

PROSPECTIVE DES MATÉRIAUX

4/4

La consommation de matériaux au cœur de l'organisation de notre société



MÉTROPOLE

GRAND LYON

Juin 2023

SOMMAIRE

Introduction générale

Les matériaux, un enjeu d'avenir pour le territoire métropolitain3

La consommation de matériaux au cœur de la « grande accélération »5

**Panorama de l'impact des tendances économiques et sociétales
sur la consommation de matériaux.....8**

Du point de vue de la réglementation9

Du point de vue des acteurs économiques.....13

Du point de vue des usagers.....18

Focus sur des fonctions sociales et leur impact sur les matériaux.....25

Se loger27

Se déplacer35

Se meubler.....45

Analyse transversale 51

Annexe..... 54

#JUIN 2023

Métropole de Lyon

■ **Coordination**

Direction de la prospective et du dialogue public

Nicolas Leprêtre et Jean-Loup Molin

■ **Rédaction**

DPDP/réseau de veille prospective

Claire Deligant, Arthur Grimonpont, Solène Manouvrier et Grégory Richa

■ **Réalisation**

Nathalie Joly (DPDP)

Illustrations : AdobeStock

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les matériaux, un enjeu d'avenir pour le territoire métropolitain

Tout pousse à ce que la prospective s'intéresse aux matériaux, leurs propriétés physiques, leurs procédés de transformation et les innovations qui les entourent.

D'abord parce que l'extraction et la consommation de matériaux est au cœur de notre société : elles se retrouvent dans nos biens de consommations du quotidien, dans le fonctionnement de notre économie, dans les services privés et publics dont nous bénéficions, et par les effets sur le climat et le vivant qui en découlent.

S'intéresser aux matériaux, leurs usages actuels, leur utilisation croissante ou leur abandon, c'est **comprendre leur place centrale dans notre société**, alors qu'ils sont rarement visibles dans les grands concepts qui guident le débat public. Quels sont les matériaux les plus présents dans notre quotidien ? Ceux dont l'économie dépend ? Ceux dont on ne peut pas se passer pour nos besoins essentiels ? Quels usages faudra-t-il changer ?

Ensuite, parce que nous sommes entrés dans une période de chocs et de stress continus, qui révèlent notre dépendance aux matériaux et qui laissent entrevoir des crises à venir, *a fortiori* dans un contexte géopolitique instable et face à l'impératif de transition énergétique.

S'intéresser aux matériaux, que ce soit la structuration des filières ou la disponibilité des ressources, c'est **anticiper les risques et hiérarchiser les priorités stratégiques**. Quels matériaux vont-êtré le plus demandés ? De quels matériaux dépend-on le plus ? Lesquels sont voués vraiment à se raréfier, alors que d'autres demeureront abondants ? Quelle est la criticité de chaque matériau ?

Enfin, parce que le domaine de l'innovation technologique est de plus en plus complexe. Les appels à « substituer » tel matériau par un autre ou à investir dans une nouvelle technologie engendrent des débats d'experts sur l'opportunité économique, la faisabilité physique, les impacts écologiques.

Sans pouvoir répondre à toutes les questions, **il en ressort un besoin de pédagogie autour de ces éléments techniques** (procédés, substituabilité, évolutions d'usages, innovations) pour aider les décideurs et citoyens à trouver des repères, pour se faire une opinion. Quelles alternatives en termes d'usage ou d'innovation peut-on raisonnablement espérer ? Quelles sont les limites physiques et écologiques qu'on ne peut pas ignorer ? Pour diminuer notre dépendance, qu'est-ce qui relève de l'optimisation des procédés, des filières ou d'une sobriété d'usages ?

C'est pour répondre à ces questions qu'une prospective des matériaux prend tout son sens. À son échelle, **elle contribue à la résilience du territoire, en proposant des clés de lecture claires, partagées publiquement, sur les enjeux et défis à venir** sur des catégories de matériaux stratégiques dont il faut se préoccuper collectivement.

Les intentions sont ambitieuses, peut-être trop. Les études qui suivent ne visent pas à l'exhaustivité du propos, loin de là, ce qui a amené à certains choix :

- Par « matériaux », on s'intéresse à la matière d'origine naturelle ou artificielle utilisée pour fabriquer des biens (véhicules, meubles, objets, etc.), construire des bâtiments ou des machines. On écarte ainsi l'alimentation et l'énergie.
- Des focus sur des matériaux courants et stratégiques sont privilégiés à un propos couvrant l'ensemble des matériaux existants.
- À ce stade, le travail pose un panorama généraliste des tendances et de l'actualité, mettant au même niveau des matériaux à la criticité variée (le verre, le bois, les métaux) et des procédés forts différents – la récolte et le lavage de la laine et la lithographie de circuits intégrés – de façon à ne pas se fermer de porte sur des matériaux potentiellement à enjeux. Ce travail ne propose donc pas, à ce stade, une priorisation des matériaux stratégiques pour le territoire métropolitain ou régional¹.

¹ Le choix a été fait dans les deux premiers documents de décrire le périmètre de la région Auvergne-Rhône-Alpes et non seulement celui du Grand Lyon car, en matière d'importation de matériaux, de structuration de filière et de chaîne de production, le périmètre grandlyonnais aurait été trop restreint.

Méthodologie

Le réseau de veille de la prospective s'est appuyé pour la rédaction de ce travail sur une revue de littérature et sur plusieurs entretiens auprès d'experts, également publiés sur Millénaire 3. Pour proposer plusieurs entrées de lecture à ce sujet foisonnant, quatre études ont été réalisées :

- La première étude, **« Les tendances et enjeux des consommations de matériaux »**, propose un panorama général de la consommation de neuf matériaux : le bois, les fibres textiles, le caoutchouc, le ciment, le plâtre et la terre cuite, le verre, les composites, le plastique et les métaux. Chacun est mis en perspective par rapport à des enjeux de souveraineté, de décarbonation/biodiversité, de circularité/substituabilité, et d'économie locale.
- La deuxième étude, **« Les évolutions des filières de transformation et de consommation de matériaux »**, explore la manière dont la dépendance en matériaux et les impératifs réglementaires, climatiques et économiques bouleversent huit filières : la construction-bois, le textile, le papier-carton, la métallurgie, la chimie, l'automobile, les énergies renouvelables et l'électronique.
- La troisième **« Les impacts des procédés techniques sur les matériaux »**, détaille les innovations entourant différentes catégories de procédé technique, en proposant des focus sur quatre procédés : la lithographie des circuits intégrés, la fabrication dans la filière photovoltaïque, la récolte et le lavage de la laine, et les procédés de remanufacturing.
- La quatrième étude, **« La consommation de matériaux au cœur de l'organisation de notre société »**, propose un aperçu des tendances réglementaires, économiques et d'usage qui ont une influence sur la consommation à la hausse et à la baisse de matériaux, en s'appuyant sur l'illustration de trois usages : se loger, se déplacer, se meubler.

Bonne lecture !

Nicolas Leprêtre

La consommation de matériaux au cœur de la « grande accélération »

La « grande accélération » désigne la période historique démarrée au sortir de la seconde guerre mondiale et se poursuivant jusqu'à nos jours (Steffen et al., 2007). Elle est marquée par l'augmentation rapide et accélérée, unique dans l'histoire humaine, de l'impact des sociétés humaines sur les grands équilibres planétaires : cycles de l'eau et du carbone, biodiversité, couverture forestière... Il en résulte une altération rapide des conditions d'habitabilité de la planète pour des milliers d'espèces ainsi qu'un risque accru de dépassement de certaines « limites planétaires » au-delà desquelles la Terre pourrait devenir durablement inhabitable pour l'espèce humaine (Steffen et al., 2015).

La grande accélération est étroitement liée à l'extractivisme, c'est-à-dire une économie fondée sur l'extraction et l'exploitation de ressources naturelles qui ne se renouvellent pas ou se renouvellent à un rythme bien inférieur au rythme de leur prélèvement. Ces ressources peuvent être des matériaux bruts (granulats, minerais, minéraux), des sources d'énergie primaire (combustibles fossiles, uranium) ou encore des organismes vivants (biomasse végétale, animaux terrestres et marins). La croissance économique est le premier facteur prédictif de la consommation de matériaux. Dans toutes les régions du monde, le produit intérieur brut (PIB) est étroitement corrélé au flux annuel de matériaux consommés, aussi appelé « empreinte matérielle » de l'économie (Wiedmann, 2013).

Trois phénomènes concomitants caractérisent la grande accélération du point de vue matériel : l'accumulation, la complexification et l'intensification.

1. L'accumulation

Le PIB et l'empreinte matérielle sont des flux : ces indicateurs mesurent respectivement la création de richesse économique et la quantité de matériaux consommés sur une période donnée. Comme le capital - économique comme matériel - s'érode moins vite que la création de richesses, il en résulte une accumulation continue de matières transformées (l'érosion de capital matériel correspondant à l'accumulation de déchets). Depuis 2020, pour la première fois de l'histoire humaine, la masse anthropique, c'est-à-dire la masse totale des objets fabriqués par l'homme, excède la biomasse mondiale, c'est-à-dire la masse sèche de la totalité du vivant terrestre, évaluée à environ mille milliards de tonnes (Elhacham et al., 2020).

2. La complexification

La grande accélération s'accompagne d'une libéralisation du commerce international et d'une mondialisation sans précédent des chaînes de production. L'économie contemporaine est marquée par une intrication et une complexité extrême des chaînes de valeur. La fabrication de biens matériels de base repose le plus souvent sur l'assemblage de nombreux matériaux bruts ou transformés issus des cinq continents. À titre d'exemple, la fabrication d'un objet aussi banal qu'un yaourt aux fraises repose sur une demi-douzaine d'espèces végétales et animales, une dizaine d'industries lourdes et plusieurs milliers de kilomètres de transport maritime et routier.

3. L'intensification

Le découplage absolu, qui désigne l'augmentation du PIB couplée à une diminution des matériaux consommés, n'est observé dans aucune économie développée. À l'échelle mondiale, on assiste au contraire depuis les années 2000 à un « surcouplage » : chaque point de croissance économique est associé à une croissance plus élevée (et non moindre) de la consommation de matériaux. Par ailleurs, les gisements les plus concentrés sont les premiers à être exploités : à mesure de leur épuisement, l'exploita-

tion est soumise à des rendements décroissants : il faut brasser des quantités toujours plus grandes de matière pour obtenir une même quantité de matériaux. Parallèlement à l'augmentation de la consommation des matériaux historiquement exploités, on assiste aussi à l'élargissement du périmètre des matériaux consommés. À mesure que l'économie se complexifie, des ressources naturelles encore récemment déconsidérées sont désormais valorisables et exploitées.

Un certain nombre de mécanismes sous-tendent ces trois phénomènes :

- Le **productivisme** désigne un système d'organisation économique dans lequel la production de biens marchands est donnée comme objectif premier. La croissance économique est aujourd'hui au cœur des objectifs de la plupart des États et organisations supranationales.
- Le **consumérisme** désigne l'ensemble des modalités économiques et réglementaires (publicité, crédit à la consommation, défiscalisation) mises en œuvre pour encourager un mode de vie lié à la consommation : c'est le besoin symétrique d'une économie productiviste.
- La **numérisation**, encouragée par la puissance publique et les entreprises, plébiscitée par les consommateurs, contribue à augmenter le rythme de renouvellement des équipements et donc la consommation de matériaux, et augmente l'usage dispersif (dissémination irréversible de la matière dans l'environnement) de certains matériaux critiques.

La « grande accélération » a de profondes implications physiques, économiques et politiques. Elle nous confronte en particulier à l'imminence d'un pic de production matérielle ainsi qu'à une dégradation potentiellement irréversible des conditions d'habitabilité de la planète.

Principales sources utilisées

- Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J. et al. (2020) *Global human-made mass exceeds all living biomass*. Nature 588, 442–444.
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (2016) *Global material flows and resource productivity*. An assessment study of the UNEP International Resource Panel.
- Steffen, W., Crutzen, P. J., et McNeil, J. R. (2007) *The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?*, Ambio, Royal Swedish Academy of Sciences, vol. 36, no 8
- Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, S.E. Cornell, et. al. (2015) *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Science 347: 736.
- Wiedmann, T. O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J. et Kanemoto, K. (2013) The material footprint of nations, Proceedings of the National Academy of Sciences, 112

Panorama de l'impact des tendances économiques et sociétales sur la consommation de matériaux

L'accélération de l'extraction et de la consommation de matériaux s'inscrit dans un ensemble de tendances et de contre-tendances qu'il convient de préciser.

Dans ce document, trois prismes ont été retenus : les changements de réglementation, les stratégies des acteurs économiques et les évolutions d'usages.

Du point de vue de la réglementation

Arthur Grimonpont.....09

Du point de vue des acteurs économiques

Claire Deligant.....13

Du point de vue des usagers

Solène Manouvrier18

DU POINT DE VUE DE LA RÉGLEMENTATION

TENDANCES LOURDES

• Une exploitation des ressources inscrite dans la croissance économique

Qu'il s'agisse d'activités économiques fondées sur l'exploitation de matières premières (carrières, extraction minière, exploitation forestière), sur leur transformation primaire (hauts fourneaux, cimenteries, scieries) ou sur leur utilisation finale (industrie manufacturière, BTP, commerce et services), les entreprises ont toutes besoin de matériaux pour prospérer. Leurs objectifs de profits croissants sont assujettis à une disponibilité croissante des matériaux sur lesquels leur activité repose. Depuis la révolution industrielle, les énergies fossiles et le moteur à combustion ont permis une explosion de la puissance de transformation humaine et donc de la quantité de matériaux consommés.

La « grande accélération » est aussi permise par la circulation accélérée de biens dont les matériaux et de services entre différentes régions du monde, à la faveur de la multiplication de zones et d'accords de libre-échange tout au long de la seconde moitié du 20^e siècle et au début 21^e siècle. Les matériaux sont compris comme un facteur essentiel de développement et la puissance publique encourage leur production/transformation plus qu'elle n'encadre leur exploitation.

• Une prise en compte superficielle des problématiques d'épuisement

L'année 1972 marque le début de la prise en compte, par la communauté internationale, des problématiques écologiques liées à la finitude des ressources et à la pollution. Cette année est en particulier marquée par deux événements marquants :

- le premier sommet de la Terre a lieu à Stockholm. Il établit comme principe que « Les ressources naturelles du globe [...] doivent être préservées dans l'intérêt des générations présentes et à venir par une planification ou une gestion attentive selon que de besoin » et que « Les rejets de matières toxiques ou d'autres matières [...] en quantités ou sous des concentrations telles que l'environnement ne puisse plus en neutraliser les effets doivent être interrompus de façon à éviter que les écosystèmes ne subissent des dommages graves ou irréversibles ».
- le rapport *The Limits to Growth* est publié et connaît un succès mondial. Cette étude, commandée par le Club de Rome et réalisée par des chercheurs du MIT, a permis de scénariser différentes trajectoires du système terre selon un modèle de dynamique des systèmes et de mettre en évidence l'épuisement des ressources inéluctables dans le cas où le modèle économique actuelle ne serait pas remis en cause.

Ces constats n'ont toutefois pas donné lieu à l'émergence d'instances de régulation internationales suffisamment fortes pour imposer aux entreprises et aux États la préservation des ressources et la limitation des pollutions.

À l'échelle européenne comme nationale, aucune législation n'encadre l'exploitation ou la transformation de matériaux du point de vue de la finitude des ressources. Dans l'ensemble, les réglementations existantes liées à l'économie des matériaux sont incitatives au lieu d'être contraignantes. Les principales mesures contraignant indirectement la production et la consommation de matériaux concernent les émissions de gaz à effet de serre : un certain nombre d'industries énergivores de transformation de matériaux bruts sont soumises à l'obligation d'acheter des quotas carbone sur le marché européen.

Les contraintes réglementaires et le coût du travail ont toutefois incité à une importation croissante de matériaux depuis l'étranger. Ainsi, l'extraction et la transformation de matériaux en Europe ont stagné depuis 2008, tandis que l'empreinte matérielle de l'économie a continué de suivre la croissance du PIB européen : environ un tiers des matériaux consommés en Europe proviennent de l'étranger (Eurostat, 2023).

• Une prise en compte des externalités négatives

La législation européenne en matière de protection de l'environnement couvre plusieurs domaines en lien avec l'extraction et la transformation de matériaux : l'énergie ; les émissions de gaz à effet de serre (GES) et de substances qui détruisent la couche d'ozone ; la qualité de l'air ; les déchets ; l'eau ; les substances chimiques ; la biodiversité et l'usage des sols. Pour chacun de ces domaines, l'Europe fixe des cibles et des objectifs contraignants ou non-contraignants.

Une fiscalité contraignante encadre l'industrie suivant le principe du pollueur-payeur, qui consiste à imputer aux acteurs économiques la responsabilité de payer pour « réparer » les dommages infligés à l'environnement par leurs activités. Au niveau européen, la taxe environnementale est définie comme « une taxe dont l'assiette est une unité physique d'une activité ayant impact négatif spécifique et avéré sur l'environnement ».

Les principales taxes environnementales en vigueur dans l'UE sont les suivantes :

- La première catégorie de taxes concerne les émissions de gaz à effet de serre. Le mécanisme européen d'échange de quotas d'émission (EU-ETS) plafonne les émissions et organise leur échange. En complément, certains États membres ont adopté une taxe carbone. En ce qui concerne les autres gaz à effet de serre, il existe des quotas pour les gaz fluorés établis par un règlement européen. Des mesures visant les activités polluantes telles que l'industrie minière peuvent inclure l'émission de gaz pour lesquels certains États ont édicté une taxe.
- La deuxième catégorie de taxes concerne la lutte contre les pollutions : pollution de l'air, de l'eau et des sols (déversements et autres rejets dans l'environnement). En ce qui concerne la pollution de l'air, l'émission de polluants sous forme de gaz ou de particules fait l'objet de mesures de réduction des émissions au niveau national et des objectifs en termes de concentration de polluants au niveau local. Des mesures fiscales sectorielles peuvent être utilisées, notamment sur le carburant et les transports. En ce qui concerne la pollution de l'eau, des réglementations visent à limiter l'usage de certains polluants (nitrates et détergents pour limiter les phosphates et composés du phosphore) et réglementent l'usage et la gestion de l'eau. Les redevances et taxes des organismes gérant l'eau mettent en œuvre le principe du pollueur-payeur à l'échelle nationale.
- La fiscalité environnementale peut aussi viser à préserver la biodiversité et contribuer à la préservation des ressources ;
- En ce qui concerne les déchets, des taxes peuvent être édictées par l'État ou les autorités locales relatives aux ordures ménagères ;
- Peuvent enfin être créées des taxes sur les matières premières (par exemple les granulats).

Prises dans leur ensemble, ces taxes s'élèvent à 2,5% du PIB de l'UE. Cependant, l'écrasante majorité des taxes collectées concernent l'énergie et les transports (97%). Bien que celles-ci aient une incidence indirecte sur la production et la consommation de matériaux, les autres externalités associées à ces activités (pollutions locales, épuisement des ressources, biodiversité) sont très peu prises en compte.

TENDANCES ÉMERGENTES

• La Responsabilité Élargie du Producteur

En dehors des déclinaisons nationales des différentes taxes et réglementations européennes, la France a mis en place un principe de Responsabilité Élargie du Producteur (REP) qui consiste en une prise en charge de la fin de vie des produits par les producteurs. Les fabricants et distributeurs qui mettent sur le marché des produits générant des déchets, doivent prendre en charge la gestion de ces déchets, notamment financièrement. La REP peut être assurée par les entreprises de manière individuelle ou collective, au travers d'un éco-organisme.

Concrètement, les filières REP ont permis de diminuer de manière significative l'élimination des déchets (enfouissement et incinération) via la mise en place de filières de valorisation matière et de valorisation énergétique. Les filières REP n'ont pas pour seul objectif de traiter les déchets produits, mais aussi de les prévenir en agissant sur l'ensemble du cycle de vie des produits. Malgré cette double finalité, force est de constater que le taux de réemploi dans les filières REP reste marginal par rapport à la valorisation matière ou énergétique, notamment parce que la collecte des déchets est bien souvent destructive empêchant par là même toute possibilité de réemploi. Des voix s'élèvent pour mettre en évidence que les filières REP conditionnent un fonctionnement basé sur le recyclage et qu'elles n'ont pas une action suffisante pour s'attaquer à l'origine des déchets (Berlingen, 2020).

Pour l'essayiste Flore Berlingen, ce principe connaît en effet plusieurs limitations majeures :

- d'ordre théorique, comme la difficulté à évaluer le coût économique des dégradations environnementales (quel est le coût d'un cours d'eau pollué ou d'une espèce éteinte ?), sans compter le coût potentiellement « infini » à l'approche du dépassement de seuils mettant en péril l'habitabilité du système Terre ;
- d'ordre pratique : la difficulté à déterminer à qui incombe la responsabilité des pollutions non détectées et qui ne sont pas payées, ou encore la difficulté lorsque le « coût environnemental » dépasse les capacités de paiement du pollueur.

À cause de ses limites, mais aussi parce qu'il se heurte frontalement aux intérêts économiques d'entreprises occupant une place centrale dans l'activité économique et l'emploi, l'application de ce principe est progressive. À titre d'exemple, le principe de la responsabilité des producteurs pour la gestion des déchets issus de leurs produits est inscrit dans la loi française sur les déchets et dans la directive européenne sur les déchets depuis 1975. Le dispositif des filières à responsabilité élargie du producteur a cependant véritablement pris son essor en France, avec le décret du 1^{er} avril 1992 sur les emballages ménagers. La loi AGECE (loi anti-gaspillage pour une économie circulaire), entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2022, instaure la mise en place d'une filière de Responsabilité Élargie du Producteur (REP) pour les acteurs du bâtiment (principe du « pollueur-payeur »). L'idée consiste, pour les producteurs, fabricants, distributeurs ou importateurs de matériaux, à prendre en charge la gestion des futurs déchets issus de leurs produits. La reprise de ces déchets dans les points de collecte n'est gratuite qu'à condition que les déchets soient triés et respectent le cahier des charges établi par la structure de collecte (Geode Environnement, 2021).

• Vers une relocalisation des mines encouragée réglementairement ?

À l'échelle nationale, la tertiarisation de l'économie et la désindustrialisation se sont accompagnées d'une délocalisation partielle des activités d'extraction minière et de transformation des matériaux. Une relance minière est aujourd'hui prônée par les gouvernements européens en raison de la dépendance des États vis-à-vis des minerais extraits en dehors de l'Europe et consommés en quantité croissante. Les mobilisations contre les mines en France ont jusqu'à présent empêché la plupart des projets de réouverture. Une part importante des mines françaises sont cantonnées à l'Outre-mer, particulièrement en Guyane et en Nouvelle-Calédonie.

Le code minier, principale législation encadrant l'ouverture et l'exploitation des mines françaises, a connu une importante réforme en 2022. Il soumet désormais les titres miniers à une analyse économique, sociale et environnementale préalable. Il donne aussi la possibilité de refuser un titre pour des raisons environnementales. À compter du 1^{er} janvier 2023, les travaux miniers sont soumis à autorisation environnementale comme les demandes d'autorisation relevant de la loi sur l'eau ou de la législation sur les installations classées (ICPE), comme c'était déjà le cas pour les carrières.

- **À l'échelle européenne, un cadre environnemental trop peu contraignant**

Si le *Green Deal* européen reconnaît le rôle crucial de la fiscalité environnementale pour soutenir les investissements de transition, la part relative des taxes environnementales dans le total des recettes fiscales a pourtant diminué au cours des deux dernières décennies (il est passé de 6,6% en 2002 à 5,9% en 2019). Au-delà des taux de taxation, cet effet résulte de l'érosion des flux sur lesquels portent ces taxes (flux qu'elles visent précisément à réduire).

Par ailleurs, l'atteinte des objectifs de transition énergétique nécessitera de très importantes quantités de matières premières pour renforcer l'infrastructure énergétique et décarboner la production. Une étude réalisée par Systemic (2022) et financée par la fondation européenne pour le climat montre que si l'UE veut assurer un approvisionnement suffisant en matériaux critiques, **elle ne pourra faire l'économie d'une stratégie d'économie circulaire de grande envergure visant à faire décroître les flux de matières**. Le problème qui se pose à l'UE est notamment géostratégique : elle est contrainte d'importer la plupart des matériaux essentiels à sa transition. Pour certains matériaux, comme le lithium, l'Europe mise sur une relance de la production régionale. Mais, d'après les auteurs de l'étude, cela s'avère insuffisant : l'UE devra nécessairement encourager l'économie de l'usage, l'écoconception, la réduction de l'usage et le réemploi. À titre d'exemple, «si les ventes de voitures neuves était réduite de 1,4% par an, cela pourrait réduire de moitié la consommation totale de matériaux du secteur automobile d'ici à 2050». Les objectifs ambitieux fixés par l'Europe en matière de baisse des émissions devraient donc aboutir à des réglementations et/ou à une fiscalité contraignante pour les matériaux les plus critiques.

DU POINT DE VUE DES ACTEURS ÉCONOMIQUES

TENDANCES LOURDES

• Des produits toujours plus nombreux, plus complexes et plus volumineux

L'organisation des activités économiques sous le prisme de la croissance tend à intensifier l'usage des matériaux sans prendre en compte la finitude des ressources. Cette intensification peut s'expliquer par la finalité même des entreprises qui consiste à générer des profits. Pour réaliser cet objectif, les industriels ont largement contribué à l'avènement d'une société de consommation capable de soutenir la croissance. Les mécanismes qui ont été à l'œuvre pour favoriser l'émergence de cette société de consommation et entretenir la croissance sont encore ceux qui régissent les activités économiques de nos jours :

- La mise en œuvre de campagnes de marketing élaborées soutenant l'arrivée de nouveaux produits et de nouvelles offres : le rôle des industriels dans le changement des pratiques de consommation a largement été décrit par les sociologues de l'innovation et les historiens des sciences, comme Jeanne Guien sur les gobelets jetables.
- L'obsolescence programmée : elle consiste à réduire volontairement la durée de vie d'un produit afin d'en accélérer le renouvellement. Il existe plusieurs formes d'obsolescence programmée : l'obsolescence technique, dite aussi fonctionnelle ou structurelle (dysfonctionnement d'une pièce essentielle non remplaçable), l'obsolescence esthétique, dite aussi psychologique ou culturelle (nouvelles versions de smartphone) et l'obsolescence logicielle (incompatibilité de format entre anciens et nouveaux logiciels d'un ordinateur). Même si l'obsolescence programmée est interdite par la loi depuis 2015 en France, cette loi n'oblige pas les acteurs économiques à concevoir des produits durables et le délit reste difficile à caractériser.
- La numérisation et la digitalisation qui permettent un renouvellement inédit de l'offre et sa personnalisation.

Au travers de ces trois mécanismes, l'organisation des activités économiques sous le prisme de la croissance tend à mettre sur le marché des produits de plus en plus nombreux, de plus en plus complexes et comprenant de plus en plus de composants électroniques. Par ailleurs, un certain nombre d'objets deviennent plus volumineux, notamment pour des raisons de confort et ce, malgré la miniaturisation de l'électronique. En ce sens, l'exemple de la voiture est emblématique : les voitures sont de plus en plus grosses et contiennent de plus en plus de composants électroniques.

• La croissance verte et RSE, des concepts confortant la consommation de matériaux

À rebours des travaux sur les limites à la croissance du Club de Rome, ce sont finalement les concepts de développement durable et de croissance verte qui se sont imposés dans l'économie, avec en particulier au sein des entreprises celui de « RSE » (Responsabilité Sociétale des Entreprises), comme contribution des entreprises aux enjeux du développement durable.

Le développement durable est défini depuis le Sommet de la Terre à Rio en 1992 comme un développement économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable. Au même titre que la croissance verte, le développement durable se base sur la possibilité d'un découplage entre la croissance économique et la consommation de ressources et les pollutions. Pourtant, la possibilité d'un découplage suffisant est largement remise en question par plusieurs études scientifiques

(Vadén et a., 2020). Spécifiquement sur les matériaux, plusieurs scientifiques ont mis en évidence que pour réussir à diminuer les flux de matières dans une logique d'économie circulaire, le contexte économique doit être décroissant (Haas et al., 2020) ou avec une croissance inférieure à 1% (Bourg et Arnsperger, 2016).

- **Une économie circulaire en constante régression**

De Walter Stahel et Orio Giariani à Robert A. Frosch et Nicholas Gallopoulos, en passant par John T. Lyle, William McDonough et Michael Braungart, les concepts fondant l'économie circulaire comme l'économie de la fonctionnalité, l'écologie industrielle et l'approche Cradle to Cradle ont progressivement émergé et été décrit entre la fin des années 1980 et le début des années 2000.

En France, l'approche économique de l'économie circulaire est enrichie d'une vision territoriale, notamment par Jean-Claude Levy et Dominique Bourg avec la notion de perma-circularité. Pour eux, l'échelle territoriale doit être prise en compte afin de s'assurer de la diminution des flux de matières, en complément des actions à l'échelle des acteurs économiques.

Malgré l'intérêt croissant des industriels et des gouvernements pour l'économie circulaire, force est de constater que la part de circularité dans l'économie globale ne cesse de diminuer. Le Circular Gap Report 2023 nous apprend ainsi que le taux de circularité de l'économie globale est de 7,2% en 2023, alors qu'il était de 8,6% en 2020 et de 9,1% deux ans plus tôt. Au niveau européen, le taux d'utilisation circulaire de matières a été estimé à 11,7 pour l'Europe et à 19,8 pour la France en 2021 par Eurostat ¹.

Selon l'International Resource Panel, si nous ne changeons rien, l'utilisation mondiale de matières augmenterait de 110% en 2060 par rapport au niveau de 2015. A contrario, le Circular Gap Report estime qu'il faudrait, pour ramener l'activité humaine dans les limites planétaires, réduire d'un tiers l'extraction et la consommation mondiale de ressources.

1. Voir Eurostat : https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/products-datasets/product?code=cei_srm030

Le mirage du recyclage



Un acier recyclé passe par les mêmes étapes industrielles qu'un acier primaire, à l'exception des hauts fourneaux. Une tonne d'acier recyclé nécessite 60 % de l'énergie nécessaire pour produire une tonne d'acier primaire.

Crédits image : Aciérie aux Pays-Bas, Jesper Schoen, CC-BY2,5

Le recyclage des matériaux, présenté comme la pierre angulaire de l'économie circulaire, connaît de sérieuses limitations d'ordre réglementaire, pratique et physique.

Sur le plan réglementaire, les lois européennes et nationales fixent des objectifs en matière de recyclage pour certains matériaux. L'Europe fixe par exemple des taux et échéances de recyclage pour les métaux ferreux (80 % d'ici 2030), l'aluminium (60 % d'ici 2030), les gravats (70 % depuis 2020) et le verre (75 % d'ici 2030). S'agissant des emballages, l'UE adopte aussi des objectifs de recyclage par matériau : 55 % pour le plastique, 30 % pour le bois et 85 % pour le papier et le carton. Ces taux de recyclage s'appliquent cependant à des volumes considérables si bien qu'une grande quantité de déchets (la majorité, pour certaines classes de matériaux) continueront d'être enfouis ou incinérés. Pour tous les matériaux non visés par ces dispositions réglementaires, le taux de recyclage dépendra prioritairement de l'intérêt économique associé (souvent inexistant).

En France, le tri et le recyclage sont encouragés depuis 1992 et la loi Royal, qui oblige les communes françaises à valoriser et recycler les déchets ménagers. S'agissant du plastique, la loi Agec (loi anti-gaspillage pour une économie circulaire) prévoit d'ici 2040 la fin de la mise sur le marché des emballages en plastique à usage unique.

Sur le plan pratique, parmi les matériaux 100 % recyclables, de nombreux ne sont pas recyclés faute d'intérêt économique, et le taux de recyclage dépend principalement de la conjoncture et du prix de l'énergie. À titre d'exemple, le taux de recyclage de l'acier fluctue au gré du prix de l'électricité et des matières premières.

Sur le plan physique, si le recyclage a généralement un meilleur bilan écologique que la création de nouveaux matériaux, il n'en demeure pas moins énergivore et polluant. Le recyclage d'une tonne d'acier nécessite ainsi 60 % de l'énergie consommée pour la production d'une tonne d'acier primaire. D'autres matériaux connaissent une altération physique à chaque phase de recyclage (plastiques), tandis que les matériaux inertes « recyclés » sont en réalité majoritairement « sous-cyclés », c'est-à-dire réutilisés dans un usage moins noble que leur emploi initial (exemple : gravats de béton utilisés en remblais).

Enfin, même en ne considérant que les matériaux 100 % recyclables et en supposant ceux-ci effectivement recyclés à 100 %, ils ne couvriraient qu'une petite fraction des besoins actuels, puisque l'on produit à un rythme supérieur à celui auquel l'on détruit. À titre d'exemple, l'acier est aujourd'hui recyclé à plus de 80 % en France, mais l'acier recyclé ne couvre pourtant que 40 % des besoins.

Les lois de la physique impliquent donc qu'une économie circulaire est une économie en contraction matérielle.

TENDANCES ÉMERGENTES

• Prise en compte des enjeux écologiques et sociétaux et nouveaux modèles économiques

À l'inverse des tendances lourdes décrites ci-dessus, des entreprises modifient en profondeur leurs modèles économiques afin d'intégrer les enjeux sociaux et environnementaux dans leur proposition de valeurs.

Les nouveaux modèles économiques sont multiples et ont été décrits de nombreuses manières. Pour illustrer l'impact des nouveaux modèles économiques sur l'usage des matériaux, nous retiendrons ici les 6 modèles économiques de l'industrie circulaire décrits par Grégory Richa et Emmanuelle Ledoux.

Les cinq premiers modèles économiques de l'industrie circulaire décrits dans l'illustration ci-dessous consistent à allonger le cycle d'utilisation de la matière et contribuent de ce fait à diminuer les quantités de ressources utilisées pour un même usage. Malgré tout, une circularité parfaite n'est pas possible. Chaque étape du cycle de vie d'un produit consomme de l'énergie et génère des déchets. Le modèle économique n°6 consiste à améliorer l'empreinte environnementale résiduelle dont voici quelques exemples :

- L'optimisation des matériaux pour qu'ils soient plus durables,
- L'amélioration des performances énergétiques des procédés,
- L'optimisation des consommations grâce au numérique.

Allongement du cycle d'utilisation de la matière

Principe 1 – Durabilité des ressources

- Utilisation au maximum de matières premières biosourcées produites de manière agroécologique et éthique afin d'assurer leur régénération ;
- Diminution de l'utilisation de matières non renouvelables ;
- Diminution de l'utilisation de produits toxiques et emplois des matières de manière à ce qu'elles puissent être réintégrées dans des cycles techniques ou biologiques en fin d'usage.

Principe 2 – Extension de la durée de vie des produits

- Passage d'un objet fermé à un objet ouvert, c'est-à-dire un objet réparable, dont les données techniques sont partagées ;
- Augmentation de la fiabilité et de la durabilité des objets ;
- Simplification des produits.

Principe 3 – Vente d'un usage plutôt que d'un produit

- Économie de la fonctionnalité : offre ou vente de l'usage d'un bien ou d'un service plutôt que du bien lui-même ;
- Économie du partage : repose sur la mutualisation des biens et sur l'usage plutôt que sur la possession.

Principe 4 – Réemploi des produits

- Mise sur le marché de seconde main des produits (avec ou sans activité de réparation et de remanufacturing au préalable).

Principe 5 – Réemploi des composants et matériaux

- La conception des produits permet le réemploi des composants et des matériaux dans des cycles techniques (pièces de rechanges, matières recyclées, etc.) ou des cycles biologiques (combustibles, engrais, etc.). Le déchet fermé devient un déchet ouvert.

Traitement des externalités résiduelles

Principe 6 – Optimisation de l'empreinte environnementale

Jeanne Baverey, Claire Deligant et Raphaëlle Garnier, hors-série Horizons publics printemps 2021, *Rediriger nos modes de production*, page 44, d'après les 6 modèles économiques de l'industrie circulaire décrits par Grégory Richa et Emmanuelle Ledoux dans *Pivoter vers une industrie circulaire*.

Ces 6 modèles doivent se combiner les uns avec les autres pour une circularité optimale.

Des entreprises telles que Patagonia et Interface ont été les premières à franchir le pas. Ces exemples sont bien connus et documentés. En France, Seb, Ricoh, Ugitech ou encore Saint Gobain entre autres ont entamé une démarche de pivot vers l'industrie circulaire.

Dans le sillage de l'économie circulaire, des entreprises se revendiquent de l'économie régénérative. Ce concept est utilisé par exemple par l'association Conventions des Entreprises pour le Climat (CEC) qui définit l'entreprise régénératrice comme une entreprise qui irait au-delà de la réduction d'impacts négatifs pour s'engager vers la génération d'impacts positifs nets pour les écosystèmes et la société². Ce concept s'applique bien aux cycles biologiques mais on peut se demander s'il est réellement généralisable aux cycles techniques et s'il n'est pas une manière de réhabiliter le productivisme sans en attaquer les fondements les plus destructeurs.

La pression concurrentielle entre les entreprises et la difficulté à embarquer les consommateurs dans de nouvelles pratiques pourraient être des freins à l'élargissement de ces nouveaux modèles.

Afin de revenir vers des usages plus sobres (produits durables, réparabilité, standardisation, conception ouverte, ...), le démarketing pourrait être une piste prometteuse pour accompagner l'évolution vers des pratiques plus vertueuses. Le dé-marketing est un concept qui a été proposé en 1971 par Kotler et Levy et qui vise à décourager les consommateurs de manière temporaire ou durable. Un exemple récent est celui des Calanques de Cassis qui mettent en avant tous les côtés « désagréables » des Calanques de Cassis pour dissuader les touristes de venir (Rof, 2021).

Ces changements ne pourront pas se développer sans un travail de concertation au sein des filières ou des secteurs d'activités. C'est en ce sens que des collectifs d'entreprises voient le jour afin de mettre en place des modèles plus frugaux en consommation de matière et promouvoir des matériaux plus durables et éthiques (plaidoyer, R&D, bonnes pratiques, visibilité auprès des institutions, ...). Un exemple dans le secteur du textile illustre bien ce phénomène. Il s'agit de l'association [En Mode Climat](#) qui regroupe plus de 500 acteurs économiques de la mode et qui demande « des lois qui luttent contre la catastrophe climatique, qui servent le bien commun et non nos intérêts économiques propres ».

• Émergence de nouveaux outils pour l'entreprise

Pour accompagner l'intégration des enjeux sociaux et environnementaux, de nouveaux outils à destination des entreprises voient le jour.

C'est le cas par exemple dans le domaine de la comptabilité avec des systèmes qui permettent de prendre en compte le comportement des entreprises en matière sociale et environnementale (comptabilité Care par exemple). Ces initiatives sont encore en cours d'expérimentation et le manque de recul ne permet pas d'évaluer leur impact.

Certaines entreprises modifient leur raison d'être devenant ainsi entreprise à mission afin d'afficher et de garantir le respect d'engagements altruistes³. D'autres se structurent au sein de l'économie sociale et solidaire conditionnée par la mise en place d'un but autre que le seul partage des bénéfices, une gouvernance démocratique et une lucrativité limitée (scop, scic, etc.).⁴

Cependant, ces nouveaux modèles ne prennent pas spécifiquement en compte le sujet de la préservation des ressources. Ils s'intègrent dans une logique de soutenabilité qui peut être faible ou forte et qui va dépendre de l'engagement des différents protagonistes.

2. Cf site de la CEC : <https://cec-impact.org/blog/quest-ce-que-lentreprise-regenerative/>

3. Voir la page de BPI France sur les entreprises à mission : <https://bpifrance-creation.fr/encyclopedie/structures-juridiques/choix-du-statut-generalites/qualite-societe-a-mission>

4. Voir la page de BPI France sur les structures de l'ESS : <https://bpifrance-creation.fr/encyclopedie/structures-juridiques/entreprendre-less/structures-leconomie-sociale-solidaire-ess>

DU POINT DE VUE DES USAGERS

TENDANCES LOURDES

• Société de consommation et croissance démographique

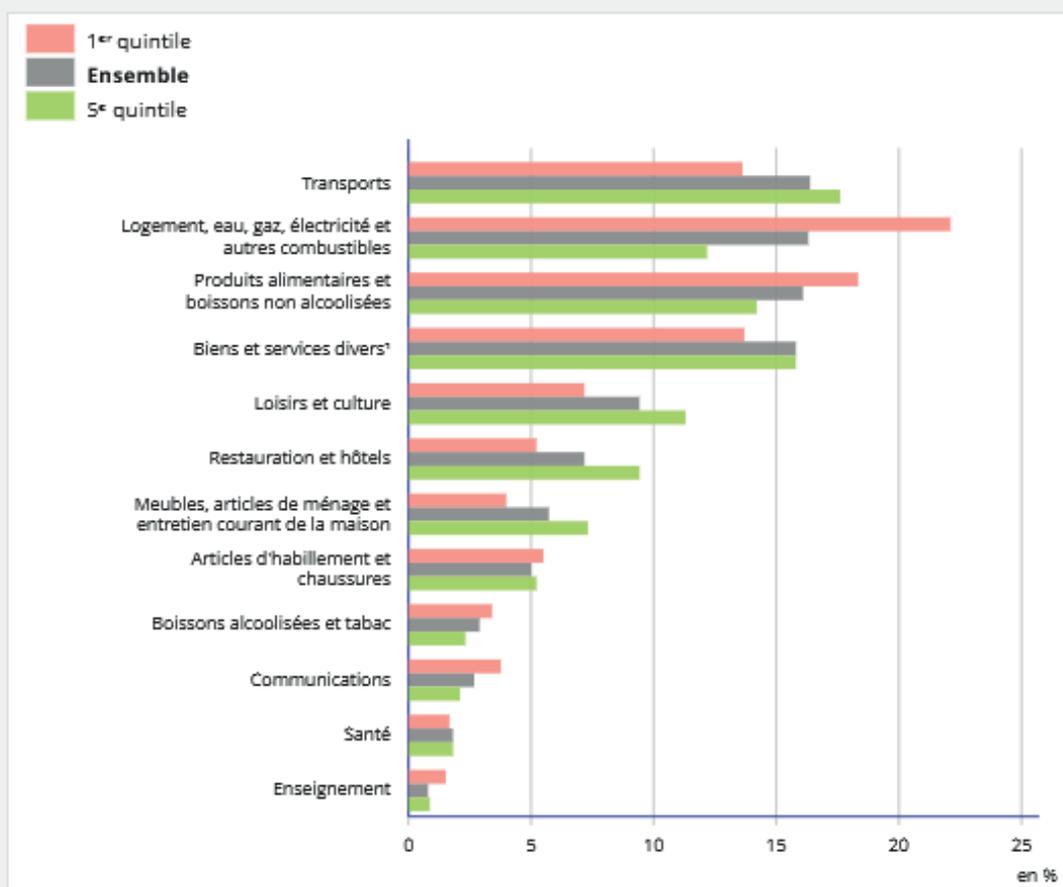
Le niveau de dépense est étroitement corrélé au niveau de vie et à la catégorie socio-professionnelle. L'Insee montre ainsi qu'en 2003, les ménages du premier quintile de niveau de vie, avec une dépense annuelle de 9940 euros, dépensent 52% de moins que la moyenne des ménages. À l'inverse, les ménages du cinquième quintile dépensent 61% de plus que la moyenne des ménages, soit 33140 euros (Acardo et al., 2009).

La structure des dépenses varie elle aussi selon le niveau de revenu. Par exemple, en 2017, 22,1% des dépenses des ménages du 1^{er} quintile de niveau de vie sont liées au logement (loyer, eau, gaz, électricité, etc.) contre uniquement 12,2% pour le 5^e quintile. À l'inverse, le 5^e quintile consacre 17,6% de sa consommation aux transports contre 13,6% pour le 1^{er} quintile. Le 5^e quintile consomme proportionnellement davantage que le 1^{er} dans les secteurs suivants : biens et services, loisirs et culture, restauration et hôtels, meubles, articles de ménage et entretien courant de la maison.

Les secteurs de consommation relatifs au transport, aux loisirs et aux équipements numériques étant *a priori* gourmands en matériaux, nous pouvons donc affirmer que le niveau et la structure de la consommation des plus riches correspondent à une demande en matériaux supérieure à celle associée au mode de vie des plus pauvres.

À l'échelle nationale, la croissance démographique contribue à augmenter notre niveau global de consommation et donc la demande en matériaux. Selon l'Insee (2017), la France métropolitaine comptera 67,4 millions d'habitants en 2030 et 69,7 millions en 2050. La croissance démographique est donc de nature à augmenter nos besoins en matériaux dans les années à venir. Cependant, au-delà du facteur démographique, c'est bien le niveau de consommation individuelle qui est responsable de l'augmentation des besoins en matériaux en France. Un rapport de l'Insee montre ainsi que le volume annuel de consommation par personne est trois fois plus élevé en 2007 qu'en 1960 (Consales, 2009). L'éclatement des structures familiales (familles recomposées, éloignées de leurs parents, etc.) contribue à cette augmentation, en tendant à l'individualisation de l'équipement voire au suréquipement. À titre d'exemple, selon une étude TNS-Sofres et Parcauto, le taux de motorisation (pourcentage des ménages disposant d'au moins une voiture) est proche de la saturation, autour de 8 ménages sur 10 depuis les années 2000, et le remplissage moyen des véhicules est passé d'environ 2,3 personnes par voiture en 1960 à 1,6 personne aujourd'hui.

Structure des dépenses des ménages selon le niveau de vie en 2017



1. Notamment, biens et services de soins personnels, bijouterie et maroquinerie, dépenses relatives aux gardes d'enfants hors du domicile, assurances et services financiers, divers autres services (services juridiques, cotisation à des associations...).

Note : la dépense totale s'entend ici hors impôts, gros travaux, remboursements de prêts et prélèvements effectués par l'employeur, transferts financiers entre ménages. Les quintiles de niveau de vie sont les valeurs-seuils qui, lorsque l'on ordonne la population selon les valeurs de niveau de vie, la partitionnent en 5 sous-populations de tailles égales.

Lecture : en 2017, les 20 % des ménages les plus modestes (1^{er} quintile de niveau de vie) consacrent en moyenne 22,1 % de leur consommation aux dépenses de logement, contre 12,2 % pour les 20 % des ménages les plus aisés (5^e quintile).

Champ : France, ménages ordinaires.

Source : Insee, enquête Budget de famille 2017.

• Les progrès en trompe l'œil de la consommation « durable » ou « responsable »

Nous pouvons distinguer différentes formes de consommation dites « durables » ou « responsables » selon les objectifs qu'elles poursuivent.

Les pratiques qui visent à minimiser la distance parcourue par le produit, que ce soit dans sa phase de production ou de commercialisation, renvoient à l'achat de produits « made in France » voire locaux, notamment pour les produits alimentaires. Ces pratiques de consommation sont susceptibles de diminuer la quantité de véhicules de transport de marchandises circulant sur les routes ainsi que la quantité d'emballage nécessaire au transport des produits.

Les pratiques visant à minimiser les intermédiaires dans la chaîne de production et/ou de commercialisation renvoient aux pratiques de consommation « en direct producteur » ou en « circuit court », que ce soit auprès d'un artisan ou d'un agriculteur par exemple. De la même façon, ces pratiques tendent à réduire les emballages et la distance parcourue par les marchandises. Elles sont donc de nature à diminuer la demande en matériaux.

Les pratiques visant à maximiser l'usage d'un produit ou service renvoient à l'économie de la fonctionnalité, c'est-à-dire au fait d'acheter le service rendu par un produit plutôt que

le produit lui-même. Par exemple, Spotify vend l'écoute de titres de musique, Seb loue des appareils culinaires et Michelin vend des kilomètres parcourus plutôt que des pneus (Zimmerlich, 2022). Ces pratiques relèvent parfois de l'économie collaborative, quand l'échange des services se fait entre pairs par l'intermédiaire d'une plateforme. Les entreprises BlaBlaCar (application de covoiturage) ou AirBnb (application de location de logements entre particuliers) s'inscrivent dans ce segment de l'économie dite « du partage ».

À première vue, nous pourrions penser que ces modes de consommation, dans la mesure où ils permettent de maximiser les usages, permettent d'optimiser notre demande en matériaux. Ces pratiques de mutualisation sont d'ailleurs au cœur du scénario de transition n°2 de l'Ademe, intitulé « Coopérations territoriales » (voir encadré ci-après), qui place le partage au cœur des modes de vie. Cependant, en facilitant l'acte de mutualisation par la création d'un marché dédié, ces services facilitent l'acte même de consommer et risquent d'entraîner une forme d'hyperconsommation, et donc, une élévation des besoins en matériaux (Bastin, 2016). BlablaCar aurait ainsi induit davantage de trafic qu'il n'en aurait évité et Autolib' faciliterait les déplacements automobiles plus qu'il ne réduirait la motorisation des ménages.



Les pratiques visant à maximiser la durée de vie des produits renvoient aux pratiques de réparation ou encore à l'achat de produits de seconde main ou reconditionnés pour les appareils contenant de l'électronique et/ou des batteries. Les pratiques de réparation, si elles bénéficient d'une bonne image auprès des français, demeurent marginales. En effet, en moyenne, seuls 36% des Français réparent un produit tombé en panne, alors qu'ils sont 54% en moyenne à le remplacer (Ademe, 2020). Plusieurs raisons peuvent expliquer ce chiffre : la faible visibilité des acteurs du secteur, le coût de la réparation, l'impossibilité de réparer (liée à l'obsolescence programmée de certains appareils numériques notamment) ou encore les craintes liées à la réparation (complexité, délais, absences de garanties). En revanche, l'achat d'occasion connaît un grand succès. Quelques entreprises ont ainsi réussi à tirer leur épingle du jeu : LeBonCoin, Vinted, Backmarket. Leur succès est tel que certains auteurs alertent contre le possible effet rebond de ces formes de consommation dites « responsables ». En effet, comme pour l'économie de la fonctionnalité, la déculpabilisation de

l'acte de consommer d'occasion associée à la faiblesse des prix ainsi qu'à l'augmentation du pouvoir d'achat généré par la revente de biens d'occasion sont susceptibles d'entraîner une hausse du volume global de la consommation et, donc, une hausse de la demande de matériaux (Thommeret, 2022).

Ces éléments nous interrogent sur les moteurs de ces actes de consommation dite « durable ». Pour certains, les motivations sont principalement d'ordre économique : acheter d'occasion ou partager un usage ou service coûte moins cher que l'achat neuf et individuel. Pour d'autres, le moteur semble davantage culturel et social. « Consommer durable » constitue alors un acte social, marqueur d'une certaine appartenance sociale et culturelle. C'est ce que montre l'anthropologue Fanny Parise qui parle d'« enfants gâtés » du capitalisme qui, plutôt que de renoncer à consommer, consomment « durable ». Ce constat est partagé par le Credoc qui montre comment la consommation « durable » s'apparente à une nouvelle forme de distinction sociale (Sessegro et Hebel, 2018).

Les pratiques visant à minimiser les déchets associés à l'acte de consommer renvoient à différentes logiques. D'une part, le recyclage vise à valoriser les déchets pour permettre de les réutiliser. Cette pratique s'inscrit dans une logique d'économie circulaire, qui consiste à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources (tout comme l'économie de la fonctionnalité, la réparation ou encore l'achat d'occasion cités plus haut). D'autre part, l'élimination des emballages vise à ne pas produire de déchets tout court - recyclables ou pas. Depuis quelques années, une frange de la population modifie ses habitudes quotidiennes pour tendre vers cet idéal d'un mode de vie « zéro waste » (zéro déchet). Cela passe par exemple par l'utilisation de sacs en toile réutilisables (tote bags) plutôt que des sacs jetables en plastique ou en carton, de gourdes ou éco-cups réutilisables plutôt que de bouteilles en plastique ou de gobelets jetables, l'achat en vrac, la fabrication de ses propres produits ménagers à base de produits naturels, etc. Néanmoins, l'ensemble de ces pratiques visant à réduire la quantité de déchets que nous produisons, et donc à consommer moins de matériaux, ne changent qu'à la marge la tendance de fond, laquelle dépend avant tout du niveau de consommation des ménages et donc du PIB.

Globalement, le constat est donc le suivant : les différentes formes de consommation dite « durable » ont des effets limités sur la demande de matériaux, du fait de leur caractère marginal ou encore de leurs effets rebond. Le premier facteur d'évolution de la demande de matériaux reste le niveau de revenu, et donc de dépenses, des ménages.

TENDANCES ÉMERGENTES

- **Consommation frugale : la tendance « décroissante »** Une tendance émergente consiste dans le renoncement à certaines pratiques de consommation. Ne plus prendre l'avion, ne plus prendre voire ne plus posséder de voiture, ne plus acheter de jouets ou de vêtements, ne plus consommer de viande, etc. Cette dynamique est au cœur du scénario n°1 « Génération frugale » réalisé par l'Ademe dans son travail prospectif *Transition(s) 2050*. Néanmoins, cette tendance, qui est associée à une forme de décroissance, reste marginale et divise la société. En effet, une partie de la population voit dans cette évolution de nos modes de vie une forme de retour en arrière, d'anti-progrès. En outre, pour toute une frange de la population, ces formes de « sobriété » ne sont pas choisies mais subies, du fait de leur manque de moyens financiers (Bourelle, 2022).
- **De l'éco-anxiété aux différentes formes de militantisme** De plus en plus de jeunes sont victimes d'éco-anxiété en France et dans le monde. Selon une étude publiée dans *The Lancet Planetary Health* (Marks, 2021) menée auprès de plus de 10 000 adolescents et jeunes adultes entre 16 et 25 ans dans 10 pays, 84 % des répondants disent être inquiets face au changement climatique (59 % très inquiets) et plus de la moitié se sentent en colère, coupables ou impuissants. Pourtant, ce sentiment d'impuissance face à l'ampleur des bouleversements écologiques ne conduit pas uniquement à un état d'anxiété. Pour certaines personnes, il se traduit par une envie d'agir : changement de mode de vie ou de métier, militantisme politique, plaidoyer associatif, influence de l'opinion dans les médias et réseaux sociaux.

Les stratégies ne se limitent pas au cadre légaliste : conscients que les plus grandes avancées sociétales (fin de l'esclavage, de la ségrégation raciale, du sexisme institué...) ont le plus souvent été acquises par des actions de désobéissance, certains militants agissent sur le terrain : occupations, blocages, dégradations, etc. Par exemple, le groupe d'activistes allemands Ende Gelände a occupé le 31 octobre dernier la mine de charbon de Garzweiler en Allemagne, l'une des plus grandes et des plus polluantes d'Europe selon Greenpeace, pour tenter d'empêcher son expansion (Pernot, 2021). Plus tôt, en février 2020, des militants d'Extinction Rebellion occupaient deux sites des cimentiers Lafarge et Cemex à Paris pour dénoncer l'impact de l'industrie du BTP sur l'environnement et le réchauffement climatique. Par leurs actions, ces militants appellent à une profonde mutation d'activités reposant soit sur l'extraction soit sur la transformation de matériaux.

Principales sources utilisées

- Accardo J., Bellamy V., Consalès C., Fesseau M., Le Laidier S. & Raynaud E. (25 juin 2009). « Les inégalités entre ménages dans les comptes nationaux. Une décomposition des comptes des ménages » L'économie française - Comptes et dossiers. édition 2009. Insee. - <https://www.insee.fr/fr/statistique/s/1372352?sommaire=1372361>
- ADEME (2021). *Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat*. Rapport.
- ADEME, Fnac-Darty, Harris interactive. (1^{er} mars 2020). *Les Français et la réparation. Perceptions et pratiques*. Consulté le 1^{er} décembre 2022. - <https://www.ademe.fr/francais-reparation>
- Bastin C. (21 août 2016). *Extension du domaine du consumérisme*. Entretien avec Philippe Moati. Ouishare Magazine. <https://www.ouishare.net/article/extension-du-domaine-du-consumerisme-entretien-avec-philippe-moati>
- Berlingen F. (2020), *Recyclage : le grand enfumage*, Rue de l'échiquier.
- Berlingen F. (2022), *Permis de nuire*. Rue de l'Échiquier.
- Bourelle H. (5 janvier 2022). *Décroissance, sobriété, minimalisme : des pratiques de riches ?* Slate. - <https://www.slate.fr/story/221589/dcroissance-sobriete-minimalisme-consommation-pratiques-classes-superieures-riches>
- Bourg D., & Arnsperger C. (2016). *Vers une économie authentiquement circulaire. Réflexions sur les fondements d'un indicateur de circularité*. Revue de l'OFCE, n°145, 93-125
- Consales G., Fesseau M. et Passeron V. (25 septembre 2009). *La consommation des ménages depuis cinquante ans*. Insee. - <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1372376?sommaire=1372388>
- Eurostat (2023), *Material flow accounts statistics - material footprints*
- Geode Environnement (2021). *Loi Agec : quel impact sur le secteur de la construction ?*
- Guien J. (2021), *Le consumérisme à travers ses objets : gobelets, vitrines, mouchoirs, smartphones et déodorants*, éditions divergences, pages 18 à 39.
- Haas W., Krausmann F., Wiedenhofer D., Lauk C., & Mayer A. (2020). *Spaceship earth's odyssey to a circular economy - a century long perspective*. Resources, Conservation and Recycling, 163, 105076.
- Insee (2017), *Scénario fécondité basse, espérance de vie centrale et migration centrale*.
- International Ressources Panel (2019). *Global Ressources Outlook 2019 : Natural Resources For The Future We Want*.
- Le Parisien avec AFP. (17 février 2020). *Paris : Extinction Rébellion bloque des cimenteries pour dénoncer la pollution du BTP*. Le Parisien. - <https://www.leparisien.fr/societe/paris-extinction-rebellion-bloque-des-cimenteries-pour-denoncer-la-pollution-du-btp-17-02-2020-8261310.php>
- Levy J.-C., Aure V. (2014), *L'économie circulaire : un désir ardent des territoires*, Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées.
- Marks E., Hickman C., Pihkala, P., Clayton S., Lewandowski E., Mayall E., Wray B., Mellor C., & Van Susteren L. (septembre 2021). *Young People's Voices on Climate Anxiety, Government Betrayal and Moral Injury : A Global Phenomenon*. *The Lancet Planetary Health*. - https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3918955
- McDonough W. et Braungart M. (2016), *L'Up-cycle : au-delà de la durabilité, concevoir pour l'abondance*, éditions Alternatives, coll. Manifestô, page 25 et 26.
- Parise, F. (2022). *Les enfants gâtés, anthropologie du mythe du capitalisme responsable*. Payot.
- Pernot, P. (6 novembre 2021). *En Allemagne, les écologistes combattent une mine de charbon*. Reporterre. - <https://reporterre.net/En-Allemagne-les-ecologistes-combattent-une-mine-de-charbon>
- Richa G. et Ledoux E. (2022), *Pivoter vers une industrie circulaire*, éditions Dunod.
- Gilles Rof G. (21 janvier 2021), *Toujours plus fréquenté, le parc national des Calanques veut décourager les visiteurs*, lemonde.fr. - https://www.lemonde.fr/planete/article/2021/01/21/surfréquente-le-parc-national-des-calanques-veut-decourager-les-visiteurs_6067013_3244.html
- Sessego V. & Hebel P. (2018). *Consommer durable est-il un acte de distinction ? Représentations, pratiques et impacts écologiques réels au regard des dynamiques sociales*. Crédoc. - <https://www.credoc.fr/publications/consommer-durable-est-il-un-acte-de-distinction-representations-pratiques-et-impacts-ecologiques-reels-au-regard-des-dynamiques-sociales>
- Systemiq (2022), *Critical raw materials for the energy transition in EU*.
- Thommeret, E. (22 février 2022). *Vinted, Leboncoin... la seconde main est-elle vraiment plus « écolo » que la fast fashion ?* We Demain. - <https://www.wedemain.fr/dechiffrer/vinted-leboncoin-la-seconde-main-est-elle-vraiment-plus-ecolo-que-la-fast-fashion/>
- Vadén T., Lähde V., Majava A., Järvensivu P., Toivanen T., Hakala E., & Eronen J. T. (2020). *Decoupling for ecological sustainability: A categorisation and review of research literature*. Environmental Science & Policy, 112, 236-244.
- Zimmerlich J. (14 mars 2022). *Location de biens, arrêt de la production à bas prix... Des entreprises réinventent tout pour sortir du modèle productiviste*. Le Monde. - https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/03/14/sortir-du-modele-productiviste-des-entreprises-reinventent-tout_6117403_3234.html

Focus sur des fonctions sociales et leur impact sur les matériaux

Dans la précédente partie, nous avons identifié plusieurs tendances réglementaires, économiques et d'usages qui expliquent l'usage croissant de matériaux de ces dernières décennies, et pour les années à venir. Si des tendances émergentes ont également été identifiées, elles demeurent pour l'heure encore marginales, même si elles pourront prendre de l'ampleur.

Quelles sont les conséquences de ces tendances sur la consommation de matériaux ? Pour aborder concrètement les impacts, nous avons commencé par dresser un panorama des grands types de fonctions sociales, déclinées en besoins et usages associés (voir Annexe 1). Pour sélectionner les activités explorées en détail dans ce rapport, trois principaux critères ont été pris en compte :

- le caractère « essentiel » : les activités sélectionnées répondent chacune à un besoin de base des citoyens ;
- l'importance du secteur en termes de consommation totale de matériaux : les activités sélectionnées correspondent à une part importante de l'empreinte matérielle nationale ;
- la criticité des matériaux sur lesquels repose le secteur : les activités sélectionnées sont assujetties à des contraintes présentes et futures concernant la disponibilité et le prix des matériaux (épuisement, problématiques géopolitiques, usages concurrentiels, etc.) ou encore la nécessité de substituer certains matériaux par d'autres pour réduire l'empreinte environnementale des usages associés.

Trois fonctions sociales se sont ainsi dégagées et nous ont permis d'interroger l'impact de l'évolution de nos usages sur les matériaux : se loger, se déplacer et se meubler. Ce choix relève davantage d'une volonté d'illustrer les enjeux, que de formaliser des priorités en termes de secteurs à investiguer.

Se loger

Arthur Grimonpont..... 27

Se déplacer

Solène Manouvrier 35

Se meubler

Claire Deligant..... 45



SE LOGER

TENDANCES LOURDES

• Le bâtiment : une empreinte matière monumentale

À l'échelle mondiale comme nationale, la construction représente de loin :

- **Le premier secteur consommateur de matériaux en volume**, en premier lieu desquels le béton (mélange de sable, graviers et ciment), l'acier et le bois. C'est également le premier secteur consommateur d'aluminium et le second secteur consommateur de verre et de matériaux plastiques (après l'industrie de l'emballage alimentaire).
- **Le premier secteur producteur de déchets**. Principalement – mais pas uniquement – des déchets inertes : gravats, terre de remblais, ferraille, etc.

Le béton est employé comme matériau de construction depuis plusieurs millénaires, d'abord avec l'utilisation d'argile (béton de terre). Il est resté coûteux et très minoritaire jusqu'au début du 20^e siècle, mais sa forme moderne, utilisant du ciment comme liant et le plus souvent associé d'armatures d'acier, est devenue le matériau de construction le plus utilisé à l'échelle mondiale comme nationale : environ deux tiers des nouvelles constructions¹. C'est même le matériau le plus utilisé par l'homme après l'eau, à raison d'1 m³ par an et par habitant (Cudeville, 2011). Un tel volume de production est associé à de multiples et majeures dégradations de l'environnement :

- La fabrication du clinker, principal constituant du ciment, requiert une cuisson à très haute température permettant une transformation chimique elle-même émettrice de dioxyde de carbone. Le clinker représente à lui seul 6% des émissions mondiales de gaz à effet de serre (soit la moitié des émissions du secteur de la construction) selon Chatam House Report (2018) ;
- L'extraction de granulats adaptés, dont le sable, conduit à la disparition progressive de 75% des plages de la planète (Arte, 2014), détruit nombre d'écosystèmes littoraux, accélère le phénomène de subsidence côtière et contribue à l'engloutissement des îles et des zones côtières de basse altitude (voir encadré ci-après).

Extraction de sable alluvionnaire sur la rive du fleuve Mékong. Crédits image : 2016TV Channel 8 / Mekong Eye5.



Le «sable» désigne un ensemble de petites particules minérales (de taille comprise entre 0,06 et 2 mm). C'est le premier constituant du béton et la ressource brute la plus consommée par l'Homme après l'eau : plusieurs dizaines de milliards de tonnes annuellement. Certains auteurs estiment que la «pénurie du sable» pourrait arriver avant la pénurie d'autres matières premières critiques telles que le pétrole. Ce risque est contre-intuitif puisque 20% de la surface terrestre est constituée de déserts, dont environ ¼ sont sableux. Le sable terrestre est cependant

inadapté à la construction car trop rond et fin à force d'érosion éolienne, et donc difficile à agréger. Ainsi, de manière surprenante, les villes du Moyen-Orient importent de grandes quantités de sable pour élever des gratte-ciels et construire des polders.

Les rivières et les plages fournissent quant à elles un sable adapté à la construction et facile à exploiter. Ce type d'extraction est interdit en France, où la majeure partie des granulats sont extraits de carrières, des fonds marins (activité controversée) et du recyclage. Ailleurs sur Terre, de nombreux fleuves et zones littorales sont surexploitées. À titre d'exemple, le rythme d'extraction du sable dans le fleuve Mékong est 20 fois supérieur à sa formation naturelle. Ces activités d'extraction empêchent le rechargement du delta en sédiments et contribuent à l'érosion du littoral, qui s'enfonce plus vite que le niveau de la mer ne s'élève, ces deux effets s'additionnant pour contribuer à la montée des eaux.

1. Voir l'infographie de l'Ademe : <https://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie-sable-ademe/>

À l'échelle française, le secteur de la construction requiert chaque année et par habitant environ 6 tonnes de sables et granulats², 300 kilogrammes de ciment (Infociment, 2021), 60 kilogrammes d'acier (Létard, 2022) et 15 kilogrammes de verre (Capilla et al. 2021). Les déchets du secteur représentent quant à eux plus de trois tonnes par an et par habitant³. Ceux-ci sont majoritairement « sous-cyclés », c'est-à-dire utilisés en remblais et fondations, ou bien mis en décharge.

L'extraction et la fabrication de ces matériaux génère des pollutions. Le rythme de construction actuel engendre environ 8 % des émissions nationales totales (Dugast, 2019), résultant de la production et de la mise en œuvre des matériaux, de l'utilisation des engins de chantier et du transport nécessaire.

- **Un modèle d'urbanisation consommateur d'espace et de ressources**

Le modèle de développement urbain français a soutenu depuis les années 1950 la forte progression de l'habitat individuel en périphérie des zones urbaines, entraînant l'augmentation conséquente de terres artificialisées peu densément peuplées au détriment des espaces naturels et agricoles. Le modèle pavillonnaire s'accompagne également d'une forte dépendance à la voiture pour s'alimenter et travailler, et donc d'un besoin en infrastructures très consommatrices de matériaux. Ces infrastructures de transport, qui sont le deuxième facteur d'artificialisation en France, présentent un certain surdéveloppement au regard de leur usage actuel (AUAT, 2021). Chaque Français occupe en moyenne 443 m² de terres artificialisées, soit 29 % de plus qu'un Italien ou 36 % de plus qu'un Allemand.

- **Construire : revoir nos besoins ?**

Environ 410 000 nouveaux logements sont actuellement construits en France chaque année et très peu sont détruits, tandis que seulement 230 000 nouveaux ménages se créent chaque année sur le territoire. Le rythme de construction neuve atteint donc deux fois le besoin quantitatif de nouveaux logements principaux (The Shift Project, 2021). Les sols artificialisés progressent quant à eux trois fois plus vite que la population française. Cela s'explique en partie par des décalages géographiques entre disponibilité et besoin de logement, mais pas seulement : d'après un rapport ministériel sur l'artificialisation des sols (CGDD, 2018a), celle-ci a lieu pour 70 % dans des zones sans aucune tension sur le marché du logement. Selon ce même rapport, 40 % de l'artificialisation se produit dans des zones où la vacance de logements augmente fortement. La construction neuve est donc peu corrélée à l'augmentation démographique : depuis 1981, la population française a augmenté de 19 % alors que l'artificialisation, elle, a progressé de 70 %.

En France, près d'un logement sur dix est vacant (Insee, 2018), sans prendre en compte les résidences secondaires. La surface habitable moyenne par habitant est passée de 25 m² en 1973 à 40 m² en 2013. La croissance des sols artificialisés trouve avant tout ses origines dans l'étalement urbain : mitage des espaces périphériques et multiplication de poches d'artificialisation rapide (zones commerciales, quartiers pavillonnaires). L'habitat en maison individuelle a représenté 51 % de la consommation supplémentaire d'espace entre 1992 et 2004, soit 2,8 fois plus que l'extension du réseau routier et 37 fois plus que l'habitat collectif.

2. Union Nationale des Producteurs de Granulats. Chiffres clés. <https://www.unpg.fr/accueil/dossiers/economie/portrait-economique/>

3. UNICEM, *Performance du recyclage des déchets inertes en France*. <https://www.unicem.fr/accueil/materiaux-du-quotidien/9-materiaux/les-granulats/>

TENDANCES ÉMERGENTES

• Évolution des manières d'habiter

L'évolution des usages apparaît comme le levier le plus fiable et le plus puissant pour réduire la pression de prélèvement des matériaux et les externalités associées.

Dans le scénario « génération frugales » (S1) du rapport *Transitions 2050* de l'Ademe, l'atteinte des objectifs d'émissions se traduit par une évolution considérable des manières d'habiter :

- le parc de bâtiments est massivement mobilisé et rénové pour l'isoler et prolonger sa durée de vie ;
- le parc de logements est mieux utilisé : 2,1 personnes par logement contre 2 dans le tendanciel ;
- les résidences secondaires passent de 9% à 2,5% du parc ;
- un rééquilibrage démographique se fait au profit des villes moyennes et des zones rurales.

Cela permet de réduire drastiquement le nombre de constructions neuves, donc la consommation de matériaux de construction. Le scénario « coopération territoriale » (S2) fait des hypothèses semblables mais table quant à lui sur une densification des centres-villes et une rénovation énergétique, et n'envisage pas de réallocation du parc de résidences secondaires. Il conduit une consommation de matériaux légèrement supérieure, du même ordre de grandeur.

Les quantités de matériaux mis en œuvre dans ces scénarii sont deux à trois fois moindres que dans les scénarii « technologies vertes » (S3) et « pari réparateur » (S4). Le scénario « technologies vertes » (S3), le plus consommateur de matériaux, fait les hypothèses suivantes :

- Les métropoles concentrent l'intérêt et les activités des citoyens ;
- Cette attractivité nécessite une reconfiguration physique avec un nouveau cycle de déconstruction/reconstruction haussmannien générant une consommation massive de ressources naturelles ;
- Les modes constructifs évoluent vers l'industrialisation et la préfabrication pour répondre aux besoins de constructions neuves de logements collectifs.

Le scénario « pari réparateur » (S4) envisage lui aussi le pari d'une poursuite des tendances actuelles de métropolisation et d'étalement urbain et conduit à une consommation de matériaux en tous points similaire.

• Évolutions réglementaires

La lutte contre le changement climatique et la consommation d'espaces naturels conduisent les pouvoirs publics à imposer des normes de construction de plus en plus exigeantes, ayant de nombreux impacts sur la consommation de matériaux associée.

Artificialisation

L'objectif Zéro Artificialisation Nette (ZAN) est apparu en 2018 dans le cadre du Plan biodiversité comme objectif inédit et ambitieux visant à lutter contre l'artificialisation croissante des terres naturelles, agricoles et forestières. Le concept est simple : limiter et réduire au maximum la consommation d'espace à des fins d'urbanisation, et compenser l'artificialisation des terres qui ne peut être évitée par des surfaces équivalentes d'espaces agro-naturels. ZAN est un objectif fixé par la loi climat et résilience à horizon 2050. Elle contraint d'abord les collectivités à diminuer de 50%, d'ici à 2030, le rythme d'artificialisation et de consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers. Est également posé un principe général d'interdiction de création de nouveaux centres commerciaux qui entraîneraient une artificialisation des sols. La mise en œuvre de l'objectif ZAN devrait donc progressivement limiter la consommation de matériaux associée à la construction de logements individuels, de routes et de zones commerciales.

Normes constructives

La nouvelle réglementation environnementale RE2020, qui s'applique depuis juillet 2022 à la construction neuve, fixe aux nouveaux logements un plafond d'empreinte carbone au mètre carré habitable. Cette limite inclut toutes les émissions liées à la construction, basée sur le bilan carbone complet de tous les matériaux et équipements sur l'intégralité du cycle de vie (la fabrication, l'installation, l'entretien, etc., jusqu'à la démolition et au recyclage éventuel). Ce plafond sera rapidement dégressif puisqu'il baissera d'un tiers en 10 ans, délai très rapide dans la construction. Si les seuils de 2022 sont assez faciles à atteindre, ceux de 2028 et 2031 représentent un saut très significatif pour la filière bâtiment.

Le gros œuvre, c'est-à-dire la superstructure du bâtiment, qui est le plus riche en béton (ou parpaings ou briques dans la maison individuelle), apparaît comme la cible de décarbonation la plus évidente. La structure bois devrait prendre des parts de marché importantes, et la position du béton est fortement remise en cause. Certains experts estiment qu'en l'état actuel de l'offre ciment, 80 % des constructions « béton » classiques peuvent facilement passer le seuil imposé en 2022 par la RE2020, mais que seulement 30 % d'entre elles seront en mesure de le faire en 2025, et presque aucune en 2050 (The Shift Project, 2022). Les émissions de la filière pourraient baisser fortement en utilisant toutes les techniques et matériaux de substitution connus (sans s'appuyer sur des technologies de rupture) :

- réduire le taux de clinker dans le ciment ;
- réduire le taux de ciment dans le béton ;
- réduire le béton dans le gros œuvre ;
- remplacer le gros œuvre béton par une ossature bois...

Cependant, même au prix d'hypothèses optimistes concernant la réalisation conjointe de toutes ces évolutions techniques, la filière bâtiment devra se contracter en volume pour se conformer aux objectifs réglementaires. La SNBC vise une réduction de 81% des émissions de l'industrie cimentière et sidérurgique : la baisse des volumes de production apparaît donc impérieuse.

• Le recyclage et ses limites

Le rythme actuel de construction neuve étant largement supérieur au rythme de démolition, même un recyclage intégral des déchets de déconstruction ne permettrait de couvrir qu'une part minoritaire des besoins de matériaux. Ainsi, alors que les déchets recyclables du bâtiment sont d'ores et déjà recyclés à hauteur de 80 % (UNICEM, 2019), seuls environ 10% des besoins en granulats pour le béton sont assurés par le recyclage⁴. Par ailleurs, les déchets de construction recyclés sont en réalité très majoritairement sous-cyclés : les matériaux ne sont pas réutilisés dans leur emploi initial mais pour un usage moins « noble », par exemple comme remblais ou comme couche de fondation d'une route. Les matériaux réellement recyclables dans leur usage initial, dont l'acier et le verre, ne sont pas réemployés tels quels mais en repassant par les principales étapes industrielles énergivores de fonderie et d'usinage. Le recyclage ne présente donc qu'une solution très partielle aux problèmes d'épuisement des matériaux et de consommation d'énergie, au rythme actuel de construction.

• Rénovation

Le « recyclage » le plus efficace consiste en l'allongement de la durée de vie des bâtiments. Cette dernière est limitée par l'usure naturelle des matériaux (carbonatation du béton : processus de vieillissement chimique menant à la corrosion des aciers, dégradation du bois et des menuiseries) mais peut être prolongée par un entretien et des travaux réguliers. La plupart des villes européennes conservent un cœur historique dont les bâtiments de pierre ou de brique ont traversé plusieurs siècles, ne générant d'autres flux de matière que ceux, minimes, nécessaires à leur entretien ou leur réhabilitation (menuiseries, couvertures, enduits). Inversement, les matériaux de construction modernes vieillissent mal, si bien qu'il est fréquent de voir un immeuble à ossature béton de quelques décennies être rasé pour

4. Recybéton, Contexte du projet national RECYBETON, <https://www.pnrecybeton.fr/>

laisser place à une construction neuve. Selon l'Ademe (2019), la quantité de matériaux à mobiliser pour construire du neuf est de 40 à 80 fois plus importante que pour rénover un bâtiment.

• Matériaux alternatifs : une alternative crédible ?

Matériaux géosourcés

La terre crue, utilisée depuis onze millénaires, reste aujourd'hui l'un des matériaux de construction les plus répandus à travers le monde (plus de deux milliards de personnes vivent dans un habitat en terre). En France, l'architecture rurale utilisait autrefois les matériaux existants sur place pour ériger les constructions : la terre dans les vallées, la pierre sur les reliefs. Le pisé, technique peu coûteuse qui consiste à compacter la terre dans un coffrage, est remarquablement implanté dans le paysage de la région Auvergne Rhône-Alpes. En Nord-Isère plusieurs communes présentent jusqu'à 50 % de bâti en terre⁵.

Il existe de nombreuses techniques de construction utilisant la terre crue comme matériau structurel (pisé, bauge, adobe, brique de terre compressée, etc.) ou comme matériau de remplissage (torchis, terre-paille, terre-copeaux bois). Il s'agit d'un matériau de construction sain, durable, et très peu consommateur de ressources extérieures (un terrain à bâtir peut suffire à fournir la terre nécessaire).

La filière terre crue est relativement dynamique au niveau régional (patrimoine, savoir-faire, diversification d'activités, valorisation culturelle...), mais reste marginale à cause d'obstacles : concurrence d'autres matériaux plus rapides à mettre en œuvre, techniques de mise en œuvre peu connues par les professionnels du bâtiment, et freins au niveau de l'assurance et de la réglementation.

Matériaux biosourcés

Au sens réglementaire, les matériaux biosourcés sont issus de la matière organique renouvelable (biomasse), d'origine végétale ou animale : bois, chanvre, paille, ouate de cellulose, textiles recyclés, balles de céréales, etc. Ils peuvent être utilisés comme matière première dans des produits de construction ou directement comme matériau de construction : structure, isolants, mortiers et bétons, matériaux composites, etc.

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte a confirmé l'intérêt d'utiliser ces matériaux dans le secteur du bâtiment. Elle indique notamment que « l'utilisation des matériaux biosourcés concourt significativement au stockage de carbone atmosphérique et à la préservation des ressources naturelles » et « qu'elle est encouragée par les pouvoirs publics lors de la construction ou de la rénovation des bâtiments ». Le plan de relance 2020-2022 encourage le développement des matériaux biosourcés dans la construction.

Pourtant, force est de constater que le bois représente aujourd'hui moins de 3 % des matériaux mis en œuvre dans le secteur de la construction en France, tandis que les matériaux géo-sourcés restent marginaux (en dehors des constituants du béton), principalement pour cause d'absence de compétitivité économique face à des matériaux plus polluants et dont l'usage reste très peu contraint voire encouragé réglementairement (béton, acier, plastiques...).

Enfin, il est à noter que de certains usages du bois et des matériaux biosourcés risquent d'entrer en compétition les uns avec les autres dans un contexte favorisant le développement tous azimuts de la filière : isolation laine de bois, ouate de cellulose (bois : 50 % des isolants biosourcés), chauffage et industrie (notamment cimenteries), papier et emballages. Cette compétition sera d'autant plus marquée dans la perspective d'une limitation des prélèvements forestiers consécutive au dépérissement des peuplements (sécheresse, ravageurs, etc.).

5. Terres à pisé, <https://terrespise.hypotheses.org/cartographies/le-bati-ancien-en-pise-sur-le-territoire-isere-porte-des-alpes/analyse>

Principales sources utilisées

- The Shift Project (2022) *Décarboner la filière béton*.
- UNICEM (2019) *Collecte, recyclage et valorisation des déchets du BTP : un engagement réussi*.
- Ademe (2019) *Prospectives 2035 et 2050 de consommation de matériaux pour la construction neuve et la rénovation énergétique BBC*.
- Ademe (2021) *Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat*. Rapport.
- Insee (2018) *Le parc de logements en France au 1^{er} janvier 2018*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3620894>.
- The Shift Project (2021) *Habiter dans une société bas carbone*.
- Commissariat Général au Développement Durable (2018a) *Objectif « zéro artificialisation nette » – Éléments de diagnostic*.
- Dugast, S. (2019) *Le bâtiment, un secteur en première ligne des objectifs de neutralité carbone de la France en 2050*. Carbone 4.
- Infociments (2021) *Chiffres clés*. <https://www.infociments.fr/chiffres-cles>
- World Steel Association. *Steel Industry key facts*.
- FAO (2022) *Global forest sector outlook 2050 : Assessing future demand and sources of timber for a sustainable economy*.
- Statista (2021) *Global end use of aluminum products in 2020, by sector*.
- Capilla, X. et al. (2022) *L'industrie du verre en France*. *Matériaux & Techniques*, Vol.10.
- Cudeville A. (2011), *Recycler le béton, Pour la Science*, n°408 : <https://www.pourlascience.fr/sd/environnement/recycler-le-beton-6511.php>
- Chatam House Report (2018) *Making Concrete Change: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete*.
- Arte (2014) *Nos plages à court de sable ?*
- AUAT (2021) *Comprendre l'objectif « Zéro Artificialisation Nette » des sols*.
- Létard, V. (2022) *Rapport d'information sénatorial n°649 (2018-2019) de Mme Valérie Létard, rapporteure, fait au nom de la MI enjeux de la filière sidérurgique, déposé le 9 juillet 2019*.
- Capilla, V. et al. (2021) *L'industrie du verre en France*.



SE DÉPLACER

TENDANCES LOURDES

- **Des voyageurs de plus en plus mobiles, qui privilégient toujours la voiture**

La conjonction des phénomènes de périurbanisation (élargissement des centres urbains par leur périphérie) et de métropolisation (développement et renforcement du pouvoir des métropoles relativement aux autres types de territoires) rend l'utilisation de la voiture au quotidien quasi-incontournable, en particulier pour les déplacements domicile-travail. Entre 1960 et 2017, le nombre de kilomètres parcourus par personne a ainsi été multiplié par 3,7 (Ademe, 2021).

Cela dit, à l'échelle des grandes aires urbaines, un certain infléchissement du recours à la voiture individuelle est observé. Le déploiement progressif des Zones à faibles émissions (ZFE) dans les agglomérations de plus de 150 000 habitants, qui conditionnent la possibilité pour une voiture de circuler dans certaines zones urbaines à un critère de pollution (Crit'Air), est de nature à encourager ce report modal de la voiture individuelle vers des solutions de mobilité alternatives ou bien vers des véhicules électriques individuels. Néanmoins, dès lors que l'on quitte le périmètre de la métropole pour aller dans les territoires voisins, l'essentiel des échanges se fait toujours en voiture.

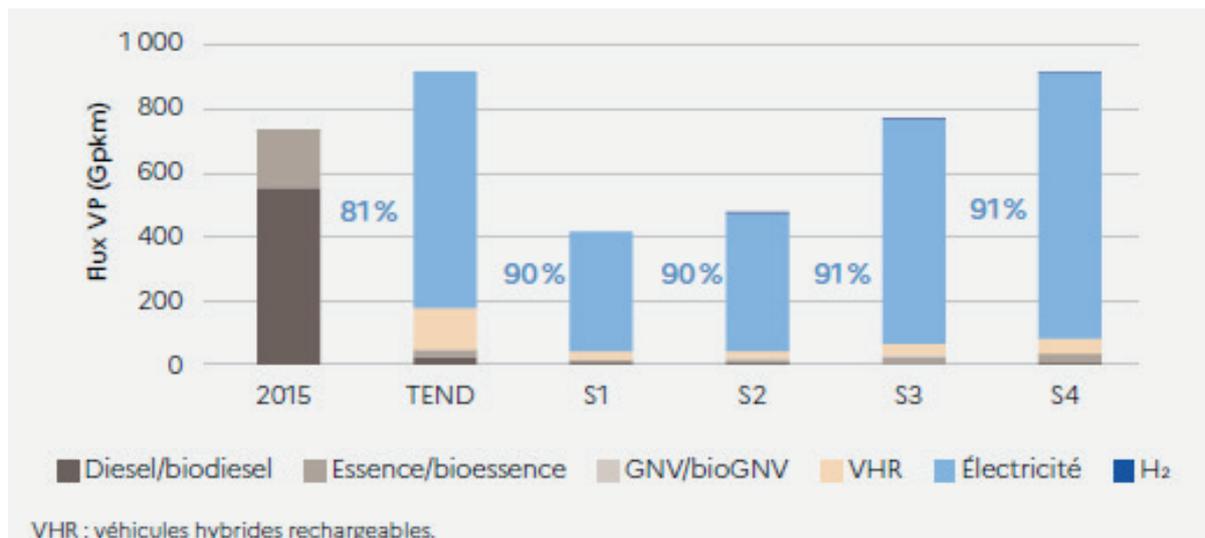
En parallèle, le remplissage moyen des véhicules est passé d'environ 2,3 personnes par voiture en 1960 à 1,6 personne aujourd'hui, résultat conjugué de la hausse de la motorisation des ménages, de la diminution du nombre de personnes par ménage et de la baisse du coût relatif de la voiture (Ademe, 2021). Le covoiturage, bien qu'il se généralise, n'inverse pas la tendance. Il se pratique davantage pour les longues distances que pour les trajets courts et quotidiens.

- **Le transport intérieur de marchandises est en forte croissance et se fait principalement par la route**

La demande de transport intérieur de marchandises a été multipliée par 3,4 entre 1960 et 2017. Sur la même période, la part modale du transport routier a très fortement augmenté, passant de 34 % à environ 88 % au milieu des années 2000. Ce report s'est fait au détriment du fret ferroviaire, passé de 56 % en 1960 à environ 10 % du trafic depuis le milieu des années 2000, et du trafic fluvial, passé de 10 à 2 % (Ademe, 2021). S'agissant du fret international, les transports de longue distance se font principalement par voie maritime. À noter que l'augmentation des pratiques de consommation via le e-commerce et la tendance à la réduction des temps de livraison, en moins de 24 h voire en moins de 2 h, sont de nature à augmenter les flux de transport de marchandises en ville, notamment via les véhicules utilitaires légers ou, plus récemment, les vélos de transport de marchandises.

- **Vers l'électrification de l'ensemble des modes de transport**

Le transport constitue le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre en France et représente 31 % des émissions en 2019 (CITEPA, 2020). Si l'on exclut les transports internationaux, 94 % d'entre elles sont dues au transport routier (AEE, 2020). La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) fixe pour 2030 l'objectif d'une réduction d'un tiers des émissions de CO₂ liées aux transports par rapport à 2015, et pour 2050, une décarbonation quasi complète du secteur. Au regard de ces objectifs, une accélération de l'électrification du parc automobile semble s'imposer et ce, quel que soit le scénario de transition retenu. En effet, à horizon 2050, l'ensemble des scénarios de transition de l'Ademe (du plus sobre au plus technologique) prévoient que 90 % du flux de transport de voyageurs soit réalisé grâce à un vecteur électrique. Ce chiffre montre bien que l'électrification de nos modes de déplacement est considérée comme un levier indispensable pour la décarbonation du secteur des transports, quand bien même on agit en parallèle sur la demande de transports et le report modal (comme c'est le cas dans les scénarios 1 et 2 de l'Ademe).



C'est dans ce contexte que l'électrification des moyens de transport routiers (voitures, vélos, trottinettes notamment) connaît une forte croissance.

En novembre 2022, les ventes de véhicules électriques et hybrides rechargeables neufs représentaient 21% des parts de marché, dont 15% pour les véhicules 100% électriques. Ces chiffres représentent une augmentation moyenne de 6% par rapport à novembre 2021. Cette tendance est encouragée par le gouvernement, qui propose une prime (le « bonus écologique ») pour l'achat d'un véhicule électrique ou hybride pouvant aller jusqu'à 6 000 euros pour une voiture électrique neuve. Cependant, les véhicules électriques restent encore très chers à l'achat, ils ne sont de fait accessibles qu'aux personnes dont les revenus sont élevés. Il faut en effet compter au minimum 12 264 euros pour se procurer la voiture électrique la moins chère du marché, bonus déduit. En outre, on voit apparaître différentes gammes de véhicules électriques, avec différents niveaux de puissance et de performance. Il existe donc un risque de rupture d'équité sociale, entre des ménages pauvres qui ne peuvent s'offrir que l'entrée de gamme du véhicule électrique et ceux qui ont les moyens de se procurer la gamme « supérieure ». Une étude réalisée pour l'Ademe montre ainsi que pour un trajet de 176 km à 130 km/h sur une autoroute, un véhicule électrique datant de 2021 et de gamme standard aura besoin d'environ 39 minutes pour réaliser les recharges nécessaires au trajet, contre uniquement 18 minutes pour une voiture électrique de gamme « supérieure » (Baltazar et al., 2022).

En ce qui concerne les ventes de vélo à assistance électrique, elles augmentent de 28% en 2021, ce qui représente 24% des ventes de vélo sur l'année (Union Sport & Cycle, 2022). À noter que certaines enseignes proposent l'électrification de vélos classiques en installant des moteurs au pédalier, ce qui permet d'éviter l'achat d'un vélo neuf et de réduire la demande en matériaux associée. Les ventes de trottinettes électriques progressent également : elles augmentaient de 42% en 2022 et le nombre total d'utilisateurs est estimé à 2,5 millions en France en 2021 (Dentan, 2022).

Quant à l'électrification du transport de marchandises, elle se révèle plus complexe. Pour la logistique du dernier kilomètre, l'emploi de Véhicules Utilitaires Légers électriques ou de vélos électriques semble réaliste et envisageable. En revanche, l'électrification des poids lourds semble irréaliste tant du point de vue de leur consommation d'électricité que de la taille des batteries qui seraient nécessaires pour les faire rouler et du réseau de bornes de super recharge à construire et donc de la quantité de matériaux associée. Plusieurs solutions technologiques alternatives aux bornes de recharge fixes sont à l'étude mais aucune ne semble tout à fait réaliste, qu'il s'agisse de la recharge inductive, par la route, ou bien de systèmes de recharge sur rails ou caténaies.

Pour le transport de marchandises, le développement du fret ferroviaire et/ou fluvial semble ainsi plus envisageable, bien qu'il nécessite également des investissements importants de la part des pouvoirs publics, ce qui n'est pas encore à l'agenda à l'heure actuelle.

• Une demande en matériaux croissante

Le transport des personnes et des marchandises, qu'il soit électrique ou pas, est associé à une double dépendance à l'égard des matériaux.

D'une part, les matériaux nécessaires à la construction des infrastructures qui permettent les déplacements :

- pour le **transport routier**, il s'agit principalement des routes (majoritairement en béton, composé de ciment, ou en asphalte, composée de bitume, un mélange d'hydrocarbures, et de granulats), d'ouvrages d'art (ponts, tunnels, etc.) mais également des stations essence ou des bornes de recharge pour les véhicules électriques. À noter que la quantité de matériaux nécessaires pour la construction des bornes de recharge varie selon la puissance de celles-ci. Par exemple, les bornes ultra-rapides, dont la puissance est supérieure à 350 kW, représentent une masse de plus de 3 tonnes - principalement du cuivre, de l'aluminium et de l'acier (Baltazar et al., 2022).
- pour le **transport ferroviaire**, les infrastructures reposent sur des voies ferrées (rails, ballast, caténaires), des gares mais également un ensemble d'ouvrages d'art : pont, tunnels, etc.
- pour le **transport fluvial**, les infrastructures correspondent aux canaux et aux ports.

D'autre part, les matériaux qui entrent dans la fabrication des moyens de locomotion en tant que tels, qu'il s'agisse des véhicules (de la voiture au camion), des trains ou des bateaux. Dans la suite de notre analyse, nous nous focalisons sur le cas des véhicules, et en particulier des voitures.

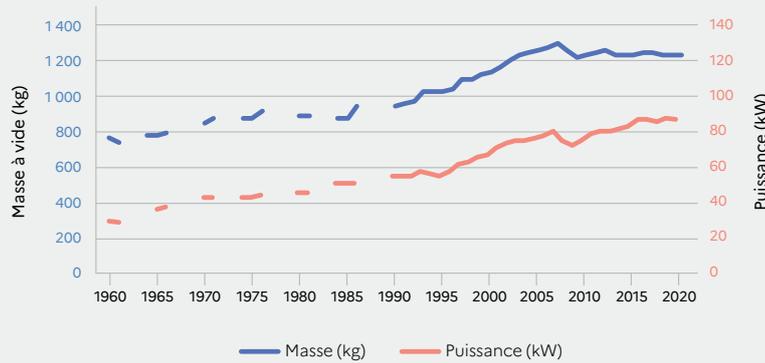
Le travail de prospective *Transition(s) 2050* réalisé par l'Ademe laisse apparaître trois facteurs pertinents pour évaluer la demande en matériaux des véhicules :

- la **taille du parc des véhicules**, positivement corrélée à la demande en matériaux ;
- la **taille et la masse des véhicules et des batteries**, positivement corrélées à la demande en matériaux ;
- l'**intensité matière** (c'est-à-dire la demande en matériaux) des véhicules et des batteries, le progrès technologique étant ici négativement corrélé avec la demande en matériaux.

Relativement à ces trois facteurs, les tendances sont :

- **au maintien du parc de véhicules existant** : le taux de motorisation des ménages est proche de la saturation, il baisse dans les grandes villes mais augmente dans les zones peu denses (Ademe, 2021) ;
- **à l'augmentation de masse et de la taille des véhicules** (pour des raisons de puissance installée mais également de confort et de sécurité) et **l'augmentation de la taille des batteries** (liée au gabarit et donc au poids du véhicule mais aussi aux performances recherchées en termes d'autonomie). Ce mouvement s'illustre par le succès des SUV (Sport Utility Vehicles), qui représentent environ 40% des ventes actuelles de véhicules (CCFA, 2020) ;
- **à la diminution de l'intensité matière** des véhicules et des batteries, sur le long terme, grâce au progrès technologique.

Évolution des caractéristiques des voitures particulières neuves (masse, puissance), France 1960-2020

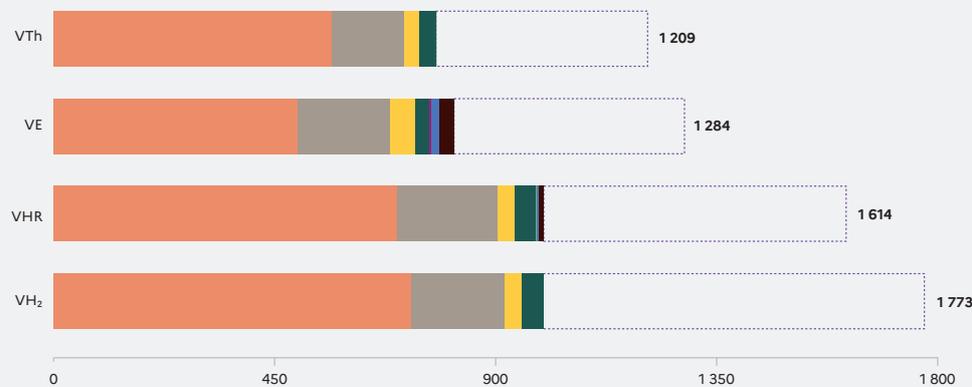


Source : données extraites de L'Argus (1953-1988) et ADEME Car Labelling (1990-2020).

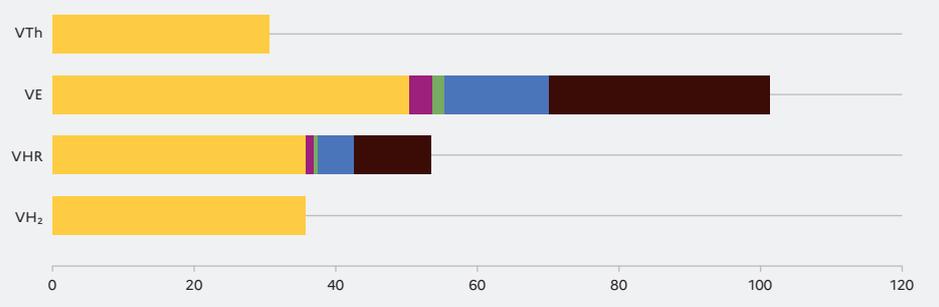
• **La criticité des matériaux nécessaires à la fabrication des véhicules, et notamment des batteries**

Différents matériaux entrent dans le processus de fabrication d'une voiture. Certains sont consommés en grande quantité (l'aluminium, l'acier et les plastiques), d'autres dans des quantités plus réduites (cuivre, nickel, cobalt, lithium, graphite, etc.). Certains de ces matériaux vont devenir critiques dans les années à venir, du fait des évolutions de notre parc automobile et des conditions d'extraction ou d'approvisionnement propres à chaque matériau. Les matériaux qui vont devenir critiques pour l'avenir de notre parc automobile sont présentés succinctement ci-dessous.

Besoins matières selon les technologies de traction en kg/véhicule pour un véhicule particulier moyen



ZOOM : hors acier, aluminium et verre



Acier Aluminium Cuivre Verre Lithium Cobalt
Nickel Graphite Autres matériaux (polymères, non ferreux...)

VTh : véhicules thermiques dont hybrides non rechargeables ; VE : véhicules électriques ; VHR : véhicules hybrides rechargeables ; VH₂ : véhicules à hydrogène.

Source : Ademe, 2021. Feuilleton Transition(s) 2050. Les matériaux pour la transition énergétique, un sujet critique, p.19

L'**aluminium** constitue le deuxième matériau le plus utilisé pour la fabrication d'un véhicule après l'acier et ce, quelle que soit sa technologie de traction. Selon la trajectoire de transition adoptée par la France en matière de mobilité, l'approvisionnement en aluminium pourrait devenir critique. L'Ademe prévoit ainsi, dans ses scénarios de transition 3 et 4, que la demande moyenne en aluminium pour les véhicules sur la période 2020-2050 augmentera respectivement de 91% et 138% relativement à 2015.

Le **cuivre** entre dans la composition de tous les véhicules, quel que soit leur mode de traction. Il présente de nombreux enjeux, qui font de lui un matériau critique pour les années à venir. D'une part, il présente un risque géologique fort : avec la forte croissance à prévoir de la demande, selon les scénarios de transition adoptés, les travaux de l'IFPEN estiment qu'entre 80% et 90% des ressources connues en 2010 seront extraites des mines d'ici 2050. Ensuite, il comporte un risque de dépendance économique, à l'égard de la Chine en particulier, qui contrôle près de 40% du raffinage mondial de cuivre. Ce risque se double d'un risque géostratégique, la Chine sécurisant son propre approvisionnement en ressources en investissant directement en Amérique latine, en Asie et en Afrique. La diminution de la concentration des gisements entraîne également une hausse de la consommation d'énergie et d'eau liée à l'extraction et la production de cuivre. Pour finir, la production de cuivre génère de nombreuses pollutions environnementales (Hache et al., 2020a).

Le **graphite**, qui entre dans la composition des batteries des voitures électriques, présente un enjeu géostratégique majeur. En effet, la Chine domine largement la production mondiale en fournissant environ 80% du graphite naturel mondial (Hache et al., 2021a).

La part du **nickel** tend à augmenter dans la composition des batteries, souvent en remplacement du cobalt qui est plus cher et dont l'approvisionnement est plus critique. La criticité géologique de ce matériau est moyenne : inférieure à celle observée sur le cuivre ou le cobalt mais supérieure à celles relevées pour les terres rares ou encore le lithium (Hache et al., 2021a).

Le **lithium**, s'il présente une criticité géologique moindre que le cuivre ou le cobalt, présente un risque de pénurie élevé dans les années à venir du fait du faible nombre de pays producteurs. En effet, environ 90% de la production mondiale provient de deux régions : l'Australie (extraction minière) et le triangle du lithium en Amérique du Sud, avec l'Argentine, la Bolivie et le Chili (gisements de saumure) (Hache et al., 2018). L'extraction à outrance du lithium dans ces régions désertiques menace également les écosystèmes et l'accessibilité à l'eau pour les populations locales (Lucas et Gajan, 2021).

Les ressources et la production de **cobalt**, qui entre également dans la composition des batteries, sont également très concentrées. Son extraction minière est contrôlée à plus de 70% par la République Démocratique du Congo et son raffinage à 50% par la Chine. En outre, l'extraction de cobalt présente des risques sociaux et environnementaux majeurs : conditions de travail dangereuses, travail d'enfants, exposition à des poussières potentiellement cancérigènes, y compris pour les populations locales, prolifération de mines clandestines et pollutions environnementales (Hache et al., 2020b).

Contrairement à une idée reçue, les **terres rares** ne rentrent pas nécessairement dans le processus de fabrication des véhicules électriques. En effet, les moteurs de ces voitures peuvent s'en passer en remplaçant l'aimant du moteur par une bobine d'excitation comme c'est le cas sur la Zoé de Renault. À l'inverse, les voitures thermiques restent quant à elles complètement dépendantes de l'extraction de ces matériaux. En effet, les terres rares sont nécessaires tant au raffinage du pétrole qu'à la production des pots catalytiques. À noter que l'on retrouve les terres rares dans tous les moteurs miniaturisés qui se trouvent désormais dans les voitures : pour actionner les essuie-glaces ou monter les vitres, par exemple. Les terres rares - dont les réserves et la production sont relativement concentrées, notamment en Chine qui représente 38% des réserves et 62% de la production mondiale (Hache et al., 2021b) - constituent un ensemble de métaux particulièrement difficile à extraire et sont également critiques à ce titre.

À noter que la fabrication des vélos (d'une façon générale, électrique ou pas) nécessite moins de matériaux que celle des voitures. Bien que majoritairement en acier, les cadres des vélos peuvent être en chromoly (alliage d'acier composé de chrome et de molybdène), aluminium, carbone, titane ou même en bambou. Quant aux pneus, ils sont majoritairement composés de caoutchouc, le plus souvent issus de la pétrochimie (caoutchouc synthétique).

TENDANCES ÉMERGENTES

• Sécuriser les approvisionnements en matériaux

Au vu de ces différents niveaux de criticité des matériaux entrant dans la composition des véhicules, la sécurisation des importations devient un enjeu de plus en plus majeur pour les pays européens, soit via des partenariats à l'échelle européenne, soit par le biais de prises de participation dans des industries minières. Une autre piste consisterait à relocaliser une partie de l'activité minière en France, ce qui pourrait se faire notamment pour le lithium dont des gisements se trouvent sur le territoire national. Dernièrement, l'industriel Imerys a par exemple annoncé l'ouverture pour 2028 d'une mine de lithium à Échassières dans l'Allier. La promesse de l'arrivée de nouveaux emplois sur le territoire semble contenter une partie de la population, alors qu'une autre s'inquiète des impacts sur l'eau et la biodiversité occasionnés par le retour de l'activité minière (Cazalès, 2022).

• Reconditionner ou recycler les batteries

Les métaux constitutifs des batteries électriques peuvent être recyclés. Pour le lithium, la capacité de recyclage s'élève par exemple à 80%. La refonte de la directive Batteries, actuellement en discussion à l'échelle européenne, prévoit une obligation d'incorporation d'un minimum de matière recyclée pour le Cobalt, le Lithium et le Nickel - respectivement de 12%, 4%, 4% en 2027 puis de 20%, 10% et 12% à compter de 2030. Aujourd'hui, la France dispose d'une capacité de recyclage des batteries de l'ordre de 5000 tonnes par an pour un total européen estimé autour de 15000 à 20000 tonnes par an (Filière Automobile et Mobilités, 2019).

Cependant, étant donné l'augmentation en cours et à venir du nombre de véhicules électriques en circulation, les capacités des filières européennes de recyclage vont rapidement être dépassées par les besoins, et ce, dès 2027 quand 50 000 tonnes de batteries sont attendues en Europe. Pour pouvoir absorber ces volumes, les acteurs européens doivent tripler leur capacité de traitement des batteries pour 2027 puis continuer à augmenter leurs capacités dans les années qui suivent.

Pour répondre à ces enjeux, la filière du recyclage s'organise au sein de consortium d'industriels et bénéficie d'un soutien financier important de la part de l'Europe. Cependant, les taux de recyclage visés restant marginaux (pas plus de 20%), il apparaît que le recyclage ne permettra pas à lui seul de répondre à l'enjeu d'approvisionnement en matériaux critiques dans un contexte d'électrification massive des moyens de transport.

Au-delà de leur recyclage, les batteries des véhicules électriques peuvent être reconditionnées soit pour le même usage - c'est le cas pour les vélos à assistance électrique (VAE) notamment, qui sont parfois vendus reconditionnés - soit pour un usage différent. Aujourd'hui, plusieurs entreprises proposent ce type de services dans la région Auvergne-Rhône-Alpes. Cependant, comme pour les capacités de recyclage, la capacité de reconditionnement des batteries reste inférieure aux besoins et doit augmenter. Il existe donc un enjeu fort à soutenir la filière du reconditionnement des batteries, et ses acteurs, dans la région Auvergne-Rhône-Alpes.

• Vers des voitures plus petites, plus légères, moins rapides ?

Alors que la tendance lourde, nous l'avons vu, tend à l'augmentation de la taille et de la masse des voitures, certains acteurs économiques développent des voitures citadines plus petites et plus légères. Les constructeurs français ont saisi ce créneau, à l'image de Renault avec la Twizy, de Citroën avec l'AMI ou encore de quelques start-ups comme [Gazelle Tech](#) ou [Midipile](#). L'Ademe encourage la conception de ce type de véhicules au travers de l'[eXtreme Défi](#), un programme d'accompagnement à la conception, l'expérimentation et l'industrialisation de véhicules 10 fois plus légers, 10 fois moins puissants, 10 fois moins chers, et 10 fois moins impactants sur l'environnement. Les entreprises chinoises investissent également dans ce créneau, en misant sur des voitures électriques d'entrée de gamme, accessibles pour quelques milliers d'euros.

L'abaissement des vitesses de circulation sur l'autoroute de 130 km/h à 110 km/h pourrait faciliter non seulement ce mouvement de diminution de la taille et de la puissance des véhicules mais aussi le choix de véhicules électriques plutôt que thermiques. En effet, pour un trajet sur autoroute à 110 km/h au lieu de 130 km/h, la différence de temps de trajet incluant les temps de recharge deviendrait plus négligeable comparé aux véhicules thermiques. Cette limitation des vitesses de circulation sur l'autoroute permettrait également de diminuer la consommation d'électricité des véhicules électriques de 22%, les coûts de recharge ainsi que le nombre de bornes nécessaires de 41% (Baltazar et al., 2022).

• Le Maas et la multimodalité

Aujourd'hui, de nombreux services et applications se développent pour faire de la mobilité un service (Mobility as a service - MaaS) et permettre de combiner différents modes de déplacements pour effectuer un seul trajet. De nombreuses offres de mobilité en « libre-service » se développent également, en particulier en zone urbaine, et selon différentes modalités : *free-floating* ou bornes fixes ; échanges entre particuliers ou via une plateforme centralisée ; vélo, voitures ou trottinettes ; etc.

Le développement de cette nouvelle conception de la mobilité comme un service multimodal engendre des besoins accrus en termes d'infrastructures numériques, des datacenters notamment, pour assurer la connectivité de l'ensemble des offres de mobilité et assurer le partage de données entre applications. En plus d'être énergivores et émetteurs de gaz à effet de serre, ces datacenters sont consommateurs en matériaux. En effet, ils sont équipés de batteries qui prennent le relai de l'alimentation électrique en cas de panne.

Cependant, d'autres aménagements - ne reposant pas sur des infrastructures numériques - émergent afin d'encourager la multimodalité. Qu'il s'agisse des espaces réservés au vélo dans les trains (TER mais aussi TGV depuis peu) ou de parkings ou « boîtes à vélo » aux abords des gares permettant de laisser son vélo la journée en toute sécurité, les innovations techniques et organisationnelles ne manquent pas.

• Mobilités douces et actives

Le report modal de la voiture vers des modes de mobilité « durables » - comme le recours au vélo - gagne du terrain à mesure que de nouveaux usages se développent. L'arrivée de l'assistance électrique d'un côté et la conception de véhicules originaux d'autre part (vélo cargo, triporteur, etc.) ont en effet permis de convaincre de nouveaux usagers de prendre le vélo plutôt que la voiture, notamment des femmes, des personnes âgées et des habitants de zones périurbaines (Inddigo et Vertigo Lab, 2020). L'utilisation du vélo progresse aussi bien pour faire ses courses, emmener ses enfants à l'école que pour voyager (cyclotourisme). La voiture étant toujours massivement utilisée pour effectuer de courtes distances, le potentiel de report modal de la voiture vers le vélo, qui plus est le VAE, est en effet important.

Concernant le transport de marchandises, la cyclologistique gagne également des parts de marché (dans le contexte d'un marché de la livraison à domicile qui explose), permettant une plus grande agilité des livreurs dans des villes au trafic souvent saturé. En région Auvergne-Rhône-Alpes, plusieurs entreprises ont identifié le potentiel de la filière vélo et se sont rassemblées au sein du cluster « Mobilité Active Durable » (MAD).

Ce mouvement, s'il répond à de nouvelles envies et est permis par des évolutions technologiques, est également encouragé par les pouvoirs publics. Par exemple, les salariés peuvent bénéficier du forfait mobilités durables pour leurs trajets professionnels, jusqu'à 700 euros par an et par salarié (à noter cependant que la persistance des voitures de fonction va à l'encontre de cette dynamique). En outre, le plan vélo a permis de débloquer des budgets d'investissement conséquents pour encourager les usages.

La généralisation de la limitation des vitesses de circulation sur la route (à 30 km/h en agglomération et 110 km/h sur l'autoroute par exemple) serait également de nature à pousser plus loin le report modal : vers le vélo en ville et vers le train en zone peu dense. Les scénarios de transition 1 et 2 de l'Ademe misent d'ailleurs sur ce levier pour décarboner le secteur du transport. Ces scénarios font le choix d'investir dans les lignes ferroviaires et les trains de nuit afin d'inciter les usagers à prendre le train plutôt que la voiture individuelle pour des déplacements en zone peu dense et/ou pour partir loin.

Ces stratégies sont également envisagées dans le cadre du développement de la voiture électrique. En effet, afin de ne pas surdimensionner les batteries de celles-ci et le réseau de bornes de recharge, l'Ademe plaide pour des voitures électriques petites, légères et qui se déplacent sur des courtes distances. Pour les longues distances, elle encourage le recours au train (Ademe, 2022). Autant de choix qui seraient en faveur d'une mobilité plus durable, mais qui ne semblent pas être la direction prise par les pouvoirs publics actuels.

• Vers la démobilité ?

Davantage que le report modal, le principal levier pour diminuer les empreintes énergie et matériaux associés aux déplacements consiste dans la diminution de la demande de transport. Autrement dit, il s'agirait ici de se déplacer moins, d'aller vers des formes de démobilité.

Depuis la pandémie de Covid-19, la généralisation du télétravail a permis pour une certaine partie de la population de réduire la fréquence de ses déplacements pour le travail. Cependant, l'effet net du télétravail sur la demande de transport n'est pas clair. Pour certains, le télétravail rime avec plus de loisirs et de week-ends au vert, et donc plus de déplacements. Pour d'autres, la possibilité de travailler à distance a rendu compatibles le fait de travailler dans une grande métropole et d'habiter très loin de celle-ci, modulo de nombreux trajets en TGV pour s'y rendre de façon plus ou moins fréquente.

Plus fidèle au principe de démobilité, le concept de la ville du quart d'heure¹ consiste à disposer de tous les services du quotidien dans un rayon de 15 minutes de marche de chez soi. Cette ville de la proximité, davantage propice aux modes actifs, impliquerait cependant de relocaliser l'emploi, les activités économiques, les loisirs et également les services publics à proximité des zones résidentielles.

1. « Paris ville du quart d'heure, ou le pari de la proximité ». Site internet de la ville de Paris. - <https://www.paris.fr/dossiers/paris-ville-du-quart-d-heure-ou-le-pari-de-la-proximite-37>

Principales sources utilisées

- Ademe (2021). *Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat*. Rapport.
- Ademe (2022). *Voitures électriques et bornes de recharge*. Les avis de l'Ademe. - <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/5877-avis-de-l-ademe-voitures-electriques-et-bornes-de-recharges.html>
- AEE (2020) Pour en savoir plus : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat/11-emissions-de-ges-des-transports>
- Baltazar, J., Vallet, F. & Garcia, J. Mars 2022. *Éco-conception d'un système de mobilité comprenant véhicules tout électriques et réseau de recharge : Une analyse multi-perspective basée sur un modèle de simulation de mobilité longue distance*. [Rapport de recherche] EcoSD Network. 2022. - <https://hal.science/hal-03727219> (p.37)
- Cazalès, A. (19 novembre 2022). Réunion publique sur le projet de mine de lithium à Échassières (Allier) : un bon coup de com' mais peu d'infos. La Montagne. - https://www.lamontagne.fr/vichy-03200/actualites/reunion-publique-sur-le-projet-de-mine-de-lithium-a-echassieres-allier-un-bon-coup-de-com-mais-peu-d-infos_14219059/
- CCFA. (2020). Dossiers de presse. Consulté le 1^{er} décembre 2020 : <https://ccfa.fr/dossiers-de-presse/>
- CITEPA (2020), rapport Secten 2020. Pour en savoir plus : <https://www.notre-environnement.gouv.fr/donnees-et-ressources/ressources/graphiques/article/repartition-sectorielle-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-en-france-en-2017>
- Dentan, P.O. (26 mars 2022). *Les ventes de trottinettes électriques ne s'arrêtent plus de battre des records*. Le Figaro. - <https://www.lefigaro.fr/consol/les-ventes-de-trottinettes-electriques-ne-s-arretent-plus-de-battre-des-records-20220326>
- Filière Automobile et Mobilités. (juin 2019). *Comité Stratégique de Filière Mines et Métallurgie*.
- Hache, E., Barnet, C. & Seck, G. (Décembre 2020a) «Le cuivre dans la transition énergétique : un métal essentiel, structurel et géopolitique !», Les métaux dans la transition énergétique, n°2. IFPEN. - <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/cuivre-transition-energetique-metal-essentiel-structurel-et-geopolitique>
- Hache, E., Barnet, C. & Seck, G. (janvier 2021b) «Les terres rares dans la transition énergétique : quelles menaces sur les "vitamines de l'ère moderne" ?», Les métaux dans la transition énergétique, n°3, IFPEN. - <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/les-terres-rares-transition-energetique-quelles-menaces-les-vitamines-lere-moderne>
- Hache, E., Barnet, C. & Seck, G. (Mars 2021a). «Le nickel dans la transition énergétique : pourquoi parle-t-on de métal du diable ?», Les métaux dans la transition énergétique, n°5, IFPEN, Mars 2021. - <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/nickel-transition-energetique-pourquoi-parle-t-metal-du-diable>
- Hache, E., Barnet, C. & Seck, G. (Novembre 2020b). «Le cobalt dans la transition énergétique : quels risques d'approvisionnements ?» Les métaux dans la transition énergétique, n°1. IFPEN. - <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/cobalt-transition-energetique-quel-risques-dapprovisionnement>
- Hache, E., Seck, G. & Simoën, M. (1^{er} juillet 2018). *Quelle criticité du lithium dans un contexte d'électrification du parc automobile mondial ?* IFPEN. - <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/quelle-criticite-du-lithium-contexte-delectrification-du-parc-automobile-mondial>
- INDDIGO et VERTIGO LAB (2020). Impact économique et potentiel de développement des usages du vélo en France. - <https://vertigolab.eu/wp-content/uploads/2020/05/rapport-impact-economique-usages-velos-france-2020.pdf>
- Lucas, I. & Gajan, A. (15 février 2021). *Le parcours du lithium - depuis l'extraction jusqu'à la batterie*. Culture Sciences Chimie. - <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-physique/electrochimie/le-parcours-du-lithium-depuis-l-extraction-jusqu-a-la>
- Synthèse des travaux du Comité de Pilotage «Développement d'une filière intégrée de recyclage des batteries lithium». - <https://pfa-auto.fr/wp-content/uploads/2019/06/PTF-Recyclage-batterie-lithium.pdf>
- Union Sport & Cycle (2022), *Observatoire du cycle 2022*



SE MEUBLER

TENDANCES LOURDES

Le marché de l'ameublement couvre tous les meubles (meubles meublants, meubles de bureau, meubles de jardin...) et les objets d'ameublement, tels que la literie (matelas, sommiers et articles de literie), les éléments ou panneaux ouvrés et les panneaux décoratifs, les meubles en kit et les meubles de cuisine.

Les matières principales utilisées dans l'ameublement sont les suivantes (Éco-mobilier, 2016) :

- le bois : massif, panneaux de particules, panneaux de fibres,
- les métaux : ferreux et non ferreux,
- les plastiques : polyéthylène - PE, propylène – PP et acrylonitrile butadiène styrène – ABS),
- les mousses : polyuréthane, latex naturel et synthétiques,
- les textiles : coton, laine, polyester,
- les matières minérales : verre, miroir, ardoises, pierre et céramique,
- les fibres naturelles : osier, rotin et paille.

Le bois est le matériau le plus fréquent. En 2020, il représentait 60% des matériaux d'ameublement mis sur le marché. Seuls deux autres matériaux dépassent les 10% : les métaux (13%) et les produits de rembourrage (11%). Les matelas mousses, les plastiques et les matières «non spécifiées» représentent respectivement 2, 4 et 6% des tonnages mis sur le marché. Tous les autres matériaux représentent moins de 1% du total (Trarieux et al., 2022).

En 2021, les ventes de meubles en France sont fortement en hausse avec +14% entre 2021 et 2020 et représentent un chiffre d'affaires de 14,5 milliards d'euros (Observatoire de la franchise, 2022).

Le comportement des consommateurs contribue à déterminer le marché de l'ameublement. Les facteurs les plus prédictifs sont les suivants (CNEF) :

- La mobilité résidentielle des ménages, traduite par la mise en chantier de logements neufs et le niveau de transactions dans l'immobilier ancien. Ces deux indices sont encore en pleine croissance et dépendent eux-mêmes de différents facteurs multiples comme expliqué dans la partie «se loger» ;
- La situation économique et financière des ménages ;
- L'attention portée par les ménages à leur intérieur. Par exemple, les confinements successifs lors de la crise de Covid-19 ont conduit à une hausse des achats pour aménager son intérieur.

Le renouvellement des meubles est aussi corrélé à des facteurs qui ne dépendent pas uniquement des pratiques individuelles des consommateurs, tels que la longévité des produits mis sur le marché, les possibilités de réparation mais aussi les encouragements des acteurs économiques pour des pratiques incitant à une utilisation plus longue de l'ameublement. En 2010 par exemple, la Fédération française du négoce de l'ameublement et de l'équipement de la maison se désolait dans un communiqué de presse que le budget annuel moyen consacré à l'ameublement par les ménages Français soit deux à trois fois inférieur à celui de leurs voisins européens (Le Figaro, 2010). Cet exemple met en évidence les attentes des acteurs économiques d'une consommation en soutien de leurs modèles économiques.

Du point de vue de la réglementation, la filière REP du mobilier organise la collecte et le recyclage du mobilier usagés et encourage les bonnes pratiques de conception au sein de la filière. À ce titre, Eco-maison (anciennement Éco-mobilier), le plus gros éco-organisme de la filière, a collecté, en 2021, 1,2 million de tonnes de meubles, parmi lesquels seulement 5% ont pu être réemployés (seconde main et reconditionnement), 45% ont fait l'objet de valorisation matière¹, 44% de valorisation énergétique² et 6% d'élimination (enfouissement et incinération) (Eco-mobilier, 2021).

Le taux de réemploi reste bas du fait de la détérioration des meubles lors de leur collecte. En effet, depuis sa création en 2012, Eco-maison est organisé pour collecter les meubles usagés dans des bennes profondes et non protégées de la pluie. Les meubles étant trop abîmés par les pratiques de collecte, ils voient leur devenir restreint à la valorisation matière et/ou énergétique, voire à l'élimination lorsque les meubles sont mouillés par exemple.

TENDANCES ÉMERGENTES

Cinq nouvelles tendances émergent : le réemploi, l'utilisation de matières recyclées, l'utilisation de matières biosourcées, l'encouragement à la sobriété et le changement de structure juridique des entreprises. Ces cinq tendances, si elles se généralisent, auraient un impact significatif sur la consommation de matières vierges pour l'usage du meublement qui pourrait alors décroître, au profit en partie de matières biosourcées (laine, bois, latex, lin, chanvre, osier, rotin, paille, etc.) et recyclées (mousse de polyuréthane recyclée, polyester recyclée, acier recyclée, etc.).

Plusieurs évolutions favorisent l'émergence de ces nouvelles tendances : la réglementation avec notamment la nouvelle loi AGECE, la concertation des acteurs de la filière REP du mobilier qui travaillent conjointement à augmenter la part du réemploi et de la valorisation matière (reprise gratuite par les producteurs, mise en place d'une collecte préservante, amélioration de la conception des produits, etc.), l'arrivée de nouveaux acteurs de l'économie sociale et solidaire qui œuvrent à donner une deuxième vie aux objets ou encore du fait de dirigeants d'entreprise pionniers qui développent de nouveaux modèles économiques autour de la circularité.

• Le réemploi

Comme expliqué précédemment, le terme réemploi se réfère à deux pratiques complémentaires : la seconde main et le reconditionnement. La seconde main consiste à acheter des produits qui ont déjà été utilisés par d'autres personnes mais dont le faible taux d'usure permet de les utiliser à nouveau pour un même usage avec ou sans réparation. Les étapes de réparation, appelées aussi reconditionnement, peuvent aller du simple nettoyage jusqu'au remplacement des pièces d'usure. Ces étapes permettent de remettre le produit dans un état d'utilisation.

Les acteurs associatifs ou privés du réemploi des objets d'ameublement sont nombreux. Parmi eux, on retrouve des acteurs historiques ou bien établis tels Emmaüs, l'Armée du Salut ou encore le site de ventes entre particuliers Leboncoin.fr et des acteurs plus récents comme des recycleries, l'entreprise [Ecomatelas](#) qui reconditionne des matelas usagés à proximité de Montpellier, etc.

Des initiatives mises en place par les pouvoirs publics peuvent également favoriser le réemploi comme c'est le cas par exemple avec la déchetterie [Smicval Market](#) à Veyres en Gironde. Cette déchetterie fonctionne comme un supermarché inversé où les usagers peuvent venir déposer ou récupérer gratuitement des objets sur des rayonnages bien identifiés.

1. Valorisation matière : la valorisation de la matière englobe toutes les opérations de valorisation (préparation en vue du réemploi, recyclage, remblaiement) et se définit par l'utilisation de déchets en substitution à d'autres matières ou substances
2. Valorisation énergétique : après démantèlement, les matières premières ne pouvant faire l'objet d'une valorisation matière sont incinérées afin de produire de l'énergie (par exemple dans les cimenteries).

- **Utiliser des matières recyclées**

Des acteurs industriels revoient la conception de leurs produits afin de faciliter leur recyclage (conception modulaire, suppression des mélanges de matières et des assemblages ne permettant pas le démantèlement, ...) et de substituer des matières vierges par des matières recyclées. La Camif propose par exemple un matelas fabriqué à partir de la [mousse recyclée TELMA](#), Maximum met sur le marché une [chaise fabriquée avec du plastique recyclé](#), etc.

La filière REP du mobilier encourage les projets de R&D qui consistent à développer des matières recyclées issues du démantèlement des meubles usagés. C'est le cas par exemple du partenariat noué entre Dow et éco-maison (anciennement éco-mobilier) afin de proposer une mousse fabriquée avec des polyols recyclés chimiquement à partir de matelas usagés (Actu-environnement, 2020 ; Usine Nouvelle 2021).

- **Utilisation des matières biosourcées**

Des acteurs industriels proposent également des produits composés en partie ou en totalité de matières biosourcées. C'est le cas par exemple du [matelas en laine](#) proposée par le Matelas Vert ou des [matelas en latex](#) de la marque Kipli.

- **Encourager la sobriété**

Des industriels commencent à prôner une certaine sobriété sous la forme de campagne de démarketing. C'est le cas par exemple de l'entreprise Tediber qui propose un [prix juste toute l'année](#) (pas de promotions et pas de soldes pour ne pas encourager des pratiques d'achats compulsifs).

- **Changer la structure juridique des entreprises**

On observe aussi des entreprises qui sont organisées sous des formes différentes permettant de modifier leur finalité afin qu'elle ne soit pas restreinte à la rentabilité. Plusieurs exemples peuvent être cités : [Ardelaine](#), un acteur pionnier dont le positionnement en tant que coopérative est historique depuis sa création en 1982, [Secondly](#) créé en 2012 et devenue Entreprise d'Insertion en 2017 ou encore La Camif et Tediber devenues entreprises à mission respectivement en 2020 et 2021.

Le matelas, un objet qui illustre les évolutions des usages et des procédés de fabrication depuis le début de la grande accélération



Matelas, triage au site d'enfouissement by Douglas Scholes, édition 1/3, 2021, site d'enfouissement Francis Cooke Class III, Exshaw, Alberta.

Crédits image :
galierobertsonares.com

De paille, de plumes ou de crins, le couchage est devenu bien plus confortable avec la généralisation des matelas en laine au début du 20^e siècle dans nos pays occidentaux. Jusqu'en 1960, on trouvait des matelassiers à tous les coins de rue et le matelas en laine était la norme pour la majorité des français. Le développement des matelas à ressorts puis l'arrivée des matières synthétiques ont provoqué progressivement le déclin des matelas en laine, ceux-ci ne représentant aujourd'hui plus que 1 % des ventes annuelles.

Pourtant, la technologie des matelas en laine est une technologie durable par excellence. Un matelas en laine peut être conservé toute une vie, moyennant un recadrage* tous les 8 à 10 ans. En fin de vie, la laine est compostable. *A contrario*, les nouvelles technologies de matelas (les matelas en ressorts, en mousses synthétiques ou encore en latex, qui représentent aujourd'hui respectivement 43 %, 29 % et 27 % des ventes) ont une durée de vie limitée (14 ans en moyenne) et leur fin de vie est loin d'être optimale avec très peu de matelas réemployés, un sous-cyclage des matières lors du recyclage (isolation, tapis de judo, combustibles pour cimenterie) et des matelas qui sont enfouis ou incinérés.

La faible durée de vie des matelas, associée aux changements de nos modes de vie (éclatement des structures familiales, tourisme, développement des maisons secondaires, ...) nous amène aujourd'hui à une situation où plus de 4 millions de matelas sont vendus annuellement en France. La quantité de matelas produits est en constante croissance, ce qui induit une demande croissante auprès de l'industrie chimique et métallurgique, fortement émettrice de gaz à effet de serre et de la filière du latex, à l'origine de déforestation en Asie du Sud-est.

Revenir à des matelas en laine permettrait de diminuer la consommation d'acier, de pétrole et de latex sans induire d'impact supplémentaire puisque la laine des élevages ovins français n'est actuellement pas valorisée. Reste à savoir si les Français seront prêts à revenir au matelas de leurs grands-parents et si la filière laine sera en mesure de se réindustrialiser.

*Le recadrage est une opération consistant à aérer la laine du matelas grâce à une cardeuse, à en rajouter un peu si nécessaire et à remettre le tout dans une toile neuve.

Principales sources utilisées

- Actu-environnement (23 juillet 2020). «[Dow et Éco-mobilier s'associent pour recycler les matelas en mousse de polyuréthane](#)», article paru sur le site [actuenvironnement.com](#) le 23 juillet 2020.
- Ademe (2021). *Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat*. Rapport.
- CNEF : « Les chiffres clés, le marché de l'immobilier ». Site de la Cnef. - <https://lacnef.fr/le-marche-de-lameublement/>
- Éco-mobilier (2016). « Innovation & éco-conception en vue du recyclage - Le guide de la filière mobilier ».
- Éco-mobilier (2021). *Rapport d'activité*.
- Le Figaro (16 juin 2010). « [Les Français achètent moins de meubles que leurs voisins](#) ».
- Observatoire de la franchise (21 juillet 2022). « [Le marché du meuble consolide sa croissance : 3 opportunités en franchise](#) ».
- Trarieux M., Houdus Ch., Ademe, Deloitte Développement durable, Au-Dev-Ant (2021). Éléments d'Ameublement : données 2020 – Rapport annuel.
- Usine Nouvelle (14 novembre 2021). « [Orrion Chemicals recycle les mousses de matelas](#) ».

Analyse transversale

Si des enjeux tels que l'épuisement des combustibles fossiles ou le changement climatique occupent une place croissante dans le débat public et sont désormais inscrits à l'agenda politique, les enjeux liés aux matériaux sont encore mal connus et largement déconsidérés par les pouvoirs publics. L'épuisement de certaines matières premières, l'impact environnemental de leur extraction et de leur transformation, ainsi que la vulnérabilité de certaines filières d'approvisionnement en matériaux critiques apparaissent comme des enjeux clés mais souvent ignorés dans les stratégies de transition énergétique et climatique.

Des tensions à venir sur les matériaux de la transition énergétique

Les matériaux nécessaires à la transition écologique constituent un angle mort de la plupart des scénarios de transition. Qu'il s'agisse de l'électrification du parc de véhicules (voir la partie «Se déplacer») ou de la généralisation des énergies renouvelables (éolien et photovoltaïque en particulier), l'empreinte matière de la transition est colossale, et compromet tout scénario de transition à production et consommation égales.

Se posent notamment des problèmes :

- **géologiques**, de disponibilité et d'accessibilité des matériaux dans les années à venir (par exemple du cuivre) ;
- **économiques et géopolitiques**, de sécurisation des approvisionnements dans des contextes où l'extraction et la production de certains matériaux sont très concentrées dans certaines États. C'est par exemple le cas pour le lithium, pour lequel une pénurie est à craindre dans les prochaines années ;
- **environnementaux** liés à la pression sur les ressources (l'eau et la terre par exemple) ou les pollutions liées aux activités minières. C'est le cas de toutes les activités minières, l'ampleur de l'impact dépendant notamment du volume extrait et de la concentration des minéraux/matières extraites ;
- **sociaux**, liés aux conditions d'extraction des matériaux par exemple le cobalt en République Démocratique du Congo.

Une pression « tous azimuts » exercés sur certains matériaux renouvelables

Les phénomènes d'épuisement des ressources fossiles et de perturbation des cycles biogéochimiques (eau, carbone, polluants atmosphériques, etc.) observés à l'échelle mondiale obligent les sociétés humaines à réorienter, de gré ou de force, leurs activités économiques.

Cette transition sous contraintes soumet certains matériaux à des pressions d'usage multiples et concurrentielles. Ainsi le bois (et plus généralement la biomasse), aujourd'hui considéré comme planche de salut de presque tous les secteurs économiques, risque de faire défaut à moyen terme sauf à envisager une réduction drastique des « besoins ». Le bois et la biomasse sont en effet considérés comme des ressources essentielles :

- pour chauffer les bâtiments et produire de l'énergie (électricité, eau chaude, biocarburants) ;
- pour construire de nouveaux bâtiments (structure porteuse et isolants) ;
- pour rénover thermiquement le parc bâti existant ;
- pour alimenter l'industrie manufacturière (mobilier et textiles en cellulose ou coproduits de culture) ;
- pour produire des emballages (explosion suite au e-commerce) et du papier ;
- pour fournir des matières carbonées aux sols agricoles (protection vis-à-vis de la sécheresse et de la fertilisation).

Ces pressions s'accordent mal avec le probable dépérissement des peuplements forestiers à grande échelle consécutif au changement climatique et à la propagation facilitée des ravageurs.

Les limites du recyclage des matériaux

Le développement de techniques de recyclage a laissé croire qu'il ne serait pas nécessaire de remettre en question les modes de production et de consommation pour préserver les ressources naturelles et limiter les déchets. Pourtant, les limites du recyclage sont maintenant bien documentées (cf. encadré « Le mirage du recyclage »).

Le développement des filières depuis les années 1990 a permis des progrès considérables en réduisant la quantité de déchets enfouis ou incinérés. Ces progrès ne doivent pas masquer le fait que les matières collectées sont encore majoritairement sous-cyclées ou utilisées comme combustible (valorisation énergétique).

Au-delà des faibles performances du recyclage, plusieurs freins structurels expliquent le faible taux de circularité de l'économie malgré les efforts engagés depuis les années 1980¹. Tout d'abord, les ressources naturelles sont disponibles en quantité limitée et le flux de prélèvement de biomasse dépasse largement les seuils écologiques (biodiversité et préservation des puits de carbone). Ensuite, le bouclage des cycles est physiquement incompatible avec la croissance matérielle. Enfin, une part élevée des minéraux, des métaux et des matières fossiles est utilisée pour remplacer des stocks dispersés par l'usure ou l'altération physique².

Éviter, réduire, optimiser, recycler

La sobriété dans la consommation de biens et de services apparaît comme une première brique essentielle pour réduire l'empreinte écologique et matérielle de l'économie française, et l'adapter aux multiples contraintes climatiques, énergétiques et écologiques. Cette sobriété implique de repenser nos modes de consommation en se satisfaisant de l'existant, en privilégiant l'essentiel, en évitant les achats superflus, en se tournant d'abord vers le marché de l'occasion et la location et, en dernier recours, en optant pour l'achat de produits simples, durables et éco-conçus.

La réduction à la source constitue donc la base de cette démarche, et s'appuie sur le non-achat, le réemploi et la prolongation de durée de vie des objets existants. Des mesures incitatives peuvent être mises en place pour favoriser la réparation, la maintenance et l'entretien des biens, ainsi que pour encourager le réemploi et la seconde main. Ces pratiques permettent de donner une nouvelle vie aux produits et de limiter l'extraction de ressources naturelles. Aucun scénario de transition énergétique, climatique et écologique ne peut faire l'économie d'une réduction à la source de la consommation : adapter nos usages et nos pratiques d'achat est non seulement le premier levier à actionner, mais aussi le seul dont l'impact soit direct, robuste, et sans effet rebond.

Pour les achats essentiels de produits à remplacer pour cause d'usure ou d'obsolescence technique, et indisponibles sur le marché de l'occasion, l'économie devra pourvoir aux besoins de produits de qualité, réparables, économes et recyclables. Le recyclage doit être considéré comme une solution ultime, lorsque les autres options ne sont plus disponibles.

Pour soutenir cette sobriété de la consommation, des politiques publiques adaptées doivent être instaurées, les consommateurs sensibilisés et incités, et les modèles économiques repensés et contraints pour les rendre compatibles avec ces nouveaux objectifs.

La réorientation écologique ne peut faire l'économie d'un changement majeur des usages et modes de vie

La crise écologique en cours oblige à faire un pas de recul supplémentaire sur le fonctionnement et la finalité des activités économiques. Donella Meadows, théoricienne des systèmes et co-autrice du rapport du Club de Rome, faisait remarquer que « faire fonctionner un même système plus ou moins vite ne change pas le résultat final ». C'est donc la finalité du système qu'il convient de questionner. À cet effet, la redirection écologique

1. Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., & Mayer, A. (2020). Spaceship earth's odyssey to a circular economy - a century long perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105076.

2. Bourg Dominique et Arnsperger Christian, *Écologie intégrale: pour une société permacirculaire*, éditions PUF, coll. « L'écologie en question ».

est un cadre, à la fois conceptuel et opérationnel, destiné à subordonner l'organisation de toutes nos activités au respect des limites planétaires. La redirection peut conduire à renoncer à certaines de nos activités si celles-ci nuisent à l'habitabilité de la planète. Dans leur livre *Héritage et fermeture*, Emmanuel Bonnet, Diego Landivar et Alexandre Monnin mettent ainsi en avant la nécessité d'apprendre à hériter des choses dont nous dépendons pour notre subsistance à court terme mais qui nous condamnent à moyen et long termes (chaînes logistiques, « technologies zombies », modèles économiques, etc.) et à arbitrer entre les choses auxquelles nous tenons et celles dont nous pouvons nous passer afin d'être en mesure de fermer et de réaffecter les activités les plus nuisibles.

La transformation des modes de vie et des pratiques de consommation nécessite des arbitrages politiques, éthiques et philosophiques complexes. Qu'est-ce qu'un besoin essentiel ? Quelle quantité de chaque ressource finie pouvons-nous légitimement nous octroyer, en en privant du même coup les plus démunis et les générations futures ? Quelle privation de liberté individuelle sommes-nous capables d'accepter pour garantir la liberté supérieure d'aller et venir sur une planète habitable ?

Une transition écologique ambitieuse nécessitera probablement une action forte et coordonnée démocratiquement par l'État, seul en mesure d'organiser un changement généralisé des pratiques pour soumettre les intérêts particuliers de court terme à l'intérêt général de long terme. La « planification écologique » a ainsi été évoquée par plusieurs candidats à l'élection présidentielle de 2022 et a finalement été attribuée à la Première ministre ainsi qu'à deux ministres chargées respectivement de la planification énergétique et de la planification territoriale. Un secrétariat général à la planification écologique a également été créé afin de coordonner l'ensemble des actions de planification du gouvernement. C'est aussi dans ce cadre qu'une démarche de planification de la gestion de l'eau a été lancée en septembre 2022 et qu'un plan de sobriété énergétique a été publié en octobre de la même année.

La réussite de ces exercices dépend de plusieurs enjeux. Il s'agit d'abord d'ancrer la planification dans un récit partagé, un scénario de transition qui s'appuie sur un processus consultatif approfondi et renouvelé dans le temps - condition *sine qua non* de son acceptation par l'ensemble des parties prenantes. Ce scénario doit s'incarner dans un document politique fort, véritable cadre de référence pour l'ensemble des politiques sectorielles et territoriales ainsi que la programmation budgétaire. Afin d'assurer sa mise en œuvre opérationnelle, il doit non seulement être assorti d'objectifs de résultats et de garanties de processus, mais également passer par le développement d'une culture des soutenabilités, de l'analyse d'impact et de la prospective au sein de l'administration³.

3. France Stratégie (7 mai 2022). *Soutenabilités ! Orchestrer et planifier l'action publique*. - <https://www.strategie.gouv.fr/publications/soutenabilites-orchestrer-planifier-laction-publique>

Annexe

BESOIN	SOUS-BESOIN	TYPE D'USAGE : l'usage mise sur la...	USAGE
Se déplacer	Au quotidien (petites distances)	Sobriété	À pied, à vélo, à cheval, ne pas se déplacer, etc.
		Mutualisation	Pédibus, covoiturage, autopartage, transports en communs (bus, métro, train)
		Technologie	À vélo électrique, en voiture (électrique ou hydrogène)
		--- : usages actuels les plus répandus	Voiture thermique
	Ponctuellement (vacances, déplacement professionnel, occasion particulière, etc.) (longues distances)	Sobriété	A vélo (mécanique) (vélo de voyage), en voilier, ne pas se déplacer ou aller à de courtes distances
		Mutualisation	Covoiturage, autopartage, transports en commun (bus, train)
		Technologie	Avion à hydrogène, voiture électrique, bateau électrique, vélo électrique
		--- : usages actuels les plus répandus	Voiture thermique, avion au kérozène
Se loger	Chez soi, en vacances	Sobriété	Tiny House, diminuer le nombre de mètre carrés par habitant
		Mutualisation	Habitat partagé
		Technologie	Bâtiment connecté
		Usages actuels les plus répandus	Augmentation des familles monoparentales, des maisons de vacances, du tourisme
Se meubler	Canapé, table, chaise, rangement	Sobriété	Allongement de la durée de vie des meubles en utilisant des matières biosourcées
		Mutualisation	Réemploi (seconde main et reconditionnement)
		Technologie	Utiliser les matières recyclées
		Usages actuels les plus répandus	Fast design, meubles pas chers avec une durée de vie courte
Dormir	Chez soi, en collectivité (hôpitaux, résidences étudiantes, ...), en vacances,	Sobriété	<ul style="list-style-type: none"> - Allonger la durée de vie des matelas en utiliser des matières biosourcées cultivé durablement - Dormir sur un futon ou dans un hamac - Réduire le tourisme et les résidences secondaires - Lit en carton - Réemploi (seconde main et reconditionnement)

	lits d'appoint (camp de réfugiés, accueil d'amis, nourrissons)	Mutualisation	Non applicable
		Technologie	Matelas en matières recyclées
		Usages actuels les plus répandus	Renouvellement fréquent de sa literie
Se vêtir	Chez soi, au travail, pour des occasions particulières	Sobriété	Se vêtir avec des vêtements de qualité, qui dureront dans le temps
		Mutualisation	Location de vêtements pour les occasions spéciales
		Technologie	Vêtements en matières recyclées
		Usages actuels les plus répandus	Fast fashion
Se divertir	Socialisation, sports, arts, loisirs	Sobriété	À proximité de chez soi, loisirs non-marchands
		Mutualisation	Prêt ou location
		Technologie	Avec réusage ou recyclage d'objets existants
		Usages actuels les plus répandus	Loisirs marchands, numérique, streaming
Se soigner	Chez soi, à l'hôpital, chez des specialistes, de façon ponctuelle ou de longue durée	Sobriété	Prévenir plutôt que guérir : nutrition, sport, équilibre psychologique
		Mutualisation	Sécurité sociale (étendue à l'alimentation ?)
		Technologie	Médecine moléculaire, séquençage génomique, détection de maladie assistée par IA
		Usages actuels les plus répandus	Médecine curative, soins « en silo ».

Retrouvez
toutes les études sur

www.
millenaire3.
com

Métropole de Lyon
Direction de la prospective
et du dialogue public
20 rue du Lac
CS 33569 - 69505 Lyon Cedex 03