 dans la fabrication des équipements, les travaux et la construction des installations. Restent environ 45 000 emplois pour les autres services de gestion des déchets, dont les services publics.

Focus sur quelques secteurs particuliers – Quelques tendances de développement possibles

Les déchets du BTP

On traitera ici principalement des déchets inertes (et, dans une moindre mesure, des déchets non dangereux non inertes), pour lesquels les possibilités de recyclage sont encore insuffisamment exploitées et qui représentent de très gros tonnages. Un des objectifs est de limiter l'emploi comme remblai ou pour le réaménagement de carrières à des matériaux qui ne peuvent pas être valorisables. C'est aujourd'hui un objectif affiché mais ça ne constitue pas une obligation²⁵⁹. Cela concerne environ 75 millions de tonnes

²⁵⁹ L'objectif européen, repris par la France, est que 70 % de ces 75 millions soient recyclés à l'horizon 2020. <https://www.usinenouvelle.com/article/les-dechets-du-btp-un-enjeu-de-filiere.N369149>

puisque les terres et déblais (environ 175 millions de tonnes) ne sont pas concernés.

Une meilleure valorisation passe par une évolution de la démolition vers la déconstruction, pour les activités de bâtiment, ainsi qu'une bonne homogénéité et une bonne connaissance des déblais générés, pour les activités de travaux publics. Ces pratiques sont évidemment plus coûteuses. Elles ne sont actuellement mises en œuvre que pour des produits susceptibles de contenir des composés dangereux pour la santé des travailleurs (et la santé environnementale). La question de la présence d'amiante dans les bâtiments (plâtre amianté, canalisations, revêtements du sol, mastics, etc.) interdit en effet toute opération de recyclage et impose une mise en décharge spécialisée. De même, dans le domaine des travaux publics, le décaissage de revêtements routiers contenant des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP, contenus surtout dans les goudrons de houille) ou de l'amiante génère des contraintes pour la protection des travailleurs et doit aussi aboutir à une mise en décharge. Le repérage de ces produits, présents de façon aléatoire, est difficile car leur présence est rarement documentée. Compte tenu du fait que l'interdiction définitive de l'amiante en France est intervenue seulement le 1^{er} janvier 1997, cette question risque de se poser pendant de nombreuses décennies, non seulement dans le bâtiment, mais aussi dans les TP, où d'anciennes surfaces de roulement potentiellement amiantées pourront être mises à jour au cours de décaissages profonds.

Compte tenu du différentiel de coût entre déconstruction et démolition, la décision de recourir à l'une plutôt qu'à l'autre ne peut être que le fruit d'une volonté politique ou d'une augmentation radicale du prix des matières premières et/ou de l'énergie nécessaire à la fabrication des produits. Dans certains cas (récupération des plaques de plâtre par exemple), les procédés sont au point : la difficulté réside essentiellement dans le coût de la collecte séparative de petites quantités isolées et de son acheminement vers des installations spécialisées.

Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)

Ces déchets sont inclus dans une filière REP. Les mécanismes de collecte sont variés et semblent bien répondre aux attentes des consommateurs. En effet, la montée en puissance de la collecte est, année après année, conforme aux objectifs, à quelques exceptions près (les téléphones portables en particulier). De même, les objectifs de valorisation de ces déchets collectés sont atteints. Il convient également de signaler qu'une part significative des équipements professionnels est réutilisée sans traitement, même si c'est pour moitié en dehors de l'Union européenne. En revanche, que ce soit pour les équipements professionnels ou ménagers, les différents types de traitement (réutilisation de pièces, recyclage, valorisation énergétique) sont effectués presque exclusivement dans l'Union européenne, et dans des proportions très importantes en France même.

La mise en place de cette filière REP a correspondu à la création d'unités de traitement des déchets. Elle a aussi permis le développement de procédés innovants. Cependant, la filière de récupération n'est pas toujours complète :

- Après démantèlement, un certain nombre de composés bruts ou ayant suivi un premier traitement sont exportés, pour la récupération des métaux notamment ;
- Pour d'autres déchets, certains composants (terres rares issues des lampes par exemple) finissent en décharge et ne sont donc pas valorisés en tant que tels ;

Une bonne articulation entre la conception des équipements et les contraintes liées à leur démantèlement en fin de vie est un élément important qui peut permettre de diminuer les coûts du recyclage.

Les produits issus du recyclage entrent évidemment en concurrence avec les matières premières de premier usage. En fonction des périodes, l'avantage pécuniaire peut se situer d'un côté ou de l'autre. Le financement par les éco-contributions (environ 1,5 milliard d'euros en France annuellement) permet d'assurer une source de revenus complémentaire significative, mais pas toujours suffisante.

Piles et accumulateurs

Il s'agit d'un autre exemple de filière REP. Grâce à un rattrapage en 2016, ce secteur atteint presque les objectifs fixés en termes de collecte pour les piles et accumulateurs portables (44,5 % au lieu de 45 % en 2016). Après avoir dépassé les objectifs de 2009 à 2011, la progression de la collecte avait ralenti alors que les objectifs continuaient à augmenter régulièrement. La collecte des accumulateurs automobiles et industriels continue à marquer le pas, sans qu'il soit possible d'estimer le pourcentage de collecte, en raison de la durée de vie des produits et d'imprécisions sur les quantités mises sur le marché annuellement. Pourtant, si les accumulateurs au plomb continuent de baisser (même s'ils représentent encore en tonnage une part écrasante du marché des piles et accumulateurs, toutes catégories confondues), les tonnages d'accumulateurs au lithium ont quadruplé depuis 2012 (ce qui ne suffit pas, et de loin, à compenser en termes de tonnage). Si, pour les premiers, le recyclage est une activité ancienne et assez stable, les procédés de traitement des accumulateurs au lithium doivent encore faire l'objet de recherches pour augmenter leurs performances. Globalement, ce marché est marqué par l'innovation (en particulier pour limiter les expositions des travailleurs, et potentiellement de l'environnement).

Du fait de la forte volatilité du prix des matières premières (avec une tendance à la hausse, plus particulièrement pour des métaux considérés comme stratégiques comme le cobalt, les terres rares, le lithium et le nickel, qui entrent dans la composition des piles et accumulateurs), les recycleurs peuvent rencontrer des difficultés d'approvisionnement. Ceci est particulièrement vrai pour un marché où les importations et exportations en direction de l'Union européenne, même si elles ne sont pas globalement dominantes, peuvent représenter pour certains types de produits plus de 50 % du tonnage. Il s'agit de pouvoir disposer de technologies de traitement spécifiques de certains modèles (piles alcalines, salines et zinc air à l'exportation, accumulateurs nickel-cadmium, nickel-hydrure métallique ou lithium à l'importation).

Les rendements de produits faisant l'objet d'un recyclage par rapport à la collecte progressent régulièrement, et sont supérieurs aux objectifs fixés par l'Union européenne (voir *Figure ci-après*). *Figure 21. Répartition des tonnages de piles et accumulateurs par mode de traitement*

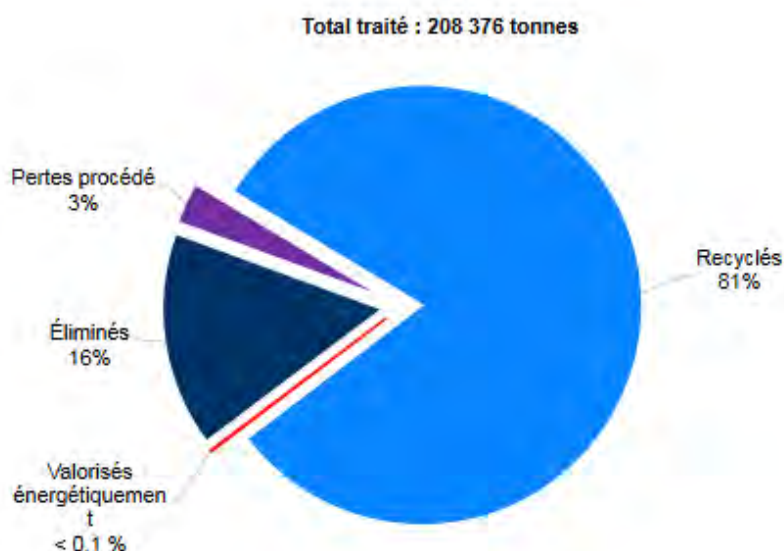


Figure 21. Répartition des tonnages de piles et accumulateurs par mode de traitement

De façon plus détaillée, par type et nature de piles et accumulateurs :

TRAITEMENT 2016	TONNAGES ISSUS DU TRAITEMENT				TOTAL TRAITE	TAUX DE RECYCLAGE ^{SS}
	TONNAGES RECYCLES	TONNAGES VALORISES ENERGETIQUEMENT	TONNAGES ELIMINES	PERTES PROCEDE		
Accumulateurs au plomb	157 731	-	30 212	5 516	193 459	82 %
Accumulateurs NiCd	2 965	-	429	430	3 823	78 %
Accumulateurs NiMH	483	-	17	103	603	80 %
Accumulateurs lithium	859	68	110	91	1 128	76 %
Piles alcalines, salines et zinc air	6 749	88	2 156	174	9 168	74 %
Piles Lithium	32	21	88	8	149	22 %
Piles bouton	38	5	3	-	45	83 %
Total PA Portables	10 103	144	2 878	617	13 742	74 %
Total PA Industriels	9 921	38	2 103	476	12 537	79 %
Total Accumulateurs Automobiles	148 833	-	28 034	5 230	182 097	82 %
TOTAL	168 857	182	33 015	6 323	208 376	81 %

Figure 22. Tonnages issus du traitement par type et nature de piles et accumulateurs

Les déchets ménagers

On a vu dans la première partie la diversité des filières de collecte et de traitement des ordures ménagères. Le développement d'une économie circulaire est susceptible de modifier la répartition des flux entre ces différentes filières et d'entraîner des arbitrages. Nous en citerons ici quelques-uns :

- La tarification incitative devrait permettre de diminuer les tonnages de déchets résiduels et de faciliter les opérations de tri dans les centres de traitements, puisqu'elle incite à plus de sélectivité et qu'elle est un facteur d'amélioration de la qualité de la collecte : elle demande un investissement des collectivités locales et peut être difficile à mettre en place en milieu urbain. Elle entraîne une diminution globale des déchets collectés, puisque les expériences réalisées jusqu'à présent (qui touchent moins de 10 % de la population française) montrent qu'il n'y a pas de report intégral de la collecte « manquante » sur les filières de collecte spécifique (déchetteries, bacs spécialisés) ;
- La valorisation énergétique peut sembler antinomique d'une logique d'économie circulaire : dans une logique économique, peut-elle constituer une alternative, et pas seulement pour l'amortissement des installations déjà existantes ? L'amélioration de la sélectivité de la collecte devrait notamment aboutir à des combustibles solides de récupération (CSR) de meilleure qualité et plus facilement exploitables dans cette logique de valorisation énergétique ;
- La capacité à résoudre les problèmes techniques rencontrés par les traitements mécano-biologiques (TMB) réalisés dans une logique de production de compost ou de méthanisation constitue un point important pour le développement de ces activités. Les contraintes imposées par les exigences de santé environnementale pour l'utilisation des composts ou des digestats de méthanisation peuvent constituer un frein au développement de ces procédés. Si on souhaite augmenter les quantités collectées auprès des ménages en milieu urbain, il faudra développer des solutions de proximité.

Hypothèses

Hypothèse I. Priorité à la sélectivité

Contexte

La raréfaction de certaines ressources stratégiques a conduit à des changements profonds dans les modes et méthodes de conception des biens d'équipement et de consommation. La réglementation impose que ces biens puissent être facilement déconstruits et que cette déconstruction produise des pièces réutilisables, ou aisément recyclables. L'objectif est de parvenir à un recyclage – aussi poussé que techniquement possible – permettant de traiter les déchets contenant par exemple des métaux peu disponibles, et donc économiquement en tension. Le coût de ces opérations ne constitue pas un critère principal, dans la mesure où elles interviennent dans un contexte où il devient de plus en plus nécessaire de ne pas gaspiller les ressources, en particulier celles de ces métaux devenus aussi rares qu'indispensables.

Politiques de gestion des déchets

Dans ce contexte, les filières REP constituent des outils précieux. Elles se sont multipliées et touchent la plupart des filières où des matières premières sont réutilisables (de préférence) ou recyclables : aussi bien les filières professionnelles que les biens de consommation grand public. Leur coût a augmenté à mesure qu'elles ont touché des secteurs et des produits pour lesquels collecte et recyclage sont plus compliqués (ou concernent des volumes plus faibles), et ce coût est supporté par le consommateur (entreprise ou particulier).

Tri, collecte et traitement

La même philosophie est à l'œuvre pour les déchets ménagers. Afin de faciliter le recyclage (par exemple pour éviter que le traitement des métaux ne soit obéré par la présence de déchets indésirables), le consommateur est incité à pratiquer un tri aussi poussé que possible, en particulier par la tarification des déchets résiduels. Outre les REP, on a donc assisté à une multiplication des filières de collecte spécifique pour l'ensemble des déchets. Pour autant, le choix de la filière de traitement de ces déchets à moindre valeur ajoutée se fait en fonction de considérations économiques : on pourra préférer la valorisation énergétique pour certaines catégories de déchets, si un recyclage de la matière s'avère trop coûteux. Ces choix sont facilités par la qualité du tri, qui peut permettre de disposer de combustibles de bonne qualité.

Hypothèse 2. Priorité au prix de revient des opérations de collecte et de recyclage

Contexte

Ce sont des logiques économiques libérales qui guident au premier chef les choix effectués en matière de politiques de gestion des déchets. Les mêmes principes sont appliqués dans la conception des biens d'équipement : sur le marché se côtoient des équipements ménagers à durée de vie très limitée et d'autres conçus pour leur durabilité et leur réparabilité. Le consommateur fait ses choix en fonction de ses convictions, de ses moyens financiers et peut-être du coût estimé d'élimination des déchets qu'il produira à court, moyen ou long terme...

Politique de gestion des déchets

Le choix des modes de collecte et de traitement des déchets est guidé par des considérations de moindre coût. Ainsi, les filières REP doivent faire preuve de leur rentabilité pour être maintenues ou développées. Dans ce contexte, la valorisation énergétique peut être préférée à une technique de recyclage, si elle est moins coûteuse. Pour certains métaux rares, c'est au contraire le recyclage qui sera préféré, parce qu'il est rentable : le prix du produit de sortie est intéressant malgré des coûts de collecte et de traitement élevés. La tarification incitative devient la norme. Elle permet aussi de développer la concurrence entre les acteurs : en matière de déchets ménagers par exemple, les services municipaux peuvent être soumis à la concurrence d'opérateurs purement privés, sur la totalité ou sur une partie des filières de collecte, dont les produits seront traités au moindre coût.

Tri, collecte et traitement

La sophistication du système permet également au consommateur prêt à y mettre le prix d'intervenir dans le choix du traitement de ses déchets. Par exemple, de la même façon que certains peuvent faire le choix de consommer une électricité verte, il est possible de choisir une filière d'élimination des déchets putrescibles, favorisant la production de méthane, qui sera intégré dans le mix d'une alimentation en gaz vert. Ces pratiques valent surtout pour le milieu urbain, car on constate une très forte hétérogénéité des pratiques en matière de tri, collecte et traitement selon les politiques définies localement. Celles-ci dépendent en particulier du type d'habitat (urbain, périurbain, rural), qui peut (dé)favoriser certaines pratiques de tri et de stockage à domicile (manque de place) ou renchérir le prix des collectes spécifiques (investissement dans les installations, kilométrages parcourus, volumes collectés, etc.).

Hypothèse 3. Priorité à la diminution des quantités de déchets émises

Contexte

Confrontés à des difficultés d'approvisionnement pour de nombreuses matières premières, les États européens ont pris des mesures strictes (en particulier par la taxation) pour limiter leur consommation. Les modes de conception des biens d'équipement et des biens de consommation ont très fortement évolué. Priorité est donnée à la longévité de ces biens, en favorisant en particulier leur réparabilité, y compris au détriment de certaines performances. Leur déconstruction et la capacité de réutilisation des pièces en bon état, ainsi que la recyclabilité des pièces en fin de vie, constituent des éléments essentiels pris en compte lors de leur conception.

Politique de gestion des déchets

La quantité de déchets émis a très fortement diminué. Un fort développement de l'économie de partage, l'adoption d'un mode de vie plus frugal, le recours aux circuits courts (pas seulement dans le domaine alimentaire, mais aussi avec le développement des recycleries et des ateliers de réparation), la réduction drastique des emballages (retour des contenants en verre, fortes taxes sur les emballages perdus), la mise en place de nombreux centres de collecte par filières de traitement, y compris pour les déchets putrescibles, ont permis aux consommateurs de faire face à la très forte augmentation des redevances pour la collecte et le recyclage des déchets. Cette augmentation, basée en particulier sur la tarification incitative, fait du consommateur un acteur essentiel du tri préalable des déchets.

Tri, collecte, recyclage

Au niveau du traitement des déchets, le choix du local a également été fait, avec une multiplication de centres de tri peu automatisés, basés sur le principe que le consommateur aura déjà procédé à la séparation des déchets en grandes familles. Il s'agit de limiter les coûts de transport et de valoriser au maximum la matière au plus près. À ce titre, les techniques d'enfouissement et d'incinération connaissent une forte régression, puisque les quantités résiduelles de déchets non valorisés, tant dans les activités de production que pour la consommation des ménages, sont en forte diminution.

Contexte international				
	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4
I. Demande mondiale de ressources	Croissance forte ● Poursuite des tendances observées depuis 30 ans, croissances démographique et économique	Sobriété volontaire ★ ▲ Dans les pays en dvpt et les pays les plus « développés », diffusion des pratiques de sobriété, la conso immatérielle est privilégiée	Stagnation voire baisse contrainte ✕ ■ Plusieurs facteurs : croissance et emploi en berne ; tensions sur certaines ressources	
3a. Mix énergétique mondial	Demande en hausse, énergies fossiles dominantes ● Croissance économique des pays en développement, faible coût des énergies fossiles, politiques publiques peu ambitieuses	Hausse de la demande, transition accélérée vers les ENR ★ ▲ La raréfaction des ressources fossiles entraîne une augmentation de leurs coûts. Investissements et innovations dans les ENR	Sobriété énergétique ✕ ■ Ralentissement de la croissance éco. Aggravation des dérèglements climatiques. Durcissement des objectifs de réduction des émissions	
4. Minerais / métaux	Tensions sur les marchés ■ Augmentation de la demande, augmentation des prix et pénuries sur certaines ressources, Recyclage favorisé	Mineuse universelle ● Recours à des techniques permettant de poursuivre les extractions (zones difficiles, faibles teneurs), fort impact environnemental, position dominante de grandes puissances minières (Chine, USA, Russie, Australie)	Double découplage ✕ ★ La croissance n'entraîne plus une augmentation de l'extraction minière, Les investissements dans l'EC permettent plus de sobriété et un meilleur recyclage	L'Europe se démarque du reste du monde ▲ Mutations industrielles et innovations permettant de réduire la dépendance européenne aux importations de minerais, Avantage concurrentiel significatif en fin de période
6. Économie du numérique (TIC)	Poursuite de la croissance ● L'économie poursuit sa numérisation, plusieurs secteurs sont fortement impactés (transports, santé, enseignement), Position hégémonique des gros opérateurs (GAFAM, BATX)	Ralentissement ✕ ■ ▲ La numérisation de l'économie est entravée par différents phénomènes : pénurie de ressources nécessaires ; pb de cyber-sécurité ; renforcement de l'encadrement réglementaire	Techno de rupture ★ innovations importantes portées par de nouveaux acteurs supplantant les opérateurs dominants actuels en remettant en cause leur <i>business model</i> (par ex les constructeurs auto deviennent des sous-traitants d'opérateurs de mobilité)	
15. Réorganisation de la production	Régionalisation sans EC ■ Conflits et instabilité internationale. Régionalisation des chaînes de valeurs et priorité accordée aux problèmes de réorganisation nationale des grandes structures. Au niveau national, recentrage	Relocalisation, Industrie du futur et EC ▲ Les pays développés décident de conserver leur hégémonie et de ne plus laisser les pays émergents prendre le <i>leadership</i> . Ils mettent un frein à la mondialisation et poursuivent leurs investissements dans l'industrie du futur. La relocalisation des chaînes de valeurs crée de nouvelles opportunités pour l'EC déjà favorisée	Abandon des projets d'usines du futur, recours à la mondialisation, EC minoritaire ● Investissements dans les nouvelles technos et l'ind. du futur : décevants et délaissés. Mondialisation des chaînes de valeur se poursuit, avec réduction des coûts prioritaire. Déréglementation remplacée par la normalisation. Responsabilité environnementale à l'ordre du jour. Mais l'économie circulaire reste minoritaire	Accélération mondialisat° et usine du futur avec une production de masse qui s'intensifie encore ★ Industrie cybernétique se développe fortement grâce à des investissements massifs. Épuisement des ressources et environnement ne sont pas pris en considération face à une demande croissante des besoins au niveau mondial
Microscénarios	1- Croissance, dérégulation, mondialisation ●	2- Ralentissement généralisé ■	3- Changement de modèle européen ▲	4- Sauvé par les technos ★
				5- Replis nationaux ✕

Modes de production et de consommation				
	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4
11. Comportements et logique de consommation	Conso à tout prix  Pas de changement de comportement : maintien d'une consommation élevée, notamment de produits neufs	Conso contrainte  Baisse du pv d'achat (augmentation des dépenses contraintes, notamment de logement et de transport). Essor des pratiques de consommation alternatives (partage, réparation, location) sur la base d'initiatives locales et/ou militantes	Essor de la sobriété   Maintien du pv d'achat, comportements différenciés : certains maintiennent un fort niveau de consommation (surtout pour loisirs, technologies, voyages, équipements) ; d'autres font le choix de la sobriété, diminuant leur consommation (réparabilité contre obsolescence programmée)	L'usage plutôt que la propriété   Essor de l'économie de partage et de l'usage. Développement de la location, portée à la fois par les particuliers et par les entreprises
10. Leviers et mécanismes d'évolution des comportements	Décalage entre discours et pratiques   Les comportements n'évoluent pas de manière fondamentale. Seules les alternatives simples et peu coûteuses se développent. Les messages des pvs pub. et des ONG ont peu d'efficacité	Comportements en transition grâce aux pouvoirs publics  Modification des comportements sous l'impulsion des pvs pub. qui mobilisent tous les leviers possibles (éducation, communication, <i>nudge</i> , incitations financières)	Comportements influencés par la société civile   Les discours des pvs publiques ne sont pas accompagnés de moyens importants et portent peu. C'est la société civile qui fait évoluer les comportements en remettant en cause la société de consommation. Les initiatives locales jouent un rôle important, elles sont soutenues par des collectivités.	
9. Tissu économique des entreprises	Majorité de microentreprises, prépondérance éco des grandes   Le tissu économique est essentiellement composé de TPE et PME, dont les plus dynamiques sont rachetées par les grandes, qui sont dans une position dominante	Rééquilibrage du tissu éco  Le tissu économique est dynamisé par le bas grâce à la croissance de petites entreprises. Des réseaux d'entreprises (<i>clusters</i> , pôles de compétitivité) vertueux se créent	Les GAFAM prennent la main    Des alliances entre grandes entreprises et GAFAM créent des géants qui assoient leurs positions dominantes sur de nombreux marchés (y compris publics). Les TPE et PME se retrouvent en situation de dépendance vis-à-vis de ces gros opérateurs	
12. Réemploi / réutilisation / remanufacturing	Poursuite du dvpt : B to B majoritaire  La pertinence (environnementale et économique) du modèle génère des investissements dans les filières RRR qui se développent et créent des emplois non délocalisables. L'écoconception se développe. Le B to C tend à disparaître avec le développement de l'économie de fonctionnalité	Poursuite du dvpt : B to C majoritaire   Les filières RRR se développent en étant portées avant tout par les acteurs de l'ESS, à destination des consommateurs dont les comportements évoluent. Cette évolution a un effet sur les fabricants et fait notamment progresser l'écoconception	Stagnation du secteur   Des voix s'élèvent pour souligner des problèmes de sécurité posés par les produits issus du RRR. Le développement de l'économie de partage et de la fonctionnalité ainsi que le C to C limitent les besoins. Des filières perdurent dans des secteurs précis	Abandon progressif  L'essor de la société de consommation dans les pays émergents favorise le jetable. L'éco de partage et de la fonctionnalité a peu recours aux produits issus du RRR. Les filières périssent
13. Vente de l'usage	Dvpt modéré   En raison des incertitudes économiques, les arbitrages se font avant tout sur des questions de coûts. La vente de l'usage ne se développe que dans les domaines où elle est jugée intéressante économiquement, notamment dans le cadre d'externalisation de certaines activités par les entreprises	Dvpt tiré par la législation  Les enjeux environnementaux amènent les pvs pub à encourager l'économie de la fonctionnalité. Après une période de transition, le système économique tend à intégrer une place non négligeable à l'économie de la fonctionnalité. L'écoconception devient une priorité pour la production et la vente de l'usage se développe	Dvpt tiré par les acteurs locaux et économiques   L'achat d'un bien devient l'exception et l'achat de l'usage se développe. Les citoyens/consommateurs sont convaincus et en ressentent rapidement les effets bénéfiques sur l'emploi, la qualité de l'air et le traitement des déchets. Les investissements dans les structures indispensables à ces changements par les pvs pub favorisent l'acceptation par les consommateurs	
14. Partage	Poursuite croissance économie plateformes   La plateformes et l'éco de partage s'étendent à de nombreux secteurs, au point de devenir le mode de consommation et d'échange dominant. Essor du travail indépendant	Croissance interrompue   Les plateformes sont en difficulté (difficultés à fidéliser les travailleurs, problème de cybersécurité, renforcement de l'encadrement réglementaire, pas de modification majeure des modes de consommation), ce qui limite le dvpt de l'éco de partage	Dvpt limité à certains secteurs et territoires  Segmentation entre secteurs (transport logement), territoires (métropoles vs petites villes et zones rurales) et acteurs (plateformes commerciales vs plateformes ESS)	
7. Logistique	Pas d'optimisation   Faible coordination, pas d'optimisation entre les différents intermédiaires, pas d'intervention des pvs pub. Les taux de remplissage et l'intermodalité ne progressent pas	Prise en charge coordonnée par le privé  La filière logistique s'organise pour mettre en place l'Internet physique. Concentration des acteurs. Augmentation du taux de remplissage et de l'intermodalité	Optimisation par les pouvoirs publics   Forte intervention des pouvoirs publics pour organiser les flux et réduire leurs impacts (environnement, conditions de travail). Coordination transfrontalière	
16. Gestion des déchets et recyclage	Priorité à la sélectivité  Réemploi et recyclage sont privilégiés. Multiplication des REP, efforts sur la qualité du tri. Les coûts sont largement pris en charge par les clients/consommateurs, que ce soit dans le cadre des REP ou de systèmes de taxation	Priorité au prix de revient    Arbitrages sur des critères économiques. Seules les REP rentables se maintiennent. Les politiques de tri sont hétérogènes selon les déchets, les collectivités et l'environnement (zones urbaines, périurbaines, rurales)	Priorité à la baisse des quantités de déchets  Les quantités de déchets résiduels diminuent sous l'effet de plusieurs leviers : partage, réparabilité, recyclage. Amélioration de la qualité du tri, notamment grâce à des incitations financières. Traitement plus local	
Microscénarios	1- Conso et rentabilité, pas d'EC 	2- EC portée par des initiatives locales et citoyennes 	3- EC poussée par les pouvoirs publics (État) 	4- EC portée par les entreprises 
				5- EC contrastée 

Contexte national				
	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4
8. Action des pouvoirs publics (monde / UE / France / territoire)	Structuration avancée ★ Objectifs ambitieux, coordination des mesures européennes, nationales et des initiatives locales. Nouveaux PPP et marchés communs	Action ciblée et différenciée ● ▲ Divergences selon les niveaux. Résultats différenciés selon les branches (notamment en fonction de leur niveau de maturité sur le sujet)	Objectifs et résultats limités ■ Faible cohérence entre échelons et entre branches. Le contexte n'est pas favorable à l'EC : faible soutien des pouvoirs publics, effets marginaux	
3b. Mix énergétique en France	Mix dépendant des énergies fossiles et du nucléaire ■ Hypothèse tendancielle, faible augmentation de la conso, les objectifs en matière d'ENR ne sont pas atteints	Amorce de sortie du nucléaire Croissance faible de la conso Décision politique suite à des incidents ou des scandales, la substitution est orientée vers les ENR mais la transition est lente	Baisse de la dépendance aux énergies fossiles ● ▲ Croissance faible de la conso. Électrification des consommations en recourant aux ENR, mais aussi au maintien du parc nucléaire	Sobriété énergétique ★ Baisse de la conso. Priorité aux ENR et à l'efficacité énergétique
2. Qualité des milieux (eau, air, sols)	Politique de préservation des milieux ■ Prise de conscience mais réticences au changement. L'amélioration relative des milieux se poursuit, limitation des intrants. Différences selon les régions et les compartiments (progrès plus rapides sur la qualité de l'air que sur sols et eau)	Politique de développement agricole renforcée ▲ Renforcement du productivisme agricole. Poursuite de la dégradation des milieux	Prise de conscience, nvx modes de gestion des milieux ● ★ Modification des pratiques agricoles, réduction des émissions, choix de techniques de préservation (voire de reconstitution) des milieux. Les effets sont cependant lents.	
5. Biomasse	Bioéconomie intensive ▲ Biomasse = matière première convoitée. Intensification des cultures et des échanges. Faible recyclage. Secteur en développement créateur d'emplois	Bioéconomie écologique ● ★ Stabilisation de la production agricole et rémunération des services écologiques rendus par l'agriculture. Limitation des intrants, sobriété et recyclage sont encouragés par les pouvoirs publics	Bioéconomie repoussoir ■ Rejet par les citoyens/consommateurs en raison des désagréments. Efforts de sensibilisation des pouvoirs publics. Innovations industrielles pour faire progresser le tri aval et la valorisation, en limitant les contraintes pour les particuliers	
Microscénarios	1- Décalage discours/action ■	2- La France agricole ▲	3- Engagement écologiste ★	4- Priorité au climat ●

	Microscénario 1	Microscénario 2	Microscénario 3	Microscénario 4	Microscénario 5
Contexte international	Ralentissement généralisé ●	Changement de modèle européen ▲	Croissance, dérégulation, mondialisation ✕★	Sauvé par les technos ✕■	Replis nationaux ●
Contexte national	La France Agricole ★	Engagement écologiste ▲	Décalage discours/action ✕●★	Priorité au climat ■	
Modes de production et de consommation	EC portée par des initiatives locales et citoyennes ●	EC poussée pv publics (État) ▲	Conso et rentabilité, pas d'EC ★	EC portée par les entreprises ▲■	EC contrastée ✕
Scénarios globaux	1- EC mondialisé ■	2- Volontarisme politique européen ▲	3- Mondialisation linéaire ★	4- Transition contrainte gérée localement ●	5- EC à plusieurs vitesses (selon filières)* ✕

* Scénario 5 abandonné

Les scénarios

Scénario 1. Économie circulaire portée par la mondialisation

Grandes lignes / Logique générale

L'économie circulaire se développe à l'échelle mondiale, portée par des acteurs privés. Il s'agit d'un modèle économique qui s'est imposé à tous et dans lequel les consommateurs trouvent leur intérêt. Il est rendu possible par des innovations technologiques majeures permettant de découpler la croissance économique, qui se poursuit, et la consommation de ressources. Ces innovations permettent également de mettre en œuvre des énergies renouvelables qui se substituent aux énergies fossiles. Cette transition s'opère dans un contexte de concurrence et de course à l'innovation entre grands opérateurs. Elle est conforme aux attentes des consommateurs, sensibles aux aspects vertueux de cette mutation des modes de production et de consommation. Les pouvoirs publics soutiennent l'économie libérale et se contentent d'accompagner une économie circulaire portée par les entreprises.

Déroulé

Le choc culturel entre les entreprises technologiques – en particulier les GAFAM et les NATU – et leurs homologues des secteurs plus traditionnels (énergie, matériaux, BTP, etc.) s'est finalement révélé fructueux, débouchant sur l'émergence de quelques géants (présents dans l'industrie comme dans les services), qui sont nés de ces alliances entre ancien et nouveau mondes. L'alliance de la créativité des nouvelles technologies et de l'expérience industrielle, ainsi que la mobilisation de capitaux énormes, ont permis le développement de travaux de recherche sur des technologies innovantes. C'est ainsi qu'un choc technologique est né de deux découvertes de grande portée :

- Le développement de plusieurs familles de matériaux composites thermoplastiques, très facilement recyclables à un coût énergétique raisonnable : ils associent des matériaux carbonés (qui deviennent ainsi recyclables presque à l'infini, y compris

sous leurs formes fibreuses) à des composés métalliques disponibles en quantités relativement limitées sur Terre. Cependant, la disponibilité limitée de ces métaux impose une écoconception de la plupart des biens d'équipements et de consommation produits à partir de ces composites, et donc de développer les 3 R : Réduire, Réutiliser, Recycler ;

- La capacité à utiliser des matériaux carbonés²⁶⁰ pour un stockage plus efficace de l'énergie – par rapport aux batteries mettant en œuvre des composés métalliques. La ressource pour fabriquer les piles et accumulateurs est particulièrement disponible et le poids a été fortement allégé, ce qui ouvre de nouvelles possibilités de mobilité.

Découplage entre croissance et consommation de ressources

Ces innovations technologiques majeures, parmi bien d'autres, contribuent à une sobriété nouvelle dans la consommation des ressources et de l'énergie pour la transformation de la matière. On assiste donc à un découplage entre croissance économique et consommation de matières premières (en particulier pour les sources d'énergie d'origine fossile). Elles permettent notamment l'accession à la consommation de zones très peuplées comme l'Asie, ou en forte expansion démographique comme l'Afrique. La dynamique qu'elles engendrent assoit la primauté de l'initiative privée sur la régulation initiée par les États, d'autant plus que les nouveaux modes de gouvernance qu'elles ont développés prennent en compte les consommateurs, qui en ont ressenti rapidement les effets bénéfiques sur l'emploi, la qualité de l'air, le traitement des déchets... Pour autant, à l'échelle mondiale, des zones d'ombre subsistent encore : de nombreux pays peinent à générer suffisamment de richesses pour augmenter le niveau de vie de leur population. En particulier, l'accès à l'énergie peut encore être difficile pour une part importante de leurs populations.

Modes de consommation et de production en mutation

Pourtant, dans les pays ayant bénéficié de ces progrès, la sobriété permise par ces nouveaux procédés s'est conjuguée avec de nouvelles habitudes de consommation plus frugales : on assiste à un essor massif de l'économie du partage et de l'usage, par exemple dans les secteurs de la mobilité ou des biens de consommation. Cette transition est bien acceptée dans les pays riches, malgré les habitudes de consommation linéaire acquises par le passé. La digitalisation et l'organisation de la production sont conçues dans l'esprit d'une organisation complètement globalisée, mais elles sont déclinées localement, en prenant en compte les spécificités des régions du monde. C'est à cette échelle de quelques millions d'habitants que l'efficacité de cette nouvelle économie se révèle la meilleure : mutualisation des ressources, développement des coopérations entre acteurs économiques – y compris les consommateurs –, mise en place des filières de maintenance et de traitement des déchets, etc. Pour autant, les instances de décision restent centralisées au niveau mondial dans les grandes entreprises technologiques, au détriment de l'influence exercée par les États, mais aussi par les échelons locaux, même si des mécanismes de concertation, en particulier avec les consommateurs, sont systématiquement mis en œuvre.

²⁶⁰ Des précurseurs : <https://www.zapgo.com/> ; <http://www.nawatechnologies.com/> ; <https://www.grabat.es/#grabat>

Les géants mondiaux ont poursuivi leurs investissements dans le domaine du *B to C*, de façon à bénéficier de systèmes informatiques permettant un lien direct avec le consommateur, et de favoriser le transfert de la propriété vers l'usage. Cela leur a permis de préempter le champ du *C to C*, par exemple par le développement de plateformes d'intermédiation entre fournisseurs et clients, au détriment d'une organisation prise en charge directement par les acteurs de l'économie sociale et solidaire, et les consommateurs eux-mêmes.

L'influence de ces poids lourds se fait aussi sentir dans d'autres domaines structurants de l'activité économique :

- Une réorganisation des circuits et des pratiques en matière de logistique, tant au niveau local qu'au niveau national ou international, de façon à optimiser les flux de marchandises. Cette action est facilitée par une rationalisation des lieux de production, qui intègre dans les logiques d'implantation la contrainte des échanges nécessaires entre les différentes industries et services. Plus globalement, dans ce domaine, on assiste à la constitution progressive de l'Internet physique ;
- En matière d'énergie, les capacités de stockage accrues grâce aux nouvelles technologies favorisent le couplage au réseau de sources de puissance intermittentes et donc des énergies renouvelables (éolien et photovoltaïque). Ces capacités de stockage sont désormais utilisées pour gérer les pics de consommation avec un recours bien moindre aux centrales à énergie fossile. La part du nucléaire reste globalement constante : il est prévu que l'ajustement entre la part du nucléaire et celle des renouvelables se fasse progressivement ;
- Le développement de techniques de culture considérées comme plus vertueuses (diminution des intrants, développement de techniques de culture permettant une lente remédiation des milieux et une séquestration du carbone atmosphérique, etc.) ;
- Dans une économie notamment structurée autour des 3 R, les opérateurs ont développé des boucles permettant de gérer l'ensemble des cycles de vie des produits et en prolongent la durée, par exemple avec le développement de la maintenance prédictive. Toute une économie de la collecte et du traitement (réemploi, recyclage) s'est mise progressivement en place : les dispositifs de prise en charge des déchets sont très variés et sont avant tout conçus pour la valorisation. C'est un secteur de coopération entre les géants, qui déterminent les normes, et les acteurs locaux (économie sociale et solidaire, PME, consommateurs), qui jouent un rôle de proximité.

Finalement, le caractère circulaire croissant de l'économie et son pilotage par des entreprises imprégnées des principes de la « nouvelle économie » a eu pour effet de modifier le paysage de l'emploi, en augmentant ses formes et ses modes d'organisation dits « atypiques ». La mondialisation des chaînes de valeur s'accroît et, avec elle, la dépendance des PME et des travailleurs indépendants vis-à-vis des grands donneurs d'ordres, qui dominent de façon écrasante l'économie (GAFAM, NATU et grands opérateurs de l'économie « traditionnelle »).

Modes, circuits et acteurs de la production en 2040

En 2040, une fusion de l'économie de marché et de l'économie circulaire s'est opérée. Elle aboutit à une économie hybride, reposant toujours sur la société de consommation mais avec une plus grande sobriété dans l'usage des ressources et des équipements. L'ensemble du cycle de vie des produits est pris en charge par les multinationales, qui favorisent l'économie de fonctionnalité et le recyclage. Les chaînes de valeur mondiales sont complétées par un maillage national et local complexe, associant les consommateurs, les PME et l'économie sociale et solidaire, permettant la logistique des produits et des déchets. Les produits circulent en effet régulièrement, pour être réparés, échangés, recyclés... La consommation mondiale de ressources parvient ainsi à se stabiliser progressivement ; en revanche, la consommation d'énergie continue à augmenter, même si c'est à un rythme moins soutenu et porté par le développement d'énergies renouvelables.

Scénario 2. Volontarisme politique européen

Grandes lignes / Logique générale

L'économie circulaire se développe fortement en Europe du Nord et occidentale : cette région du monde joue un rôle moteur dans son développement. Le reste du monde, pour différentes raisons (opportunité considérée comme faible, manque de moyens financiers et techniques, autres priorités, etc.), ne suit pas immédiatement cette transition européenne. En Europe, celle-ci est motivée avant tout par l'instabilité géopolitique mondiale, l'évolution du climat, les questions d'approvisionnement en ressources importées et des crises conjoncturelles. Elle est rendue possible par une politique ambitieuse, articulée entre les échelons européens, nationaux et régionaux. À l'horizon 2040, l'Europe, qui a opéré sa mutation, se trouve dans une situation plus favorable par rapport aux autres continents, qui ont engagé les mutations plus tardivement.

Déroulé

La survenue de plus en plus fréquente de phénomènes climatiques extrêmes, de crises géopolitiques et migratoires, provoque une montée des inquiétudes chez les citoyens européens : ils ressentent de plus en plus fortement une perte de *leadership* économique et une dépendance vis-à-vis de pays extérieurs à l'Europe. C'est finalement une série de cyberattaques, menées contre des cibles industrielles avec des conséquences vitales sur les travailleurs et sur les populations riveraines, qui emportera la décision : l'Europe décide de se prémunir face aux risques associés à la mondialisation, de s'assurer un maximum d'indépendance dans la gestion de ses ressources et de limiter les échanges de données numériques avec le reste du monde. Ce repli ne s'effectue pas en une seule fois, mais progressivement durant deux décennies.

Une recherche d'autonomie qui favorise l'économie circulaire

Dans un premier temps, la transition s'opère avec lenteur et difficulté. Cette relocalisation partielle, ainsi que le recours à des nouvelles technologies, a pour effet d'augmenter les prix et de baisser le pouvoir d'achat. L'isolement de l'Europe pèse sur son développement économique à court terme. Cependant, le modèle de l'économie circulaire est de plus en plus perçu comme solution à l'isolement, et il est soutenu par différents acteurs, notamment les pouvoirs publics. Ce soutien a pour objets et conséquences concrets :

- La recherche de nouveaux matériaux, nouveaux processus de fabrication, nouvelles technologies pour l'énergie, afin de réduire la dépendance en termes de ressources (matières minérales, énergies fossiles, produits agricoles). Même si les importations de métaux, par exemple, ne peuvent être arrêtées brutalement, les flux²⁶¹ sont diminués ;
- Une relocalisation de la chaîne de valeur, afin de conserver les compétences et les savoir-faire : il s'agit de diminuer la dépendance à l'externalisation de la production et de rapatrier des activités stratégiques en Europe. Par exemple, des objectifs sont fixés pour la fabrication de l'ensemble des composants intégrés dans le montage des

²⁶¹ <https://www.industrie-techno.com/metaux-rares-l-industrie-se-prepare-au-regime-sec.52687>

biens d'équipement ou de consommation. Ainsi, 50 % des composants d'un smartphone doivent être fabriqués en Europe à échéance de 4 ans, 75 % au bout de 8 ans, et 90 % au bout de 12 ans ;

- Une maîtrise renforcée et une limitation des échanges de données avec le reste du monde, tout en optant pour une industrie cybernétique équipée pour la lutte contre la cybercriminalité.

Ces choix tendent vers davantage de sobriété dans l'utilisation des matières premières et visent à limiter l'extension spatiale des circuits de production et d'échange. Ils font une large place à l'économie de la fonctionnalité et constituent les prémices d'une transition vers une économie circulaire.

Usines du futur relocalisées

En Europe, la relocalisation industrielle s'opère notamment par l'implantation d'usines du futur. Celles-ci se traduisent par une montée en puissance de la robotisation et des échanges de données protégées, et induisent une nécessaire montée en compétences des travailleurs. Parmi les principaux domaines en croissance, on compte notamment de nouvelles technologies, plus performantes écologiquement, techniquement et énergétiquement. D'autre part, la consommation de services est tirée par une population de seniors de plus en plus nombreuse (loisirs, tourisme, santé, aide à la personne).

En termes sociaux, la transition vers l'économie circulaire reste controversée. Une part de la population, qui aurait préféré la poursuite du mode de vie linéaire, l'associe à des changements plutôt négatifs de ses modes de consommation pour un bénéfice hypothétique à long terme.

Mutations de l'économie française

Des politiques d'incitation et d'accompagnement à ces mutations techniques et organisationnelles se mettent en place à différents échelons : européen, nationaux, régionaux, locaux. En France, les acteurs locaux – publics comme privés (notamment *via* l'économie sociale et solidaire) – jouent un rôle important, ainsi que certaines grandes entreprises *via* des partenariats publics privés.

- La vente de l'usage et l'économie de partage se développent, encouragées par des incitations de la part des pouvoirs publics. Les biens de consommation deviennent plus durables, leur conception intègre les logiques de réparation, de réutilisation de leurs composants, et de recyclage des matériaux en fin de vie du produit. On assiste en particulier au développement d'une économie de la débrouille, fondée sur des échanges, de la réparation, et de l'auto-consommation, qui permet de compenser en partie la baisse générale de pouvoir d'achat enregistrée ;
- La réorganisation substantielle des modes de production, notamment le développement de symbioses industrielles, permet de rationaliser les flux de marchandises dans un contexte où la part des échanges intra-régionaux augmente par rapport à celle des échanges internationaux. Cela passe notamment par une rationalisation des lieux de production, intégrant les contraintes liées à la logistique, puisque les économies d'énergie deviennent une nécessité ;

- En matière d'énergie, la volonté de diminuer le recours aux énergies fossiles importées se traduit par une importance renforcée du nucléaire, en attendant une montée en puissance des énergies renouvelables. Il est prévu que l'ajustement entre la part du nucléaire et des renouvelables se fasse progressivement dans le temps, en fonction des contraintes liées aux pics de consommation et en fonction des considérations économiques ;
- La sobriété est également de mise en agriculture, avec un renforcement des circuits courts et une limitation des intrants chimiques, une réduction de l'élevage et l'essor de l'agroforesterie, avec pour objectif une restauration progressive de la qualité des milieux. La productivité et les exportations – dans un contexte de recul du commerce mondial – diminuent. Le revenu des agriculteurs n'est plus seulement lié à la production, il comporte une composante significative de « services écologiques rendus », d'autant plus marquante que les bioénergies se sont fortement développées pour compenser la diminution des importations de composés carbonés fossiles ;
- Dans une économie structurée par les 3 R, l'économie marchande de la collecte et du traitement (réemploi, recyclage) s'est amplifiée. Elle est organisée selon une logique de coopération entre les entreprises et les collectivités locales : les dispositifs pour la collecte, le transport et le traitement des déchets sont donc très diversifiés et avant tout conçus pour la valorisation. L'ambition est très forte puisque, par exemple, les techniques de construction ont évolué pour permettre un tri au moment de la déconstruction, permettant le recyclage de plus de 90 % des matériaux, autrement que sous forme de remblai ou pour le réaménagement de carrières. Le consommateur est acteur de cette gestion (REP²⁶², tri sélectif poussé en amont, etc.).

Le travail connaît une évolution au cours de la période, avec une profonde modification des tâches à effectuer et une nécessaire adaptation des formations initiales et continues, dans lesquelles les entreprises et les pouvoirs publics jouent un rôle important. La structure de l'emploi change assez peu, avec une forte prédominance du contrat à durée indéterminée. Parallèlement, on note une croissance du travail informel, cette forme de travail venant en complément des salaires en baisse : réparation, achat-vente d'occasion, autoproduction.

Modes, circuits et acteurs de la production en 2040

Les chaînes de valeur se recentrent dans diverses grandes régions de la planète : c'est notamment le cas pour l'Europe, qui devient plus autonome dans la production, la commercialisation et la gestion de la fin de vie de ses produits, mais aussi pour l'agriculture et la production d'énergie. Les produits sont globalement plus durables et à plus forte valeur ajoutée. Mais cette transition prend du temps et peut s'accompagner d'un essor d'une économie plus informelle, reposant sur la débrouille, l'échange de services et l'achat-vente d'occasion entre particuliers.

²⁶² REP : Responsabilité Élargie des Producteurs, auxquels est attribuée la responsabilité de gestion des déchets finaux ou intermédiaires générés par les produits qu'ils ont fabriqués ou mis sur le marché

Scénario 3. Mondialisation linéaire

Grandes lignes / Logique générale

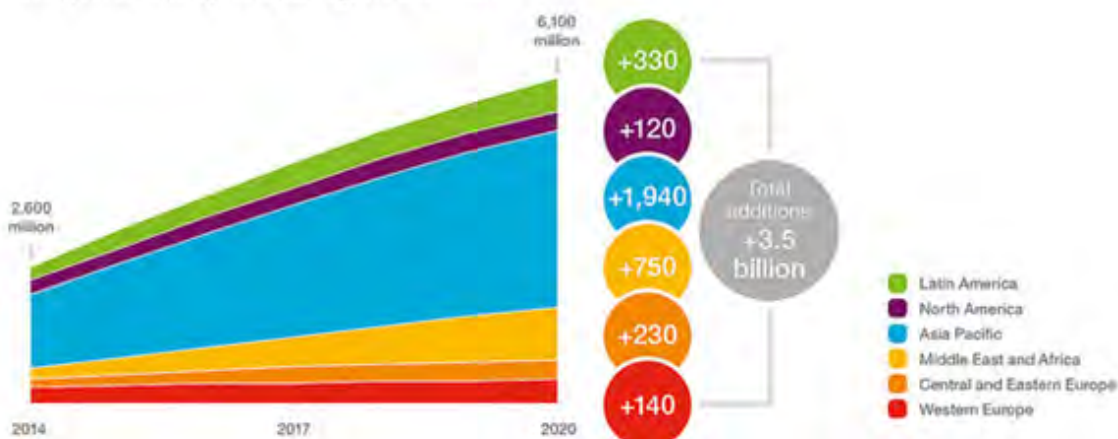
La situation décrite dans ce scénario correspond à un rejet de l'économie circulaire. La priorité des acteurs économiques, des consommateurs et des pouvoirs publics reste la poursuite de la croissance économique et de la consommation, en particulier dans les zones Asie et Afrique. À l'horizon 2040, l'humanité consomme toujours plus de ressources et génère toujours plus de pollutions. Cela conduit à des pénuries, voire à une aggravation des tensions sociales, économiques et politiques, mais aussi à une accentuation des changements climatiques et des dégradations des écosystèmes. Face à ces évolutions, seules des actions ponctuelles de réparation sont mises en œuvre par les acteurs publics et privés, en faisant appel au développement technologique pour optimiser la consommation de ressources et, dans une moindre mesure, en limiter les impacts environnementaux négatifs.

Déroulé

Une croissance tirée par les pays en développement...

Dans un contexte d'augmentation de la population et du revenu par habitant dans les zones Asie et Afrique, la consommation mondiale de ressources croît fortement. Les entreprises investissent dans de nouvelles technologies favorisant la captation de données clients et facilitant une approche marketing de plus en plus précise et efficiente, poussant le client à l'achat de produits sans cesse renouvelés. Les nouvelles classes moyennes adoptent alors des modes de consommation « à l'occidentale » et ne souhaitent pas se restreindre, tandis que les pays riches n'ont toujours pas adopté de politiques sérieuses d'économie des ressources. Certes, une partie des consommateurs de ces pays ont pris conscience des enjeux environnementaux et modifient leurs comportements vers plus de sobriété, mais cela n'a que peu de poids face à l'essor de la demande en Chine, en Inde ou en Afrique. La recherche dans toutes ces régions d'une croissance économique permettant de réduire la pauvreté produit des dizaines de millions de nouveaux adeptes de la société de consommation. Dans une économie mondialisée, ces nouvelles cohortes de consommateurs entendent bien jouir de leur nouvelle situation économique et adoptent des modes de consommation hyper connectés. Ils s'équipent avant tout d'équipements électroniques (toujours plus performants), d'objets connectés et pratiquent le e-commerce à haute dose. Pour répondre à ce marché gigantesque, les grandes entreprises décident de poursuivre leurs investissements dans la production de masse et dans un contexte de mondialisation des échanges qui a déjà prouvé son efficacité.

Smartphone subscriptions per region 2014–2020



Source : Ericsson report, 3 juin 2015.

... qui commence à atteindre ses limites technologiques

Les équipements technologiques continuant de se multiplier, le productivisme minier s'accroît pour pouvoir fournir les métaux nécessaires à ce développement. De nouvelles méthodes d'extraction permettent d'exploiter des gisements à plus faible teneur. Dans la lignée des techniques d'extraction de pétrole et de gaz par fracturation hydraulique, ces méthodes visent avant tout à accroître la productivité au prix d'importants dégâts environnementaux. Ces derniers se manifestent essentiellement dans des zones à faible densité de population ou dans des pays dont les gouvernements assument ces choix (Chine, Russie, Australie...).

Toutes les capacités d'innovation sont mobilisées pour produire toujours plus, et le moins cher possible (massification), dans une logique de bénéfice court terme. La mondialisation de l'économie s'accroît encore et les transports de matières et produits n'ont jamais été aussi importants. Pour faciliter les échanges inter-entreprises, la normalisation prend petit à petit le pas sur des réglementations qui n'arrivent plus à suivre. Les États confient aux structures privées le soin de réguler les flux physiques et techniques. Les emplois précaires se multiplient dans les pays en développement, tandis que l'Europe poursuit sa désindustrialisation. Les premiers retours sur investissement des projets d'usines du futur sont jugés insuffisants par les investisseurs, qui maintiennent leur préférence pour les projets reposant sur une main-d'œuvre bon marché toujours disponible dans certains pays.

L'économie circulaire hors du jeu

Dans une économie privilégiant le jetable à bas prix, le 3 R ne décolle pas, personne ne souhaitant assumer le coût de la mise en place des filières nécessaires pour le structurer. Quelques boucles de RRR sont mises en place par de grands opérateurs (en interne ou entre eux), avant tout pour répondre à des difficultés d'approvisionnement qu'ils rencontrent de plus en plus souvent. Des progrès importants sont faits en matière d'économies d'énergie (aussi bien dans les processus industriels qu'au niveau de la consommation des ménages), mais ils sont compensés par une demande en hausse, et

les niveaux de production sont maintenus pour soutenir la croissance.

De même, les solutions de mobilité partagée ne s'institutionnalisent pas, en raison du manque d'investissement dans les infrastructures nécessaires à leur essor. Les retours sur investissement des tentatives privées sont jugés trop lents, conduisant à leur abandon, et les collectivités ne sont pas en mesure de financer ces projets.

Déchets et agriculture : l'innovation au service de la rentabilité

Sans être objets de politiques de réduction à la source, les déchets sont plutôt pris en charge dans des logiques quantitatives, visant à réduire le coût de leur traitement. Ceux du BTP sont réutilisés avec un minimum de transformation ; seules des filiales REP ayant atteint l'équilibre économique (en raison de l'augmentation des prix de certaines matières premières) se maintiennent. Dans ce cas, des technologies innovantes peuvent être déployées pour augmenter les taux de recyclage et la qualité des matières issues du recyclage.

La priorité est donnée à une agriculture intensive pour répondre à l'explosion de la demande en produits alimentaires transformés à travers le monde. On assiste au *boom* de l'industrialisation de l'agriculture, de grandes entreprises faisant l'acquisition de nombreuses terres agricoles à travers le monde afin d'en rationaliser et d'en maîtriser l'exploitation. De nombreuses innovations sont mobilisées dans ce cadre, combinant l'usage d'OGM, de pesticides et l'automatisation d'un maximum de tâches, et visant notamment des économies d'eau et le maintien de la fertilité des sols. Ces évolutions poussent vers un accroissement des exploitations en surface et en densité (comme la ferme des milles vaches). Cet agrobusiness, qui conduit à un recul des cultures vivrières paysannes, ne manque pas de susciter des phénomènes de rejets chez une partie des consommateurs. Celui-ci s'accompagne de nouvelles avancées en matière de logistique agroalimentaire, permettant de répondre aux besoins croissants de transport de produits transformés vers les zones de consommation. Certaines grosses exploitations développent leur autonomie énergétique grâce à des procédés comme la méthanisation, mais l'exploitation des déchets organiques des ménages – plus diffus – stagne, celle-ci étant souvent jugée insuffisamment rentable ou porteuse de nuisances.

Une concurrence libre et non faussée... soumise à la rentabilité à court terme

Les entreprises rationalisent et massifient les flux dans tous les domaines où c'est rentable, comme l'agroalimentaire ou les produits de grande consommation. Le travail y est extrêmement prescrit et contraint. Mais certains secteurs, non rentables, ne sont pris en charge que par des acteurs de l'ESS, des collectivités et des indépendants *via* des plateformes. C'est par exemple le cas pour l'artisanat de proximité, la livraison du dernier kilomètre, ou l'aide à la personne. Dans ces secteurs, c'est un *C to C* accompagné qui prédomine, aux frontières du travail social et du bricolage.

Les pouvoirs publics français et européens restent contraints par des considérations à court terme et par l'instabilité de la compétition politique. Ils se recentrent sur le régalién et, en particulier, ne prennent aucune mesure susceptible d'avoir un impact négatif sur l'emploi. Leurs discours sur le climat et l'épuisement des ressources ne sont pas accompagnés de décisions à même de modifier la donne. Les énergies renouvelables sont encouragées, mais le maintien du nucléaire et des énergies fossiles est considéré comme

indispensable, pour faire face aux pics de consommation, mais aussi – et peut-être, surtout – pour ne pas avoir à faire face à la question du démantèlement des centrales, dont le coût fait peur (y compris en termes d'emploi). En parallèle, une véritable action publique transnationale cohérente peine à émerger.

En cours de période, des tensions sur les marchés entraînent des phénomènes de pénuries. Certaines filières sont mises à mal et les coûts de transport en augmentation perturbent les flux logistiques. Les conflits autour des questions d'approvisionnement et d'échanges commerciaux s'accroissent au niveau international, et provoquent des crises plus ou moins ponctuelles.

Modes, circuits et acteurs de la production en 2040

Les modes de production restent très largement mondialisés, et répondent aux besoins de consommation des pays dans lesquels le niveau de vie est en croissance. La croissance économique reste une priorité absolue : elle conduit à une concentration croissante des acteurs économiques, des destructions d'emplois, des pénibilités renforcées dans le secteur de l'extraction dans les pays d'Asie et d'Afrique, et des dégradations environnementales. Dans le même temps, les progrès technologiques permettent aussi de supprimer certains emplois pénibles dans les pays riches, et d'y limiter les impacts environnementaux.

Dans ce scénario, le monde du travail se fragmente. Une part importante des activités qui restent localisées est automatisée, au détriment d'emplois peu qualifiés, aussi bien dans l'industrie que dans les services. Une partie des opérateurs est impliquée dans des chaînes de production mondialisées et fortement automatisées, soumises à une prescription forte. Une partie plus faible de travailleurs très qualifiés sur des compétences utiles aux mutations précitées se retrouve dans une position assez favorable. *A contrario*, une partie importante de travailleurs est exclue de ces circuits et vit d'emplois de proximité, faiblement qualifiés et rémunérés. En cours de carrière, les travailleurs peuvent glisser des deux premiers groupes vers le troisième, au gré des évolutions techniques et conjoncturelles. Le cheminement inverse est beaucoup plus rare.

Scénario 4. Transition gérée localement

Grandes lignes / Logique générale

Les impacts du changement climatique et des pollutions environnementales se font de plus en plus violents et massifs, poussant les citoyens à faire pression sur les pouvoirs publics. Mais les États ne parviennent pas à s'accorder sur des objectifs ambitieux assortis de plans d'actions coordonnés. Bien que certaines entreprises s'engagent progressivement dans l'économie circulaire, y voyant une opportunité de croissance en réponse aux attentes des opinions publiques et aux crises environnementales, une partie des citoyens fait le choix d'une « auto-organisation frugale ». Des écosystèmes locaux de transition se multiplient autour de citoyens, de collectivités locales et d'acteurs économiques. Les productions locales, le réemploi et la sobriété sont privilégiés : la mondialisation de l'économie est de plus en plus rejetée. Mais, souvent, la sobriété s'impose de manière contrainte plus qu'elle n'est positivement choisie.

Déroulé

Un système de production victime de sa propre fuite en avant

La mondialisation de la production de biens et services est de plus en plus entravée par une instabilité géopolitique mondiale. Les barrières douanières se multiplient, tandis que des barrières comparables s'érigent dans le domaine numérique en raison de cyberattaques de plus en plus menaçantes. Les phénomènes de raréfaction des ressources, notamment minérales, s'accroissent, et la combinaison de pénuries sur les matières premières et de barrières douanières provoque un ralentissement de l'essor des technologies de l'information et de la communication. Le développement de ces dernières est également entravé par l'augmentation de la cybercriminalité et le renforcement de leur encadrement réglementaire qui en découle. D'autre part, la défiance à l'égard des multinationales s'exacerbe à la suite de plusieurs scandales : fuites de documents mettant en évidence des stratégies délibérées d'obsolescence programmée, dissimulations de contaminations de produits, problèmes de santé des travailleurs et de santé publique...

L'augmentation des prix des énergies fossiles entraîne de sérieuses difficultés économiques liées au renchérissement des coûts de transport et de logistique. Les coûts de production augmentent, et les prix du chauffage, de l'alimentation, de l'ensemble des biens et services connaissent une hausse importante pour des populations qui ont du mal à trouver des emplois stables. Les effets sont accentués par des pénuries sur certains métaux nécessaires à l'essor des technologies alternatives : énergies renouvelables, stockage d'électricité, composants des équipements informatiques et des robots.

En raison du renchérissement général des prix et de certaines pénuries, de grosses tensions apparaissent sur le budget des consommateurs.

L'incapacité des acteurs traditionnels à s'adapter à la nouvelle situation

L'augmentation très rapide du nombre de catastrophes naturelles et industrielles au cours des deux prochaines décennies, celles-ci touchant aussi bien les pays pauvres que les

riches, a entraîné une prise de conscience des citoyens, qui demandent des actions fortes aux pouvoirs publics. Ces derniers sont déstabilisés par la dégradation de l'environnement et ses événements extrêmes, dont ils sont témoins sans arriver à trouver de leviers d'action significatifs. La transition vers les énergies renouvelables est encouragée dans les discours. Un effort de sécurisation du parc nucléaire est réalisé afin que son maintien, jugé nécessaire, soit accepté. Leurs interventions les plus fortes et efficaces visent les économies d'énergie, notamment en imposant des critères stricts pour les nouvelles constructions et en réglementant les flux logistiques pour limiter les émissions et les nuisances.

Poussées par l'opinion publique, certaines entreprises intègrent localement les principes de l'économie circulaire. L'économie locale favorise les plus petites entreprises, plus aptes à changer rapidement de cap, tandis que la robotisation des procédés et la mise en place de techniques assurant la traçabilité des produits et de leurs composants s'installent dans les nouvelles usines de quelques grands groupes. Ceux-ci ont eu la capacité d'adapter leurs modes de production à cette nouvelle donne et ont fait le choix de la relocalisation de leurs activités : ils conçoivent et fabriquent différemment.

Une réaction des consomm'acteurs qui s'organisent peu à peu

Dans ce contexte de crises économique et climatique, d'instabilité internationale et d'attentisme politique, l'économie circulaire se développe malgré tout, pour pallier les difficultés rencontrées. Ces transformations sont avant tout portées localement par un engagement des citoyens et des collectivités – notamment les régions –, qui veulent préserver un cadre de vie et une capacité de consommation décentes. Par exemple, les produits et emballages non recyclables peuvent même faire l'objet d'actions de boycotts. Largement suivies, celles-ci sont très efficaces vis-à-vis des fournisseurs. De nouveaux imaginaires et projets de société sont aussi mis en avant, pour rejeter le modèle de la société de consommation. Il s'agit de construire des sociétés plus respectueuses de l'environnement et des individus, et pour cela moins portées sur la consommation de biens matériels. Néanmoins, la mise en place de ces nouveaux modèles se fait de manière disparate selon les niveaux d'implication des citoyens et des collectivités locales, qui sont les principaux acteurs de ces changements.

Préservation et sobriété

La préservation, voire la restauration des sols sont devenues des priorités, alors que les pratiques agricoles évoluent fortement pour privilégier les circuits courts et les productions locales. Les techniques de permaculture se développent et l'élevage intensif recule, de même que le recours massif aux intrants chimiques. Ces évolutions sont encouragées par les collectivités qui les accompagnent, notamment par des actions de pédagogie auprès des populations (évolution des régimes alimentaires, saisonnalité, modification des circuits d'approvisionnement des cantines scolaires).

De la débrouille à l'organisation locale et sectorielle

Les modes de consommation évoluent vers plus de sobriété, notamment en raison de la baisse du pouvoir d'achat des ménages. Économie de l'usage et du partage se développent

grâce à leur engagement, et en appui de PME à même de répondre aux besoins et aux spécificités des territoires. Dans certaines filières, « l'usine du futur » relocalisée a favorisé les partenariats entre entreprises pouvant partager des ressources, leur rapprochement physique permettant également à l'économie circulaire de se déployer (symbioses industrielles). Ce ne sont plus des multinationales qui proposent des solutions clés en main, mais des acteurs faisant la promotion d'initiatives locales (éventuellement partagées ou reprises entre territoires), qui font émerger des dispositifs innovants, reposant plus sur les besoins et l'implication des populations locales. Le 3 R et les *low-tech* se développent sous l'impulsion des acteurs de l'ESS et de PME, et l'écoconception progresse. Cela se traduit notamment par l'émergence de lieux hybrides combinant ressourceries et *fablabs*. Ces espaces de proximité jouent un rôle de plus en plus important :

- Ils sont au cœur des circuits de récupération, réemploi, réparation ;
- Ils fonctionnent en mode collaboratif – souvent avec le soutien des collectivités qui peuvent par exemple mettre à disposition le lieu –, peuvent être gérés par des associations mais aussi donner leur place à des TPE ou des travailleurs indépendants. Ils sont aussi des lieux de rencontre, et on peut y pratiquer le troc ou y utiliser des monnaies locales ;
- Ils permettent de mutualiser un certain nombre d'équipements *high-tech* devenus trop coûteux pour des particuliers, comme des imprimantes 3D sophistiquées ou de l'outillage, et les compétences pour les utiliser y sont partagées ;
- Bien qu'implantés localement, ces espaces ne sont pas isolés : ils sont interconnectés et les échanges entre eux sont intenses (partage d'idées, retours d'expérience, mutualisation de bases de données de pièces de rechange), ce qui augmente ainsi leur capacité d'innovation, notamment dans la diffusion de *low-technologies*.

Ces espaces jouent également un rôle dans la réduction des gisements de déchets : ils sont équipés et connectés pour servir de relais avec les différentes filières de traitement. Les consommateurs ne jettent pratiquement plus rien. La réparation et la revente se développent (en partie *via* les espaces cités ci-dessus). Les déchets organiques sont pris en charge et utilisés localement, et il existe des filières de valorisation pour pratiquement tout type de matière.

Une pérennisation des initiatives locales confrontée à des résistances

Parties d'initiatives militantes locales, ces organisations territoriales, au départ marginales, se déploient rapidement en cours de période, car elles sont le support concret qui permet une évolution des comportements à laquelle une part de plus en plus importante des citoyens aspire. Ces derniers, voyant leur pouvoir d'achat diminuer, assistant à l'aggravation des impacts environnementaux de la société de consommation et étant de plus en plus défiants vis-à-vis des multinationales et des pouvoirs publics centralisés, s'engagent massivement dans ces évolutions permettant une plus grande sobriété et une meilleure visibilité sur les circuits de matière et de biens. Des disparités s'accroissent entre les territoires selon leur situation et le niveau d'implication des citoyens. Certains n'acceptent pas les conséquences qu'induisent ces évolutions en termes de consommation, qu'ils assimilent à une régression. L'augmentation des prix, voire la raréfaction de certains produits de grande consommation importés (comme les fruits exotiques, voire le café ou le chocolat) et les désagréments induits par les nouveaux modes de traitement des déchets leur sont insupportables.

Modes, circuits et acteurs de la production en 2040

Ce scénario se traduit par une relocalisation quasi systématique des chaînes de valeur à des échelles nationales, voire régionales et locales. Globalement, la fabrication de produits neufs à impact environnemental négatif diminue, les consommateurs privilégiant les productions locales, durables, et la réutilisation. Les formes d'emploi et de rémunération évoluent avec une augmentation de la pluriactivité, de l'ESS, mixant salariat, travail indépendant et bénévolat. C'est l'action au niveau local qui sert de moteur à l'économie.

Enjeux de santé et sécurité au travail

À partir des scénarios établis au cours de l'exercice, une réflexion a rassemblé les membres du groupe projet et des experts de l'INRS²⁶³, dont l'objectif était d'identifier les conséquences en santé et sécurité au travail des différentes hypothèses formulées. Cette réflexion ne pouvait bien sûr pas être exhaustive, compte tenu de l'ensemble des secteurs impactés et des risques potentiels. Elle s'est donc focalisée sur certains principes d'organisation de la production et certains exemples que les experts ont considéré comme représentatifs des changements à venir et des principaux enjeux auxquels le monde de la prévention des risques professionnels devrait être confronté. On trouvera donc davantage de questions que de réponses dans cette partie, mais autant de questions dont le suivi pourrait constituer un bon indicateur des évolutions à venir.

263 Contributeurs INRS : Nicolas Bertrand, Séverine Brunet, Pierre Canetto, Laurent Claudon, Christine David, Fabien Gérardin, Nathalie Guillemy, Patrick Laine, Jacques Leïchlé, Stéphane Miraval, Bernard Siano, Eric Silvente.

I. L'économie circulaire : de nouveaux process et produits qui obligent à repenser leur conception

Modification des process

Le principe même de l'économie circulaire implique non seulement un nouveau modèle économique, mais aussi des transformations des modalités opératoires à toutes les étapes de la vie d'un produit. Toutes les fonctions intervenant à chacune de ces étapes sont impactées : marketing, recherche et développement, intégration des services associés aux produits, méthodes et prototypage, achats/approvisionnement, commercial, planification/ordonnancement /gestion des flux et des stocks, fabrication, conditionnement, transport/logistique, qualité, et maintenance. Pour s'inscrire dans une économie circulaire, les entreprises devront ainsi modifier de nombreux métiers en profondeur.

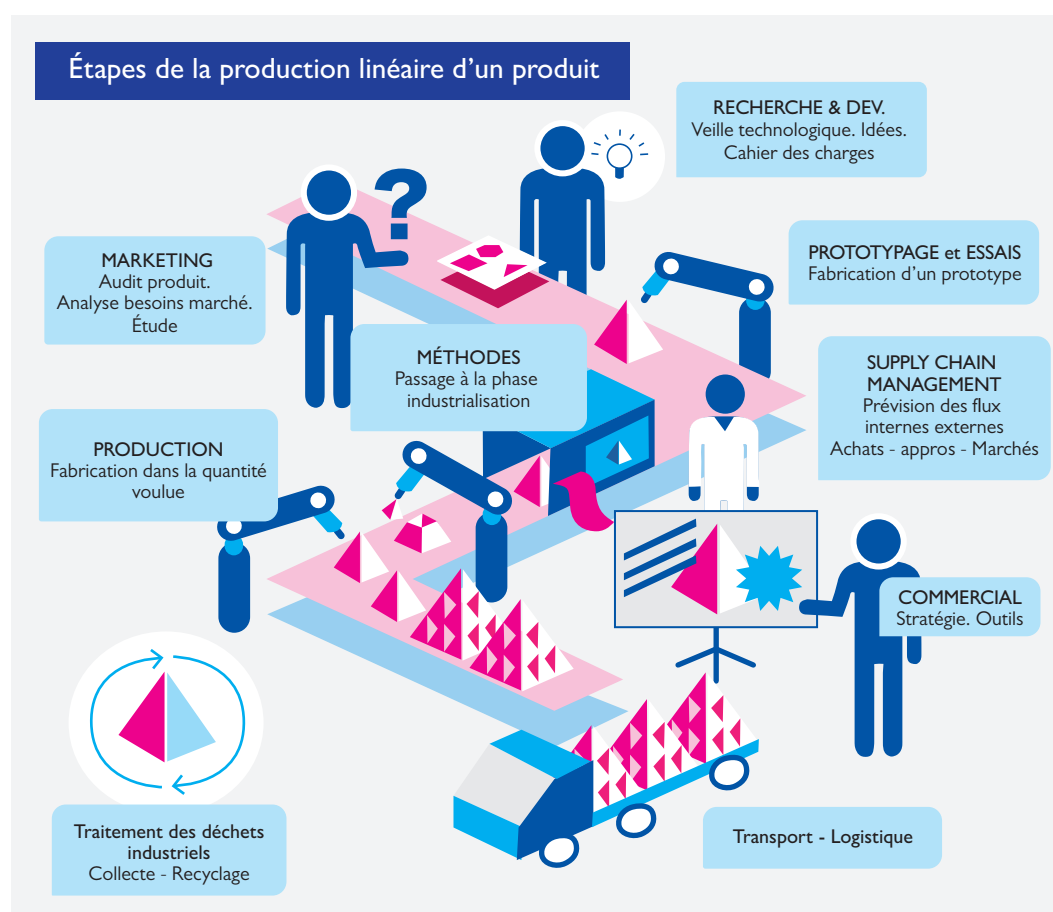


Figure I. Étapes de la production linéaire d'un produit

Marketing, commercial, achats/approvisionnements : des risques qui se rejoignent

Les acteurs du marketing ont développé des connaissances et compétences qui vont être profondément remises en question. En effet, dans ce nouveau cadre, une étude de marché nécessite de connaître à la fois le potentiel de ressources en intrants (matières premières

recyclées ou non, produits semi finis), le potentiel des débouchés des produits finis bien sûr, mais aussi des produits intermédiaires revendables. Le tout en prenant en compte le critère de proximité.

Les principes fondamentaux du marketing	Les changements à opérer
Une économie linéaire en faveur d'une augmentation de la consommation génératrice de bénéfices pour l'entreprise	Une économie circulaire en recherche de frugalité (nécessité de préserver l'environnement et les ressources tout en restant rentable)
Besoin : créé en jouant sur la personnalisation	Partage et fonctionnalité remplacent possession et obsolescence
Désir : présenté comme préalable à la satisfaction d'un besoin de possession ou de reconnaissance	Désir : présenté comme préalable à la reconnaissance du bien agir sociétal et environnemental
Demande : quantité que le consommateur est prêt à acheter	Trouver les leviers pour que la quantité ne soit plus le principal facteur de rentabilité et intégrer les demandes de services et de recyclage
Produit : tout ce qui peut être vendu (bien ou service)	Inclure l'usage du produit, y compris les rebuts, déchets
Valeur du bien ou du service : prix que le client est prêt à payer pour satisfaire le besoin	Prix que le client est prêt à payer pour satisfaire ses besoins et respecter les limites de la planète

Les outils utilisés par le marketing vont être modifiés et les études « de marché » vont devoir être repensées : il faudra intégrer divers facteurs comme les ressources, les déchets, les rebuts, les demandes des consommateurs, de la société et des autres entreprises, ainsi que les échanges de biens et de données à prévoir à chaque étape du cycle de vie. Le métier du marketing ne sera plus de trouver à vendre un maximum sur des critères de possession.

Le monde des achats/approvisionnements va devoir trouver et négocier de nouvelles matières premières, de nouvelles énergies, de nouveaux déchets ou produits usagés à recycler, et garantir un bon niveau de qualité face à la prise de conscience de la valeur de leur matière par les émetteurs de déchets. Un métier de plus en plus difficile pour ceux dont l'objectif était d'abord d'acheter au moindre coût et de faire la promotion de leurs produits sur des critères de coût et de qualité, auxquels il leur faudra ajouter la longévité, la réparabilité, ou l'usage plutôt que la possession. Les personnels du service après-vente devront répondre à des questions plus nombreuses et intégrant la provenance, la longévité et le niveau de réparabilité des produits.

Compétences nouvelles, diversifiées et plus techniques peuvent être des éléments de sélection accrue difficiles à vivre pour ceux qui ont déjà un passé professionnel. Redéfinir les critères auxquels sont attachés les opérateurs du marketing, de l'achat et de la vente ou du service client peut conduire à des besoins forts en formation et/ou à une perte du sens du travail, toutes les valeurs pour lesquelles ils se battaient étant modifiées en profondeur.

Un cas particulier : les responsables du contrôle des intrants seront potentiellement soumis à des multi-expositions chimiques, biologiques et psychosociales. Alors que, pour le moment, la pratique consiste à sécuriser qualitativement et quantitativement (provenance des produits, respect strict d'un cahier des charges, etc.) les approvisionnements, le passage à une économie circulaire est susceptible d'introduire des éléments d'incertitude. Certes, les produits respecteront un cahier des charges défini préalablement, mais ils pourront aussi contenir des quantités plus importantes d'impuretés pour des matières secondaires, ou être des éléments de réemploi dont la traçabilité sera moins parfaite qu'un élément sortant directement d'une chaîne de production.

La recherche et le développement, les designers et l'écoconception

Pour que l'économie circulaire ne se réduise pas à une problématique de recyclage, il est indispensable d'intégrer, dès les premières étapes de conception, l'objectif de circularité d'un produit – qui suivrait ainsi la logique circulaire de notre biosphère, consistant à ce que chaque matière morte se transforme de nouveau en ressource première pour l'écosystème. C'est le rôle de la recherche et du développement, ainsi que des designers de l'écoconception.

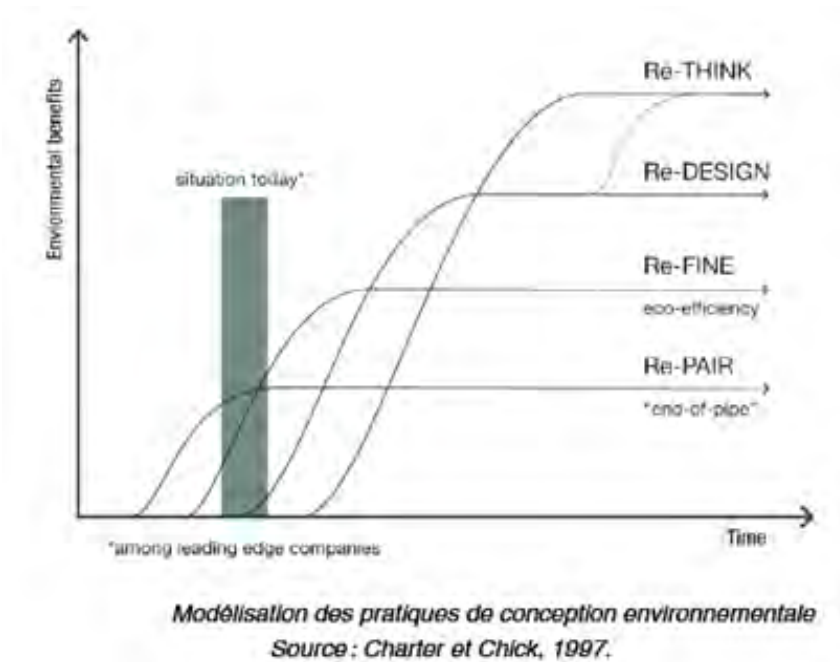
En France, après le recyclage, la feuille de route « économie circulaire » prévoit un renforcement de l'écoconception des produits.



Figure 2 : Facteurs d'adoption des démarches d'écoconception

Source : Ademe, 2013.

De manière générale, il faut distinguer plusieurs niveaux dans le type de conception. Car le concept d'économie circulaire ne se réduit pas à l'optimisation de la gestion des déchets et au recyclage : il suppose de penser à l'impact environnemental d'un produit ou d'un service dès les premières étapes de sa conception. Les techniques actuelles d'écoconception font encore souvent abstraction des modifications potentielles des attentes de l'utilisateur ou de l'économie de fonctionnalité. Ainsi, Charter et Chick ont modélisé différentes pratiques de conception, présentant des niveaux de plus en plus favorables à l'économie circulaire.



Le niveau **Re-Pair** permet de réduire les impacts négatifs d'un produit déjà conçu et se concentre sur la réparation ou le recyclage. Le niveau **Re-Fine** affine les processus et produits existants sur l'entièreté du cycle de vie d'un produit, pour qu'il soit moins gourmand en matières premières et en énergie, tant dans sa formulation que pour sa fabrication.

C'est en amont que sont étudiées l'économie et l'éco-efficacité par intégration de contraintes écologiques, tout en prenant en compte les contraintes préexistantes du cahier des charges. Exemple : utiliser des matériaux qui améliorent à la fois la performance technique et écologique d'un produit. Ce type de conception nécessite une collaboration entre différents acteurs de l'entreprise, mais ne modifie pas en profondeur son organisation globale, celle-ci utilisant généralement cette démarche pour une seule gamme de produits et à partir de l'existant.

Le niveau **Re-Design**²⁶⁴ est une démarche plus ambitieuse, qui consiste à redéfinir les fonctionnalités d'un produit dès sa conception. Il s'agit d'assurer l'adaptabilité et la maintenabilité d'un produit. Le re-design a un fort impact sur le processus de développement, car la prise en compte des contraintes écologiques se fait au moment de la conception, et ces contraintes peuvent rentrer en conflit avec les cahiers des charges existants.

²⁶⁴ La démarche « re-design » vise à redéfinir une fonction du produit – = intégralement au besoin – dès l'amont du processus de conception. En poussant les concepteurs à imaginer une nouvelle structure et de nouveaux paramètres, l'impact environnemental du produit se trouve réduit.

Le niveau **Re-Think**²⁶⁵ est une démarche de long terme, encore plus ambitieuse et encore débutante, qui porte sur des innovations sur un système complet et non sur un seul produit/service. L'éco-innovation consiste à développer de nouveaux produits, processus ou services qui créent de la valeur pour les clients et pour l'entreprise, tout en réduisant significativement l'impact sur l'environnement. L'existence même de produits existants peut être remise en cause.

L'éco-innovation nécessite la collaboration de nombreuses fonctions de l'entreprise, de cultures différentes et peu habituées à travailler ensemble, et devant faire face à des arbitrages entre performance économique et performance écologique. Difficultés de communication, impression de dilution des savoir-faire, *management* transversal, mécontentement potentiellement engendré chez les opérateurs sont autant de facteurs de risques organisationnels qui sont à anticiper²⁶⁶.

Le re-design d'un isolant thermique et acoustique

Le recyclage de vêtements usagés, non réutilisables en l'état et qui seraient voués à l'incinération, permet aujourd'hui, après tri et recyclage, de produire un nouvel isolant bio-sourcé²⁶⁷. Cet isolant est conçu à partir de coton recyclé, ce qui nécessite une première opération de tri, aujourd'hui manuelle et traitée à la chaîne après ramassage dans des points de collecte de vêtements. Le revêtement obtenu, isolant thermique et acoustique pour le bâtiment, est le résultat d'une activité de recherche et

développement. L'origine de la fibre composant cet isolant permet de garantir qu'il n'émet pas de COV, comme le formaldéhyde. L'isolant est également garanti sans développement fongique et recyclable après la déconstruction du bâtiment. Il reste les risques professionnels liés à la collecte, à la manutention et au tri des textiles, notamment liés à la cadence imposée par les tapis convoyeurs. Le développement de bactéries (et donc d'endotoxines) dans les bacs de collecte, lors du stockage avant le tri et à l'entrée du *process* de fabrication, ne peut être exclu. Il en est de même avec l'exposition aux poussières (fibres naturelles ou synthétiques).



²⁶⁵ Le « re-think » (ou éco-innovation) consiste à développer de nouveaux produits, processus ou services qui créent de la valeur pour les clients et pour l'entreprise, tout en réduisant significativement l'impact sur l'environnement. Définition donnée par Fussler C., James P., dans *Driving Eco-Innovation « A breakthrough discipline for innovation and sustainability »*, Pitman, London, 1996.

²⁶⁶ C'est ce qu'ont constaté l'Institut pour l'innovation et la compétitivité i7 et le cabinet de conseil en stratégie et innovation durable Weave Air, après avoir étudié des projets d'innovation durable au sein de trente-quatre grandes entreprises, comme Air France, Bouygues Construction, Nestlé ou IBM.

²⁶⁷ Isolant Métisse® fabriqué par l'entreprise Le Relais.

L'éco-innovation bouleverse l'organisation et les modes de travail de métiers jusque-là plutôt cloisonnés. Elle permet cependant d'intégrer, dès l'amont et avant la mise en production des produits/services, la réflexion sur les processus d'approvisionnement, de stockage, de tri et de traitements chimiques préalables à leur fabrication. Mais également sur les processus d'utilisation des produits/services pour les particuliers – comme pour les professionnels – et sur les modalités de démontage et désassemblage : autant d'opportunités pour anticiper les questions relatives à la santé et la sécurité des travailleurs durant tout le cycle de vie du produit (en particulier la prise en compte des TMS, mais aussi des risques mécaniques, chimiques, biologiques, physiques et tous les risques liés au vieillissement des travailleurs).

Certains *process* méritent une plus grande vigilance, notamment ceux qui permettent :

- L'économie d'énergie fossile ;
- Une diminution de la consommation d'eau ;
- Une bonne symbiose industrielle ;
- L'automatisation des flux de produits et de données ;
- Une bonne traçabilité des matériaux et de leur usage ;
- Un reconditionnement optimisé.

De nouveaux process pour économiser les ressources en énergie fossile et en eau

Économiser les ressources en énergies fossiles consiste souvent à utiliser de l'énergie renouvelable produite à partir de biomasse, d'éoliennes, et/ou de panneaux photovoltaïques. Néanmoins, la production, l'utilisation et le stockage de ces énergies peut générer un certain nombre de risques. Parmi ces risques déjà connus, citons ainsi :

- Les risques biologiques et chimiques (intoxication ou explosion) liés à la valorisation de la biomasse ;
- Les risques chimiques (y compris les risques d'incendie et d'explosion) liés à l'usage ou au recyclage des batteries nécessaires pour stocker l'énergie produite par les panneaux photovoltaïques et les éoliennes ;
- Les risques de chute, les risques mécaniques ou ceux associés aux travaux en espace confiné liés à la maintenance des éoliennes ;
- Les risques électriques et de chute de hauteur, engendrés par la pose, la maintenance, ou la dépose des panneaux photovoltaïques.

De nombreuses entreprises travaillent déjà sur une utilisation optimale de l'eau et d'autres fluides. Plus d'arrivée puis de sortie d'eau ou autre fluide pour chaque transformation, mais une utilisation de la même eau (ou fluide) en boucle, du *process* le plus propre au *process* le plus « sale ». De cette cascade d'usage peut s'ensuivre une concentration des produits chimiques utilisés ou générés, ainsi que de leur mélange, augmentant les risques (exposition à des doses plus importantes, multi-exposition). Ce phénomène est susceptible d'être accentué dans le cas de symbioses industrielles, dans lequel le fluide usagé d'une entreprise peut être utilisé en l'état par une entreprise voisine moins exigeante sur la qualité.

Symbiose industrielle, gestion de la production et transformation des relations inter-acteurs

Dans le cadre des symbioses industrielles²⁶⁸, la variabilité des flux d'énergie, produits et *process* d'une entreprise à l'autre pourrait conduire à optimiser les cadences d'une entreprise, pour régler sa production et ses cadences sur les besoins d'une autre. La robotisation, les chaînes de production et les échanges pourraient alors aboutir à des contraintes de cadence et à un travail de plus en plus prescrit.

Des flux pas toujours automatisables

Les opérations de tri, de vérification et de sélection – amenées à se multiplier – ne pourront pas être toutes automatisées, mais les nouvelles technologies pourront être mobilisées pour alléger la charge de travail des opérateurs.

La logique de réutilisation nécessite de démonter (plus ou moins totalement) les produits en fin de vie pour en extraire des pièces ou composants qui seront réutilisés. Cela implique de connaître parfaitement de multiples produits, donc une charge mentale potentiellement importante pour les travailleurs, d'où la nécessité de mettre à leur disposition des informations qualitatives simples afin de les aider (fiches d'instructions basées sur des visuels, avec peu de texte). Ces informations doivent être compilées et référencées dans des bases de données mises à disposition des opérateurs.

Lors de ces opérations de démontage et démantèlement où l'intervention d'opérateurs sera rendue nécessaire en raison de l'hétérogénéité du gisement (produits endommagés, modifiés par les utilisateurs successifs...), des aides à la manutention (exosquelettes, cobots ou autres équipements) seront nécessaires pour alléger la charge physique.

Les interactions entre les différents procédés utilisés et les opérateurs devront faire l'objet d'études poussées, afin d'éviter qu'elles ne se traduisent par des risques pour ces derniers. Les opérations de maintenance et de nettoyage devront être particulièrement étudiées.

Des technologies de type « réalité virtuelle » pourront être utilisées pour concevoir et simuler les situations de travail dans ces nouvelles activités. Elles offrent la possibilité d'intégrer la prévention très en amont des processus, à la condition d'impliquer les opérateurs dans la démarche.

La logistique du « dernier/premier kilomètre », qui implique de nombreuses opérations de chargements et déchargements²⁶⁹, ne pourra pas être facilement automatisée non plus. La main-d'œuvre concernée sera classiquement confrontée aux manipulations manuelles, ports de charges, réductions des marges de manœuvre et contraintes temporelles. Les pistes d'une utilisation d'équipements de type robots d'assistance physique, visant à diminuer la charge physique des travailleurs, devront être explorées.

268 Définition de la FISSAC : La symbiose industrielle est une forme de courtage pour rassembler les entreprises dans des collaborations innovantes, permettant de trouver des manières d'utiliser les déchets de l'une comme matières premières d'une autre. Le mot « symbiose » est habituellement associé à des relations dans la nature, où deux espèces ou plus échangent des matières, de l'énergie ou de l'information, d'une manière mutuellement bénéfique.

269 En particulier lors du premier ou du dernier kilomètre ou dans les petites entreprises.

Les services, l'artisanat et l'économie circulaire

Comme pour les fonctions marketing et commercial de l'industrie, de nombreux services²⁷⁰ vont devoir changer de paradigme dans leur cœur de métier. Ce changement, qui implique la frugalité, le réemploi, le recyclage, etc., demandera à tous les acteurs concernés une évolution des valeurs, une transformation des outils et de l'évaluation de l'atteinte de leurs objectifs. Accompagnés par leur encadrement et en bénéficiant de formations adéquates, les travailleurs pourraient y trouver un nouvel élan et un sens nouveau donné à leur travail. D'un autre côté, ces nouveaux modes de production peuvent aussi être difficiles à accepter et porteurs de risques psychosociaux. Tel pourrait être le cas de plusieurs métiers : ceux de l'artisanat, habitués à utiliser des matières premières nobles (ébénistes, maîtres verriers, sculpteurs...) ; ceux de la vente, confrontés aux logiques de l'usage et de son partage ; ou ceux de la finance, devant changer leurs outils et indicateurs face à de nouveaux produits tels que les *green bonds*, etc.

L'économie de la fonctionnalité

Le concept d'économie de la fonctionnalité est diversement interprété, mais s'installe progressivement. Plus que la mise à disposition d'un temps d'usage ou de service (vélos en libre-service, vente de kms de pneus), la logique « servicielle » consiste à vendre un résultat et s'appuie sur les savoir-faire de l'entreprise « vendeuse ». Ce nouveau modèle économique offre l'opportunité, notamment dans le *B to B* de co-construction, d'une offre intégrant la performance écologique aussi bien que la prévention des risques pour les différents acteurs impliqués. La multiplicité des utilisateurs implique des changements dans les modes de conception : les équipements mis à disposition du public doivent notamment être plus résistants, mais aussi être adaptés à des opérations d'entretien et de réparation plus fréquentes. Ces opérations particulières doivent être pensées dès la conception pour qu'elles puissent être effectuées dans de bonnes conditions : manutention des équipements (pour être transportés d'une station à l'autre), ateliers bien conçus pour la réparation, protocoles globaux d'utilisation qui éviteront que l'entretien soit effectué dans des conditions non adaptées (sur le terrain, par exemple, sans avoir à disposition les outils nécessaires), etc.

Une société de création de vêtements²⁷¹ propose, sur abonnement, la location de vêtements de créateurs, fabriqués localement dans les meilleurs tissus disponibles, pour enfants de 0 à 6 ans et pour femmes enceintes. Depuis peu, Tale Me a créé un Lab où se côtoient des micro-entreprises développant de nouveaux concepts autour de l'usage ou de la fonctionnalité. Cette micro-entreprise récupère des vêtements pour lesquels il faut assurer la réception (dépôt dans des points relais), le nettoyage, les réparations et le reconditionnement sans aucune connaissance de l'usage qui en a été fait. On voit apparaître des risques liés à la manutention, ainsi que des risques d'exposition à des produits chimiques ou biologiques.

²⁷⁰ Services après-vente, réparation, hôtellerie-restauration, services de crédit à la consommation, métiers de la vente, agriculteurs, etc.

²⁷¹ Société Tale Me

Relocalisation

Une des hypothèses envisagées de notre exercice est la relocalisation de nombreuses activités en France, ou du moins en Europe. Or, de nombreuses activités potentiellement « à risques » – comme la fabrication de certaines molécules de l'industrie pharmaceutique, la métallurgie et le travail des métaux, le traitement de certains déchets notamment minéraux, ou le démantèlement des bateaux – ont été délocalisées à l'étranger dans des pays à la réglementation moins stricte en termes d'environnement, de santé et de sécurité au travail. Si la relocalisation de ces activités en Europe se traduira par un retour des risques professionnels associés, le cadre réglementaire en vigueur devrait cependant également permettre des conditions de travail plus protectrices pour les travailleurs.

Le 18 juillet 2017, la Chine, premier importateur de déchets, a informé l'Organisation mondiale du commerce (OMC) de son intention d'interdire l'entrée sur son territoire à 24 catégories de déchets solides, en particulier certains types de plastiques, de papiers et de textiles. Si cette décision était adoptée par d'autres pays, la valorisation d'une partie des déchets pourrait-elle revenir sur le sol français (ou européen) ? Une politique de prévention adaptée s'imposera-t-elle alors, compte tenu de tous les risques déjà identifiés ?

Le démantèlement des navires, aujourd'hui opéré à 80 % en Inde, au Pakistan et au Bangladesh, permet – après récupération de l'accastillage, la vidange des cuves, etc. – la récupération ou le recyclage des matériaux refondus tels l'acier, le bronze, le cuivre, voire certains plastiques. Les épaves de navires contiennent une multitude de substances toxiques (amiante, plomb, biphényles polychlorés, métaux lourds, etc.). La relocalisation de la filière de démantèlement, déjà partiellement acquise en France et en Europe, permet d'envisager des opportunités importantes en termes d'emplois et de bonne gestion des conditions de travail, comme ont commencé à le faire quelques-uns des opérateurs labellisés : phases de curage vert, désamiantage, dépollution et déconstruction des superstructures, puis découpage de la coque, le tout en cale sèche. Tout un *process* à redéfinir afin d'intégrer santé et sécurité au travail, au même titre que l'environnement.

Exploitation des gisements de matières premières, gaz et terres rares

Les tensions sur l'approvisionnement en ressources minérales font émerger en France de nombreux débats sur la relocalisation du raffinage de terres rares (source de radioactivité), ou sur la réouverture de mines outre-mer et sur le territoire métropolitain, telle que préconisée par l'Académie des sciences²⁷². De nombreux pays (États-unis, Canada), qui s'approvisionnaient en minéraux en Chine ou en Afrique, repensent l'exploitation minière. La question qui se pose alors est celle de la capacité de la France à rouvrir des mines, après des dizaines d'années de fermeture, dans des conditions « acceptables » d'un point de vue social, environnemental, économique et sanitaire. De nouveaux processus d'exploitation permettront-ils de maîtriser les nombreux risques associés à cette activité (risques physiques, chimiques, mécaniques, organisationnels...) ?

272 « Stratégie d'utilisation des ressources du sous-sol pour la transition énergétique française », Académie des sciences et Académie des technologies, mai 2018

Normalisation et réglementation

Les États se sont déjà engagés dans la réglementation sur l'environnement. Le droit de l'environnement est complexe, des réglementations existent à tous les niveaux (local, national, européen voire mondial). On compte aujourd'hui plus de 300 traités internationaux sur le sujet, et les grandes entreprises et ONG participent le plus souvent à la préparation de la législation européenne, par exemple au travers de la rédaction de livres verts ou de livres blancs. Par exemple, on notera comme directives européennes : les directives-cadres sur l'eau et les déchets d'équipements électriques et électroniques, la directive sur les déchets (principe du pollueur/payeur), et le règlement REACH.

L'économie circulaire doit bien sûr répondre aux contraintes environnementales, mais elle va aussi changer profondément les façons de faire (nouveaux *process* interfacés et adaptatifs, relocalisation d'activités abandonnées, accélération des échanges de données, outils de traçabilité...). Compte tenu des tendances constatées depuis plusieurs années, elle impliquera sans doute également une certaine parcellisation du travail, ainsi que la multiplication des start-ups et de l'auto-entrepreneuriat. Les collectivités locales, les pôles de compétitivité, et les chambres consulaires sont également susceptibles d'avoir un rôle important. On pourrait donc assister à un remodelage conséquent des conditions de production. Il est donc logique de se poser la question des parts respectives de la réglementation (action des États) et de la normalisation dans la régulation de ces activités : les degrés d'implication de l'État et de l'Union européenne auront évidemment un impact sur la façon dont la SST sera prise en compte.

Le développement de normes est l'objet de l'attention des instances gouvernementales, en France comme à l'international, et de nombreux projets sont en cours, notamment sur l'économie circulaire. Le tempo imposé au développement de normes à l'ISO sera-t-il compatible avec la réflexion en amont nécessaire pour une prévention optimisée ? Cette réflexion en amont serait une opportunité pour la prévention des risques professionnels, qui serait alors prise en compte lors de la réflexion sur tous les *process* de l'économie circulaire. À noter que, dans le cadre des travaux français, le Comité de coordination et de pilotage de la normalisation (CCPN), chargé de préparer la stratégie française, préconise la réflexion sur l'aspect « santé sécurité au travail » avant et pendant tous les travaux de ce type²⁷³.

Changements des produits

De nouvelles matières premières aux propriétés mécaniques stables dans le temps

La question des matériaux est un point très important dans une logique d'économie circulaire. Il est en effet probable qu'une large gamme de nouveaux matériaux doive être développée pour mieux répondre aux exigences de longévité, de réutilisation et de recyclage. Les produits utilisés pour leur fabrication devront conserver toutes leurs propriétés (en particulier mécaniques) dans la durée ou pouvoir être régénérés, puisqu'ils sont appelés à être utilisés et réutilisés pour la fabrication de biens, eux-mêmes plus durables. Il se peut également, qu'en fin de vie du bien dans lequel ils ont été utilisés, ces matériaux puissent être recyclés à plusieurs reprises, avec une perte de leurs propriétés physiques réduite au minimum.

²⁷³ Décision du CCPN du 15 mai 2018

À défaut du maintien des propriétés physiques de ces matériaux, les travailleurs pourraient être exposés à des risques mécaniques lors des diverses opérations de déconstruction ou d'assemblage des biens. Ils sont également susceptibles d'être confrontés à des expositions de type chimique (par exemple, libération de fibres lors d'opérations effectuées sur des matériaux composites).

On pense ici tout particulièrement aux matériaux composites, dont l'importance est de plus en plus grande dans toutes les industries. Il est raisonnable de penser qu'ils joueront un rôle important dans les nouveaux modes de production développés dans l'économie circulaire. Les compromis entre leurs qualités industrielles et leur potentielle nocivité à tous les stades de leur emploi circulaire devront être suivis de près. Les matrices peuvent incorporer des métaux et des céramiques sous différentes formes, y compris celles de nanomatériaux. Les renforts peuvent mettre en œuvre différents types de fibres.

Des matières premières de recyclage dont la composition doit être suivie dans le temps

La grande variété des matériaux utilisés, évoquée précédemment, pourrait aussi avoir des conséquences sur la santé des travailleurs. Dès lors, se pose la question de l'évaluation de la toxicité de ces nouveaux produits, en particulier la toxicité à long terme. Si les exigences environnementales, économiques ou politiques sont très fortes, certains nouveaux produits pourraient être mis sur le marché et utilisés à grande échelle sans que toutes les connaissances nécessaires à une évaluation des risques complète aient été acquises²⁷⁴. Le principe du *no data no market* (sur lequel se base le règlement REACH) pourrait *a priori* s'appliquer. Toutefois, au-delà des problèmes d'accessibilité des données industrielles, cette acquisition des connaissances est rendue plus difficile dans un contexte de recul de l'expérimentation animale, et au regard des difficultés que posent les études épidémiologiques (difficultés à constituer des cohortes nécessaires sur une durée suffisamment longue pour révéler des effets souvent peu spécifiques et différés dans le temps). Il est possible qu'on arrive à des dilemmes : que se passera-t-il si les considérations environnementales liées aux enjeux de l'économie circulaire (notamment économiser les ressources et l'énergie) vont à l'encontre de la santé et de sécurité au travail ? Certaines contradictions anciennes, qui avaient été résolues, pourraient être ravivées. On pense en particulier à la ventilation des locaux de travail qui aboutit, après épuration des polluants, au rejet vers l'extérieur de grands volumes d'air : en hiver, les dépenses énergétiques sont alors fortes pour réchauffer les ateliers. Cette disposition de non réintroduction de l'air épuré s'applique en particulier pour les atmosphères de travail susceptibles de contenir des cancérogènes.

La question de la dérive de la composition des matériaux qui se chargent en impuretés lors des recyclages successifs doit également être prise en compte : les procédés de purification peuvent être difficiles à mettre en œuvre ou fortement consommateurs d'énergie ou d'eau. Il faut également considérer le fait que les composants peuvent se dégrader au cours de leur usage sous l'effet de différents facteurs (lumière, chaleur, vieillissement naturel des composés), et donner naissance à des composés qui n'étaient pas inclus dans la formule d'origine. Les réutilisations successives peuvent éventuellement

²⁷⁴ Ces questions ne sont pas spécifiques à la réflexion menée sur l'économie circulaire : elles sont inhérentes aux risques professionnels et à leur prévention. Cependant, elles sont susceptibles d'avoir une importance renforcée pour certains scénarios développés dans le cadre de cet exercice, en particulier ceux mettant l'accent sur des changements technologiques majeurs ou ceux marqués par des situations de pénurie marquées.

aboutir à des concentrations non négligeables de ces impuretés. D'autre part, dans le cas de cheminements complexes, avec de nombreux intervenants, il peut y avoir une perte de la maîtrise de la composition. La prévention des expositions lors des différentes opérations évoquées précédemment (déconstruction, éventuel réusinage, recyclage, etc.) revêt donc une grande importance. Elle peut être rendue plus difficile par le fait qu'on a affaire à des produits multi-recyclés qui, potentiellement, peuvent être plus riches en impuretés. Certaines de ces impuretés peuvent être préoccupantes en termes de santé au travail. À cet égard, comme dans un schéma d'économie linéaire d'ailleurs, des métiers comme ceux de la maintenance et du nettoyage peuvent être particulièrement concernés.

Une nécessaire adaptation de l'appareil industriel à des matières premières de recyclage de qualités variables

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, la mise en place d'une économie circulaire implique des évolutions des techniques – de la conception au recyclage –, notamment en matière première secondaire. Certaines de ces évolutions sont liées aux matières premières. Ainsi, les installations de production doivent être capables de faire face à une certaine variabilité de la matière première, qui n'aura pas forcément toutes les qualités d'une matière première primaire. Autre exemple : afin d'éviter d'avoir recours à des matières premières primaires, il est possible (voire souhaitable) que des déchets déjà mis en décharge il y a des années, voire des décennies, soient réintroduits dans le circuit de production, parce qu'ils permettent d'accéder à des composés recherchés. De même, des produits pourront être sortis provisoirement de la boucle de production : ils pourront être stockés et réutilisés ultérieurement dans d'autres boucles de production, dans lesquelles les risques d'expositions seront moindres, de par la nature du *process* ou parce que les conditions techniques seront mieux maîtrisées. Il sera nécessaire dans tous ces cas de développer une prévention des risques professionnels spécifique, qui tienne compte des caractéristiques réelles des produits.

Les matériaux composites peuvent, en raison de la complexité de l'association des différents composants, poser des problèmes spécifiques. Un recyclage efficace, garantissant la qualité du recyclage des produits, peut imposer de disposer de matériaux complètement débarrassés de traces des autres composants. Pour être efficace, un tri manuel – avec la nécessité de tenir compte de toutes les contraintes en termes de risques professionnels – peut s'avérer nécessaire.

Les biotechnologies au secours de la qualité des matériaux

Nous avons vu précédemment que la question de la qualité des matériaux est importante dans la gestion des procédés mis en œuvre dans l'économie circulaire. Outre leur apport pour la production d'énergie et de matériaux (*voir plus loin*), les biotechnologies pourraient être utilisées pour épurer les matériaux entre deux cycles d'utilisation. Le recours aux OGM (organismes dont le génome a été modifié par mutagenèse) ou aux nouvelles techniques de croisement des plantes est déjà envisagé. Des dispositions spécifiques devront être prises pour la protection des travailleurs impliqués dans ces opérations, durant l'attente de l'acquisition de connaissances sur d'éventuels effets.

Sécurité, traçabilité et sécurité de la traçabilité

L'économie circulaire suppose que certains intrants d'une entreprise puissent être issus des extrants (voire de certaines parties de produits désassemblés, de leurs rebuts ou déchets) d'une autre entreprise. Pour qu'une prévention efficace des risques professionnels puisse être mise en œuvre, l'organisation de l'économie circulaire doit alors permettre une parfaite traçabilité des produits et de leur histoire (nature de l'objet et de ses composants, origine, usages, réusages, transformations, circuits, utilisateurs...), ainsi qu'une conception facilitant le désassemblage et le descriptif des moyens employés (chimiques, thermiques, mécaniques).

Les informations nécessaires et suffisantes pour son traitement et sa valorisation en fin de vie par les acteurs de la filière aval devront être embarquées dans le produit lui-même (via une puce électronique ou une autre technologies). Flux de données et traçabilité sont nécessaires pour assurer la prévention des risques liés à la manipulation de produits composites, usagés et subissant des procédés biologiques et chimiques, ou le traitement par des organismes génétiquement modifiés pour assurer leur dépollution ou leur transformation.

Cette traçabilité devient ainsi un outil pour la prévention des risques professionnels, tel que cela a été décrit précédemment : elle permet d'adapter les mesures de prévention à la nature et à l'état du produit. C'est aussi un moyen de protection contre les risques liés à la contrefaçon ou à la présence sur le marché de produits non conformes, qui font courir des risques aux travailleurs et aux consommateurs, à travers l'utilisation de composants inadaptés ou mal conçus.

On assiste actuellement à une forte montée du piratage des systèmes informatiques, en particulier dans les industries et les services²⁷⁵ : on a vu que, dans une logique d'économie circulaire, la traçabilité sera encore plus importante demain qu'elle ne l'est aujourd'hui. Quel que soit le secteur, le *mapping* matériaux du bien en fin de vie devient indispensable : il s'agira soit de récupérer les informations si elles ont été enregistrées en amont, soit de réaliser ce diagnostic avant d'engager les travaux sur un équipement ou un bâtiment. Les systèmes choisis (quels qu'ils soient : *blockchain*, marquage des pièces, BIM²⁷⁶, etc.) devront donc garantir une fiabilité suffisante, compliquée par le fait qu'elle doive malgré tout garantir un accès à l'information à un nombre d'acteurs potentiellement élevé. En revanche, ces systèmes pourront permettre que les informations rattachées aux produits intègrent des recommandations de prévention.

En résumé, il faudra probablement apporter encore plus de soin à l'évaluation des risques des produits, compte tenu de leurs possibles hétérogénéités et de leur évolution dans le temps.

275 Voir par exemple : <https://www.industrie-techno.com/tribune-comment-ameliorer-les-reseaux-intelligents-au-service-d-un-internet-des-objets-plus-intuitif.53002>

276 Building Information Model

II. Transformation, dispersion et interdépendance : effets de l'économie circulaire sur le travail

Le développement d'une économie circulaire s'inscrit dans un contexte de transformation du travail déjà engagée, et qui se traduit notamment par une automatisation de plus en plus importante de la production, un développement de la sous-traitance, et un marché du travail de plus en plus flexible. Ces éléments ont été étudiés dans le cadre d'un précédent exercice de prospective de l'INRS, sur les « Modes et méthodes de production en France en 2040 »²⁷⁷. Ces transformations ont une influence sur les conditions de travail en modifiant les contextes du travail (sous-traitance, économie sociale et solidaire...) et les conditions d'emploi (contrats de chantiers, travail indépendant, pluriactivité...). Une plus grande circularité de l'économie influencerait sensiblement certaines de ces évolutions, notamment en renforçant l'interdépendance directe des acteurs.

Tissus d'acteurs : TPE, ESS, sous-traitance

Dans le cadre des symbioses industrielles propices au développement d'une économie circulaire, des relations étroites devront se tisser entre acteurs de différentes natures : grandes entreprises, TPE, établissements relevant de l'ESS ou encore collectivités locales. L'interdépendance entre ces acteurs peut entraîner des effets bénéfiques en termes de prévention car, au sein d'une boucle, chaque acteur a un intérêt direct à ce que les autres se portent bien pour que l'écosystème fonctionne. Cette « bienveillance intéressée » peut se traduire par des actions positives en termes de prévention, si le sujet des conditions de travail fait l'objet d'un dialogue entre les acteurs.

Le développement de la réparabilité des produits, du réemploi et du recyclage peut aussi générer des relations de dépendance plus distantes et dispersées. En effet, des réseaux constitués de TPE, d'indépendants ou de structures de l'ESS assureront des prestations induites sur le terrain. Dans un tel contexte de dispersion, l'attention portée par les uns aux contraintes des autres risque d'être moindre. Le dialogue entre les producteurs d'équipements et ceux chargés d'en assurer la réparation, la récupération, le démontage... nécessite des efforts d'organisation pour qu'il soit efficace dans les deux sens. D'une part pour s'assurer que les acteurs disséminés sur le terrain disposent de toutes les informations dont ils ont besoin pour pouvoir intervenir dans de bonnes conditions (informations sur la composition des produits, notices, disponibilité des pièces détachées...), d'autre part pour être en capacité de recueillir et de tenir compte des remontées de ces acteurs sur les difficultés qu'ils rencontrent lors de leurs interventions. Les outils permettant d'instaurer ces échanges et la manière dont ils sont utilisés ont leur importance. Ils peuvent par exemple permettre d'apporter un support pertinent aux réparateurs, en leur fournissant toutes les informations nécessaires pour intervenir dans de bonnes conditions, mais ils peuvent aussi être utilisés uniquement à des fins de surveillance des prestataires, réduisant leurs marges de manœuvre lors de leurs interventions. Des systèmes d'entretien et de maintenance trop « verrouillés » de la part des metteurs sur le marché (qui se rémunèreraient en grande partie par cette voie) présenteraient le risque de voir se développer des circuits parallèles (bidouillage, pièces de contrefaçon...).

Au sein de ces nouveaux écosystèmes, de nombreuses activités seront assurées par des très petites entreprises (TPE), et leur rôle pourrait être accru dans des domaines

²⁷⁷ Disponible sur la page : www.inrs.fr/prospective

variés : recherche et développement – notamment dans le domaine des nouvelles technologies –, maintenance ou encore logistique du dernier (et du premier) kilomètre... Ces entreprises présentent certains atouts utiles à la prévention (circuits de décision courts, proximité entre le chef d'entreprise et les salariés), mais aussi des caractéristiques défavorables (fragilité économique, faible préoccupation en santé et sécurité au travail, absence de compétences spécifiques dans ce domaine)²⁷⁸. Assurer un niveau de prévention des risques professionnels dans ces petites structures nécessite un accompagnement par des relais de proximité à même de leur dispenser des conseils adaptés à leur contexte et à leur activité, et pouvant aller jusqu'à des préconisations très opérationnelles. Dans le cadre de boucles impliquant grandes entreprises et TPE, les acteurs de prévention des premières pourraient apporter un support utile aux secondes, leurs intérêts étant en partie partagés. Ce type d'accompagnement de proximité pourrait s'avérer efficace pour aider les TPE à se conformer aux référentiels normatifs et réglementaires auxquels elles sont assujetties, par exemple pour la réalisation de leur document unique d'évaluation des risques professionnels.

Certains acteurs impliqués dans les démarches d'économie circulaire relèvent du champ de l'économie sociale et solidaire. Ces entreprises porteuses de valeurs allant au-delà de la simple recherche de profit offrent un cadre théoriquement propice à l'épanouissement professionnel (sens du travail) et permettent d'accueillir des populations en réinsertion. En outre, elles se voient souvent confier des activités d'utilité sociale dont la valeur ajoutée n'est pas forcément monétaire, et sont à ce titre souvent soutenues par les collectivités. Dans une optique sociale et environnementale, certaines de ces structures assument des activités connues pour leur sinistralité (services aux particuliers, collecte et récupération de biens usagés...). Rassembler les conditions économiques et techniques leur permettant de garantir les bonnes pratiques de prévention peut parfois constituer pour elles un défi. Une vigilance particulière est donc nécessaire dans la constitution des boucles économiques, afin d'éviter que ces types de structures ne se voient confier des activités à risques sans disposer des moyens permettant d'y faire face dans de bonnes conditions. Elles peuvent par exemple être amenées à exercer dans des locaux qui leur sont réaffectés, mais qui ne sont pas forcément adaptés à leur activité.

Dans ces nouveaux circuits, le consommateur joue également un rôle qui peut avoir un impact non négligeable. En prenant en charge certaines actions (tri, transport vers un point de collecte...), il peut jouer un rôle positif, allégeant la charge de travail des opérateurs. *A contrario*, par son indiscipline ou son incompréhension des consignes, il peut détériorer des situations de travail (par exemple, en introduisant des déchets dangereux dans des ordures ménagères, ou en transformant lui-même des équipements sans en informer les autres acteurs).

En développant les liens de dépendance entre acteurs, l'économie circulaire pose la question de la responsabilité des uns vis-à-vis des autres et de la circulation des informations entre les acteurs. Le dialogue entre intervenants des boucles devra donc être renforcé, et les questions de santé et sécurité des travailleurs ne devront pas être éludées dans ces échanges, qui pourraient entraîner la mise en œuvre d'actions de prévention mutualisées. La responsabilisation des acteurs passera certainement par une traçabilité renforcée au sein des boucles, permettant d'exercer des contrôles.

²⁷⁸ Ces questions ont fait l'objet d'une revue de littérature exhaustive dans le cadre du projet européen SESAME : <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/contexts-and-arrangements-occupational-safety-and-health-micro/view>

Conditions d'emploi : mobilité, flexibilité, évolution des compétences...

Ces modifications des relations entre acteurs économiques s'accompagnent également de modifications des conditions d'emploi, des statuts des travailleurs, et des parcours professionnels.

Dans un contexte de contraintes environnementales fortes et de recherche d'économies d'énergie, le télétravail sera amené à poursuivre son essor dans les services. Il s'accompagnera d'une évolution des environnements de travail tertiaires, avec le développement d'espaces de *coworking* et une évolution des politiques immobilières des entreprises réduisant leurs surfaces pour des questions de coûts et reconfigurant les bureaux de manière plus flexible. Cette transformation du fonctionnement des entreprises peut notamment avoir un effet d'affaiblissement des collectifs de travail, si les travailleurs ne sont amenés à se rencontrer que ponctuellement pour des réunions physiques, dans les locaux de l'entreprise de plus en plus dédiés à cet usage.

Pour d'autres profils de travailleurs, c'est plutôt une augmentation de la mobilité qu'il faut envisager. Cela sera sans doute le cas, par exemple, pour des opérateurs de maintenance avec des compétences très spécifiques, qui pourront être sollicités pour des interventions ponctuelles sur des zones géographiques potentiellement assez vastes.

Une bipolarisation de l'emploi est également probable entre des travailleurs très qualifiés et d'autres sans qualification ou aux qualifications décalées par rapports aux besoins. Les premiers pourraient être très demandés pour développer et déployer les innovations nécessaires à une économie plus sobre en ressources et pour le pilotage de sites de plus en plus automatisés. Les seconds constituent une force de travail disponible pour les activités manuelles non automatisables qui sont susceptibles de se développer dans les filières de réparation, réemploi, et recyclage.

Le recours plus important aux énergies renouvelables (EnR) peut également induire des modifications dans l'organisation de la production, et donc des horaires de travail. En effet, la production de certaines EnR (solaire, éolien) est dépendante des conditions climatiques. En regard des difficultés techniques posées par le stockage de ces énergies, les horaires de travail de certaines industries pourraient être variables en fonction des saisons, avec un tropisme vers le travail de nuit pour mieux répartir les consommations sur 24 heures.

Une saisonnalité de l'emploi pourrait d'ailleurs s'étendre à différents secteurs, au-delà des secteurs de l'agriculture et du tourisme déjà très concernés. Cela s'accompagnerait d'une plus grande mobilité d'une partie de la main-d'œuvre et d'une pluriactivité saisonnière qui pourrait être gérée *via* des groupements d'employeurs, par exemple.

Les processus d'innovation associés à l'économie circulaire peuvent également avoir des effets sur les organisations du travail. En effet, des progrès significatifs en matière d'économie de ressources ou de recyclage passeront par des nouveaux procédés, de nouvelles matières. Les phases de déploiement d'innovations risquent donc de s'enchaîner à des fréquences plus élevées, nécessitant des adaptations des compétences des opérateurs, et des changements dans la manière de travailler. Collaborations plus étroites et pluridisciplinarité peuvent être sources d'épanouissement pour les acteurs, car elles enrichissent le travail ; mais l'instauration de rapports équilibrés où chacun trouve sa place n'est pas évidente, des confrontations sont possibles.

Les avancées technologiques peuvent se traduire par des chantiers de grande ampleur conduits à un rythme soutenu, notamment lorsqu'elles concernent des réseaux (intervention sur les réseaux électriques ou de distribution d'eau) ou les bâtiments (rénovation énergétique). Les phénomènes de forte demande de main-d'œuvre pour des chantiers limités dans le temps accentuent le risque de voir confiées des tâches présentant des risques à des travailleurs insuffisamment formés et encadrés (sous-traitance, intérim, travailleurs détachés ou indépendants). La question du suivi – notamment médical – de ces travailleurs, qui pourront enchaîner de nombreux chantiers et diverses activités durant leur carrière, se pose.

Ces parcours de travailleurs, de chantier en chantier, pouvant être de natures différentes, appellent des procédures d'accueil et de tutorat adaptées et intégrant une dimension santé et sécurité importante pour limiter les risques liés à la découverte d'un nouvel environnement de travail.

Chaque phase de transition d'une technologie à une autre peut présenter son lot de risques pour les opérateurs. Ce fut par exemple le cas pour la substitution de produits chimiques dangereux pour la couche d'ozone, qui a conduit dans certains cas à réintroduire des solvants inflammables. Des efforts d'évaluation des risques, d'adaptation des dispositifs de prévention, mais aussi de formation et d'information des opérateurs sont nécessaires à chacune de ces transitions. Les opérateurs ne bénéficiant pas des formations et autres dispositifs leur permettant d'actualiser leurs compétences peuvent être mis en difficulté par ces phases de transitions technologiques.

III. Évaluation et prévention des risques dans des boucles de production

Gestion des entrants

Risques chimiques

Les évaluations des expositions de composés nuisibles pour la santé des travailleurs dans le recyclage de matériaux sont aujourd'hui plus ou moins bien documentées. De même, des solutions de prévention devront encore être trouvées pour certaines de ces opérations. Aujourd'hui, dans le cas de l'amiante, la doctrine a été établie : par exemple, dans la déconstruction des bâtiments ou dans le décaissement d'anciens enrobés routiers, une orientation vers une installation de stockage de déchets du niveau approprié s'impose. Mais d'autres produits – dont certains peuvent être potentiellement cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques – sont encore utilisés dans différents secteurs de l'industrie dont les productions peuvent être recyclées. C'est par exemple le cas des composés polybromés dans les matières plastiques des DEEE : ces opérations de recyclage devront être particulièrement surveillées du point de vue de l'exposition des travailleurs. Autre cas de figure : ce sont les opérations de recyclage elles-mêmes qui sont susceptibles de conduire à la formation de dérivés toxiques, soit par réaction avec d'autres composés, soit à cause de la chaleur, etc. Il y a donc aussi un risque d'enrichissement dans le temps de la matière première secondaire en composés toxiques.

La traçabilité évoquée précédemment devra donc être bonne et les procédés bien documentés, afin que des mesures techniques adaptées puissent être prises : épuration de la matière première secondaire, renforcement des mesures de prévention (procédé totalement clos, captage de la pollution à l'émission, etc.), utilisation de la ressource pour d'autres types de production moins susceptibles d'exposer les travailleurs (voire les consommateurs), valorisation énergétique, etc. Avant tout, il s'agit d'avoir la connaissance de la composition des produits et la capacité d'adapter leur utilisation.

Risques biologiques

Des produits d'origine organique, considérés jusqu'à récemment comme des déchets, font leur apparition en tant que matières premières dans de nombreuses filières de production. Se pose alors la question des risques biologiques qu'ils peuvent engendrer pour les professionnels qui les manipulent. En effet, des micro-organismes peuvent se développer sur ces matières : selon leur nature (papier, végétaux...), les éléments avec lesquels elles sont entrées en contact (sécrétions humaines, déjections animales, aliments...) et selon leurs conditions de stockage (exposition aux intempéries, aux animaux et insectes nuisibles). Ainsi, les papiers et emballages en plastique contaminés par des déchets organiques constituent une source de développement de bactéries et de moisissures. Les opérateurs de collecte et de tri sont alors exposés à ces micro-organismes par inhalation d'aérosols, dégagés lors du déchargement et du tri manuel. La présence de matériel médical infectieux qui n'aurait pas été éliminé dans la bonne filière constitue un réel danger pour les opérateurs.

Les bactéries et moisissures se développent également sur les produits agricoles non comestibles recyclés dans différentes industries : les coques de noix, de noisettes, ou les noyaux de fruits employés pour le décapage des métaux, les rafles de maïs employées pour le polissage des métaux, les balles de riz dans l'isolation thermique des bâtiments, les enveloppes de céréales dans les milieux de culture des insectes, les coques de cacao ou de noix de coco dans les cultures hors-sol... Dans toutes ces filières, les postes de travail au contact avec ces matériaux doivent faire l'objet d'une analyse des risques biologiques.

Aux bactéries et moisissures s'ajoutent d'autres dangers biologiques dus au contact des produits avec les humains et les animaux : l'agent de la gale, les puces, les punaises de lit... Ainsi, dans la filière de transformation des matelas et vêtements usagés, sont particulièrement exposés les opérateurs chargés de la collecte, du tri, de la déconstruction et du conditionnement. En prenant en charge des produits abandonnés ou ayant été stockés longtemps, les opérateurs peuvent également être confrontés à des animaux nuisibles (insectes, reptiles, rats...) et être exposés à des risques de piqûres ou de morsures.

Certains procédés de recyclage font intrinsèquement appel aux agents biologiques. C'est le cas pour le traitement biologique des eaux usées qui permet, couplé à des traitements physico-chimiques et des traitements membranaires, d'envisager la réutilisation de ces eaux (irrigation, réintroduction dans des *process*...). Des micro-organismes sont aussi utilisés pour la dépollution des sols et permettent ainsi la réhabilitation de sites industriels. Ce sont également des micro-organismes qui sont à l'origine de la production de méthane, à partir de la dégradation – en milieu anaérobie – de biodéchets (déchets alimentaires issus de la restauration, de l'industrie agroalimentaire et des points de vente, ou déchets issus de l'agriculture) pour produire de l'énergie.

En milieu aérobie, les micro-organismes dégraderont les biodéchets et déchets verts pour produire du compost. La nature des micro-organismes en présence n'est pas totalement maîtrisée. Indépendamment de leur caractère infectieux ou non, l'exposition prolongée aux bioaérosols est reconnue comme susceptible d'induire ou d'aggraver un certain nombre de pathologies respiratoires (rhinite, asthme, pneumopathies d'hypersensibilité allergique, syndromes toxiques des poussières organiques...). Par contre, certains procédés biotechnologiques de recyclage utilisent des micro-organismes parfaitement identifiés, par exemple pour produire du bioéthanol en dégradant des matières végétales (résidus de bois, bagasse de canne à sucre...), la plupart du temps dans des réacteurs fermés. Le risque biologique est alors mieux maîtrisé, mais le fait d'utiliser des réacteurs fermés peut générer d'autres risques (explosion, par exemple).

Logistique circulaire et complexification de la supply chain

S'engager dans l'économie circulaire suppose de disposer d'une logistique « inverse » permettant de récupérer les produits chez l'utilisateur ou dans des points relais pour les démanteler, les trier, les réparer, en récupérer certaines parties, les restaurer, les recycler ou les déclasser en déchets (en tout ou en partie).

La logistique inverse

Le retour des produits usagés ou de leurs composants pose un certain nombre de problèmes en termes de risques professionnels :

- Sauf à reporter les risques sur le consommateur en mettant en place des incitations (de nature positive ou négative) pour qu'il assure le retour du produit usagé vers un centre de collecte adéquat, le « premier kilomètre » sera un kilomètre à risques pour le transporteur. Les problèmes de conditionnement, de désassemblage ou de démontage d'encombrants, comme le mobilier, peuvent entraîner des risques de lombalgies, de TMS, mais aussi des risques chimiques, biologiques et mécaniques ;
- De plus, quelle que soit l'organisation du ramassage, les contenants utilisés pour les retours contiendront des pièces ou produits dont on ne connaîtra ni l'historique ni les transformations. Là aussi, risques chimiques, biologiques et mécaniques peuvent être amplifiés. La question du nettoyage des conteneurs pourrait devenir un enjeu de prévention important, tout comme celle de la traçabilité (des marchandises, mais aussi des contenants, des interventions subies par les produits, et des intervenants).

L'Internet physique

La logistique « classique » a déjà beaucoup évolué. Les nouvelles technologies ont permis d'envisager une organisation basée sur ce que l'on appelle « l'Internet physique » (la comparaison avec l'Internet étant liée aux modes de circulation des produits physiques calqués sur ceux de l'information sur Internet, c'est-à-dire en « paquets » standardisés et routés *via* des *hubs* automatisés).

La recherche de la compétitivité en logistique suppose en effet les transports de produits en améliorant :

- La capacité et le taux de remplissage des camions ;
- Le temps de livraison ;
- Le retour à plein des camions.

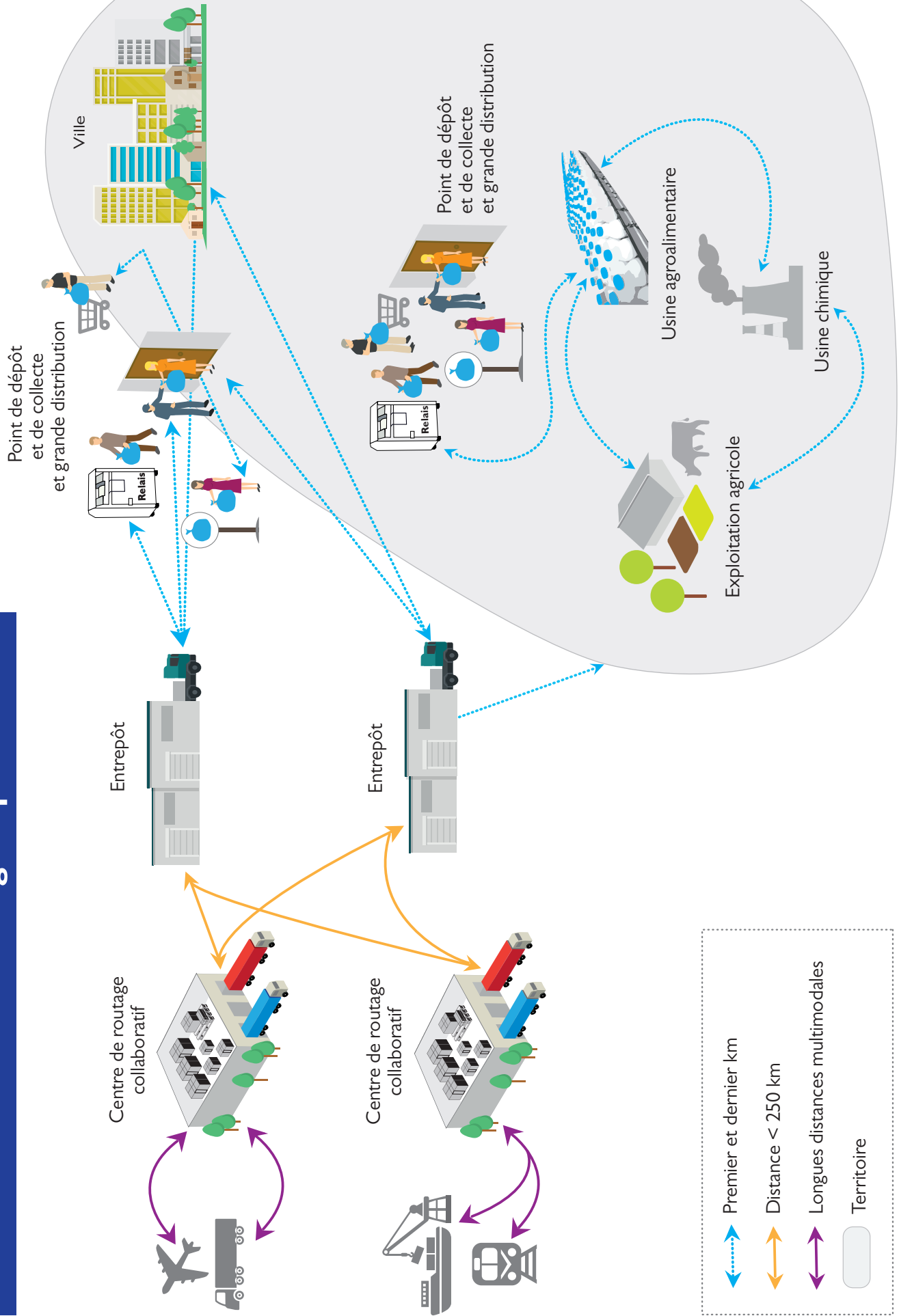
Ainsi, l'Internet physique organise les flux de marchandises autour de gigantesques *hubs*, dans lesquels chargement et déchargement sont automatisés pour le transport de contenants standardisés multi-industriels et multi-distributeurs. L'Internet physique devrait être favorisé dans le cadre de l'économie circulaire, qui multipliera les besoins en transport.

L'Internet physique peut présenter des opportunités en santé au travail. La standardisation des conteneurs, l'automatisation du chargement, du déchargement et des flux des conteneurs dans les *hubs* permettra de diminuer les risques liés à la manutention, au *picking*²⁷⁹ et au port de charges lourdes. De même, la création de *hubs* devrait permettre à chaque conducteur de « rentrer chez lui chaque soir », les distances étant par définition réduites, améliorant ainsi la qualité de vie des conducteurs. Il n'en est pas de même pour ceux qui seront responsables du dernier kilomètre, et qui devront gérer chargements, déchargements, contrôles, et rapports avec le réceptionnaire.

Ce système va de pair avec la création de nouveaux métiers de contrôle, demandant une vigilance de tous les instants et une prise de décision immédiate en cas de défaillance : responsabilité et réactivité peuvent être sources de risques psychosociaux et de dangers liés à l'isolement en cas d'accident. Cette solution, résultat de l'application des règles du zéro stock et du délai très court, associée à l'automatisation et l'informatisation, peut entraîner une perte d'autonomie dans le travail et une cadence imposée avec des risques TMS et RPS aggravés, mais également des risques mécaniques, des risques de collisions et d'accidents graves, si l'Homme co-travaille avec les robots. Enfin, le contrôle des produits et des conteneurs peut exposer le travailleur à diverses nuisances (comme des rayonnements ionisants).

²⁷⁹ Préparation de commandes qui consiste à prélever de manière ordonnée et à rassembler les articles dans la quantité spécifiée et de les mettre en colis.

Économie circulaire et logistique inverse



Centre pilote de routage collaboratif CRC® Sud-Est

IV. Focus sectoriels

Le BTP : nouvelles manières de construire et de déconstruire

Le secteur du bâtiment et des travaux publics (BTP) est l'un des plus concernés par le développement de l'économie circulaire. Tout d'abord parce que l'activité de construction est fortement consommatrice de ressources (sable, eau, énergie...) et polluante (la fabrication de ciment génère 5 % des émissions mondiales de CO₂). Ensuite car, durant toute leur durée de vie, les bâtiments sont d'importants consommateurs d'énergie, notamment pour le chauffage (les bâtiments résidentiels et tertiaires représentent 43 % de la consommation totale d'énergie²⁸⁰). Enfin, parce que le BTP est le premier producteur de déchets : 247 millions de tonnes en France, soit plus de 70 % du tonnage total de déchets²⁸¹.

Le BTP va donc connaître de fortes évolutions (déjà engagées pour nombre d'entre elles), qui auront des impacts sur les conditions de travail dans ce secteur. Parmi ces évolutions et leurs conséquences en santé et sécurité au travail, on peut notamment citer :

- Le développement de procédés et de matériaux de construction moins consommateurs de ressources non renouvelables. Cela peut se traduire par un recours plus fréquent au bois par rapport au béton par exemple, avec des risques associés différents, notamment une exposition aux poussières de bois qui sont un cancérogène avéré ;
- La recherche d'une plus grande évolutivité des bâtiments pour pouvoir en augmenter la durée d'usage, ainsi que la recherche d'une plus grande facilité de démontage et d'une déconstruction sélective. Cela amènera sans doute à recourir à plus d'éléments préfabriqués, qui seront assemblés sur les chantiers. Cela signifie un report d'un certain nombre de risques sur des lieux de production pérennes, moins soumis aux aléas d'un chantier. Autre effet de cette manière de construire : elle limiterait les manutentions manuelles sur les chantiers, dans la mesure où le poids et la taille des éléments préfabriqués imposeraient le recours à des solutions de manutention mécaniques, qui par ailleurs peuvent présenter d'autres risques ;
- La recherche d'une plus grande durabilité des bâtiments et le développement des bâtiments à énergie positive induisent des interventions plus fréquentes pour des opérations de maintenance ou le déploiement de nouveaux équipements. La conception des nouveaux bâtiments devra intégrer cette dimension en amont pour limiter les risques lors de ces interventions ultérieures (moyens d'accès sécurisés, éléments démontables). Cependant, les interventions sur du bâtiment ancien, qui n'a pas forcément été conçu pour, sont plus complexes et peuvent exposer les opérateurs à des risques graves. Par exemple, l'installation de panneaux photovoltaïques sur des toitures qui n'ont pas été conçues pour supporter ces nouveaux équipements, ni équipées de protections collectives contre les chutes de hauteur ;
- Des évolutions sensibles sont également attendues en matière de recyclage des déchets du BTP, qui sont aujourd'hui majoritairement réutilisés comme remblais. Plusieurs procédés prometteurs sont aujourd'hui en cours de déploiement, par exemple pour intégrer dans des bétons des granulats issus de la destruction de bâtiments anciens ou pour recycler des revêtements routiers. Ces solutions sont d'autant plus pertinentes d'un point de vue économie circulaire qu'elles sont souvent

²⁸⁰ Source ADEME : <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/chiffres-cles-observations>

²⁸¹ Voir la fiche variable sur les déchets et le recyclage

associées à des stations mobiles permettant d'opérer le recyclage des matériaux à proximité des chantiers. Elles posent cependant un certain nombre de questions en termes de santé et sécurité au travail, notamment celle du relargage de polluants présents dans les déchets destinés au recyclage (par exemple, amiante ou HAP) ou celle de la sécurisation de ces installations mobiles.

Énergies renouvelables : de nouvelles questions de prévention

Stockage de l'énergie

Le stockage de l'énergie est devenu un enjeu mondial et un défi majeur pour notre société du XXI^e siècle. Que ce soit pour répondre à une problématique environnementale afin d'assurer une transition écologique et énergétique nécessaire, ou pour satisfaire un besoin toujours plus important d'autonomie électrique (nomadisme), le développement de nouvelles technologies et l'optimisation de technologies existantes se sont intensifiés ces dernières années.

Si les énergies fossiles (charbon, gaz, pétrole) peuvent être facilement stockées, le stockage de l'électricité en grande quantité est beaucoup plus complexe. Pour cela, l'électricité doit être convertie en d'autres formes d'énergie (mécanique, thermique, chimique, électrochimique), dont le stockage est possible. On peut citer, par exemple : les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), les volants d'inertie, les piles, les batteries, le vecteur hydrogène, les stockages par chaleur latente ou sensible, etc.

Le stockage électrochimique (accumulateurs et batteries) est une technique souple et très répandue. On peut y adjoindre des supercondensateurs, qui stockent directement l'énergie électrostatique. Ces batteries et supercondensateurs sont destinés aussi bien à des applications mobiles (téléphone, ordinateur, cigarette électronique, véhicule...) qu'à des applications fixes (intégration d'énergies renouvelables excédentaires, fourniture d'énergie en cas de défaillances du réseau électrique, lissage de charge du réseau électrique...). Ils sont amenés à se répandre, car ils permettent d'utiliser une forme décarbonée d'énergie sur des systèmes mobiles et de lisser la distribution d'énergie dans un réseau alimenté par une source de puissance variable (solaire, éolien).

Outre les piles non rechargeables, les batteries au plomb furent les premiers systèmes électrochimiques rechargeables mis sur le marché. Sont ensuite apparues les batteries à base de nickel (Nickel-Cadmium, Nickel-Zinc, Nickel-Fer, Nickel-Hydrogène et Nickel-hydrure métallique). Enfin, les batteries à base de lithium ont été développées : à base de lithium métal dans un premier temps, mais abandonnées pour raisons de sécurité et remplacées par les batteries Lithium-Polymère et Lithium-ion.

Actuellement, la technologie Lithium-ion domine le marché. Plusieurs variantes de ces batteries ont été développées selon la nature de la cathode utilisée, constituée d'oxydes mixtes de cobalt, manganèse, lithium, nickel, aluminium, fer ou titane.

D'autres technologies sont également à l'étude. Les batteries Lithium-Soufre et Lithium-air, ou encore celles substituant le lithium (dont l'approvisionnement peut s'avérer difficile) par le sodium – plus abondant, moins coûteux et plus « durable » (Na-ion, Na-S..) –, voire par le magnésium, le potassium ou le calcium, pourraient devenir les batteries du futur.

Afin de répondre à une demande très forte d'amélioration de performances de ces batteries Lithium-ion (durée de vie, puissance, densité d'énergie, temps de charge, stabilité), de réduction des coûts de fabrication et d'élimination, tout en intégrant la question de la disponibilité des matières premières nécessaires à leur fabrication, les développements sont aujourd'hui très rapides. La sécurité liée à l'utilisation de ces batteries est un facteur qui est également intégré par les fabricants.

Néanmoins, de nombreux incidents et accidents ont pour origine un dysfonctionnement ou une mauvaise utilisation de batteries électrochimiques. Si les risques d'explosion sont très souvent mis en exergue, ils ne sont pas les seuls. Le risque chimique est également présent, du fait de la toxicité des métaux utilisés pour la fabrication des électrodes. Même si ce risque n'est pas clairement identifié, des émissions de fluorure d'hydrogène, d'oxydes de lithium, d'aluminium, de nickel, de cuivre, de cobalt ou de fluorures de phosphore ne peuvent être exclues.

Risques biologiques et méthanisation

Les procédés de méthanisation présentent le double avantage de dégrader des déchets et de produire de l'énergie. La méthanisation est une technique permettant de produire du biogaz (biométhane), tout en accélérant la dégradation des déchets organiques.

Les déchets organiques qui alimentent les méthaniseurs sont très variés selon leur implantation : les lisiers porcins ou bovins, les fientes de volaille, la pulpe de pomme de terre, les résidus de maïs ou de céréales, les déchets de brasseries, les graisses usagées, la mélasse, les biodéchets, les boues de station d'épuration... Ces déchets peuvent tous contenir des agents biologiques plus ou moins pathogènes, comme des parasites et bactéries issus des lisiers porcins et bovins ou des fientes de volaille, ou encore des bactéries et champignons microscopiques poussant sur les déchets végétaux et organiques. Lors de la collecte, du stockage et de la préparation de la « soupe » alimentant le méthaniseur, les opérateurs peuvent être exposés par voie digestive (en portant les mains à la bouche ou en se léchant les lèvres après projection sur le visage), par inhalation d'aérosols produits lors des opérations de manipulation des déchets ou de nettoyage des surfaces à l'aide de jet d'eau à haute pression, par contact cutané si coupure avec du matériel souillé...

Une fois intégrés dans le méthaniseur, les déchets ne sont plus en contact avec les opérateurs. D'autres micro-organismes spécifiques dégradent alors ces matières et produisent du biogaz, constitué en majorité de méthane. Le biogaz est ensuite orienté vers un moteur de cogénération pour produire de la chaleur et de l'électricité, ou épuré pour être employé en tant que combustible (gaz de ville, véhicule).

La partie des matières non dégradée par le méthaniseur (le digestat) est ensuite mélangée à des déchets verts et compostée. Les opérateurs du centre de compostage sont également reconnus pour être exposés aux bioaérosols, notamment lors des opérations de retournement des andains.

Dans le cadre de la méthanisation, les risques biologiques sont à évaluer au même titre que les risques chimiques liés aux gaz produits par les micro-organismes et les risques d'explosion inhérents à certains gaz.

Activités de recyclage, deux exemples

Recyclage des pneus usagés

Les pneus usagés sont des déchets. Plusieurs filières de valorisation et de réutilisation existent. Par rechapage, le pneu peut être réutilisé dans sa fonction première, mais il peut être aussi valorisé énergétiquement (dans les cimenteries, par exemple) ou encore réutilisé sous forme de granulats dans les terrains de sport synthétiques ou sur les aires de jeux pour enfants.

Le transfert de ces matériaux dans ces nouvelles filières peut engendrer de nouveaux risques. Par exemple, les composés toxiques contenus dans les pneus peuvent contribuer aux expositions des travailleurs, des consommateurs ou de l'environnement par la production de fumées lors de la valorisation énergétique. En valorisation énergétique, cette problématique est connue et des solutions de prévention techniques existent, car la plupart des fumées produites contiennent déjà potentiellement des substances dangereuses. *In fine*, dans cette filière, le procédé conduit à une suppression du risque, car les pneus sont détruits.

Dans le cas du recyclage des pneus sous forme de granulats dans les revêtements de sols synthétiques, la problématique n'est pas la même. Les analyses de cycles de vie sont généralement favorables à ce type de réutilisation par granulation de pneus pour des raisons économiques. Dans le même temps, cette réutilisation fait l'objet de nombreuses controverses publiques depuis les années 2000 quant aux risques sanitaires qu'elle pourrait induire. Elle renvoie effectivement à un matériau granulé contenant des cancérogènes reconnus que sont les HAP, et de multiples substances chimiques, connues (agents de charge, phtalates...) mais également inconnues. En outre, leur traçabilité, comme celle de leurs différents composants, s'avère limitée. Par ailleurs, l'argument présenté est souvent d'affirmer que les professionnels sont formés et qu'ils sont en capacité de mettre en œuvre les moyens de prévention adaptés : mais les mesures d'hygiène et de sécurité lors de la pose et de l'entretien des revêtements de sols à base de granulats de pneus ne sont pas systématiquement appliquées. Finalement, les évaluations des risques restent parcellaires. Si bon nombre d'entre elles concluent à des risques négligeables pour la santé publique, des écueils méthodologiques existent et les incertitudes restent nombreuses²⁸². Elles touchent à la connaissance comme à la gestion du risque, notamment pour les travailleurs lors des utilisations et maintenances successives de ces matériaux²⁸³.

Recyclage des piles, une activité sous surveillance

Dans un système d'économie circulaire, la demande en source d'énergie électrique portable et ambulatoire progresse significativement. Si les accumulateurs (batteries) constituent, en termes de tonnage, l'essentiel de la production annuelle, la quantité de piles alcalines et salines produites est également considérable. Le gisement des batteries mises annuellement sur le marché est dominé par la production de batteries au plomb et

282 ANSES (2018). Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relative à une demande sur les éventuels risques liés à l'emploi de matériaux issus de la valorisation de pneumatiques usagés dans les terrains de sport synthétiques et usages similaires ; ANSES (2018). « Scientific and technical report on the possible risks related to the use of materials derived from the recycling of used tyres in synthetic sports grounds and similar uses »

283 C'est également le cas pour les usagers.

par celles fonctionnant au nickel-cadmium, mais la production de batteries de type lithium-ion est en forte progression. La question de la collecte et du recyclage des piles et accumulateurs se pose, ainsi que, par extension, celle de l'exposition professionnelle des opérateurs en charge de ces activités.

Considérées comme déchets non dangereux pour la population, les piles alcalines et salines sont à l'origine, au cours de leur recyclage, d'un risque chimique élevé pour les opérateurs. Ce risque provient de la présence, dans les ambiances de travail, de composés gazeux et particulaires, de natures organique et minérale. Étape incontournable dans les procédés de retraitement de ces déchets, le broyage se révèle particulièrement émissif, avec notamment comme principales substances identifiées dans les ambiances de l'ammoniac et des aérosols solides d'oxydes de zinc et de manganèse. Une attention particulière doit être portée au confinement des broyeurs et au captage de substances émises.

En ce qui concerne les batteries au plomb ou encore celles au nickel-cadmium, les filières de collecte et de retraitement peuvent être organisées facilement, et les risques professionnels correspondants bien identifiés. Toutefois, qu'il s'agisse de procédés hydrométallurgiques ou pyrométallurgiques, la nécessité de consolider la connaissance de l'exposition des personnels à des composés tels que les oxydes de cobalt, de manganèse ou de lithium lors du retraitement des batteries Lithium-ion – voire des nouveaux types développés pendant la période – s'impose. Cela constitue sans aucun doute un enjeu majeur pour une intégration réussie de ce secteur d'activité au sein d'une économie circulaire responsable. Il s'agira notamment de s'assurer que ces batteries, en fonction de leurs spécificités, soient bien prises en charge dans des installations adaptées et par du personnel qualifié.