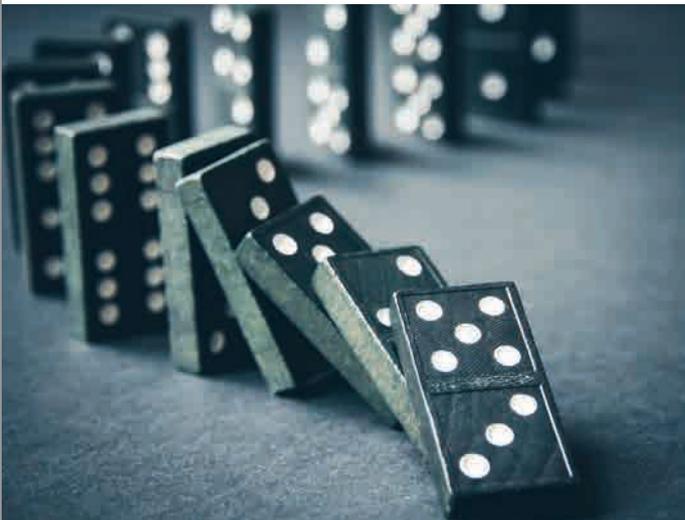


PROSPECTIVE DES MATÉRIAUX

SYNTHÈSE

Évolution des matériaux

Quels impacts sur les politiques publiques ?



MÉTROPOLE

GRAND LYON

Septembre 2023

SOMMAIRE

Prospective de la consommation de matériaux : synthèse de la phase de panorama	3
Enseignements des études sur l'évolution de la consommation de matériaux et les vulnérabilités pour l'économie française	5
Sobriété, relocalisation, recyclage : trois enjeux au cœur de la consommation de matériaux	13
Conclusion générale	19

SEPTEMBRE 2023
Métropole de Lyon

■ **Coordination**

Direction de la prospective et du dialogue public (DPDP)
Nicolas Leprêtre et Jean-Loup Molin

■ **Rédaction**

Nicolas Leprêtre (DPDP) à partir des travaux de :
Marina Bellot, Aurélien Boutaud, Boris Chabanel, Claire Delignat,
Matthieu Grandperrin, Arthur Grimonpont, Solène Manouvrier,
Yves Marignac, Mylène Martin, Grégory Richa et Gauthier Roussilhe

■ **Réalisation**

Nathalie Joly (DPDP)

Illustrations : AdobeStock

Prospective de la consommation de matériaux : synthèse de la phase de panorama

Pendant un an, la DPDP a engagé une veille sur les évolutions de consommation et de disponibilité des matériaux. Ce travail fait suite à une actualité riche qui a mis en lumière, depuis maintenant plusieurs mois, combien la disponibilité de matériaux pourrait devenir un vrai sujet de vulnérabilité. Quels matériaux vont-êtré les plus demandés à l'avenir ? Lesquels vont se raréfier ? De quels matériaux dépend-on le plus et quels sont les besoins pour notre économie et pour la transition écologique ?

À ce stade, le travail comprend un panorama des grandes tendances, sans être allé dans le détail des implications stratégiques pour le territoire ni des spécificités de l'économie grandlyonnaise.

Ce panorama, qui s'appuie sur une importante revue de littérature et une dizaine d'entretiens dont le présent document, propose une synthèse, s'articule autour de 4 études :

- Les tendances et enjeux des consommations de matériaux,
- Les évolutions des filières de transformation et de consommation de matériaux,
- Les impacts des procédés techniques sur les matériaux,
- La consommation de matériaux au coeur de l'organisation de notre société.

Périmètre du chantier

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. Il s'agit donc d'une matière sélectionnée et en général transformée en raison de propriétés d'usage spécifiques (rigidité, conductivité électrique et thermique, etc.). On écarte ainsi l'alimentation et l'énergie (matériaux non durables).

Chaque matériau nécessite des matières premières pour sa production : le matériau « verre » nécessite du sable, les matériaux « composites à matrice organique » (CMO) requiert une résine polymère associé à un renfort (fibre de verre, fibre carbone, fibre végétale), etc.

Le périmètre de l'étude ne couvre pas tous les matériaux, même si une grande partie est prise en compte :

Matériaux traités et non traités dans les études

	Périmètre étude	Hors étude	
Matériaux métalliques	Métaux : fer, cuivre, bronze Alliages : acier	Terres rares (focus)	Focus matériaux transformés Béton Papier-carton Circuits intégrés
Matériaux organiques	Végétal : bois, coton, lin, caoutchouc Animal : laine	Végétal : bois énergie, paille, chanvre Animal : cuir	
Matériaux plastiques	Thermoplastiques (PE, PP, PET, PVC...)	Thermodurcissables, élastomères, mousses	Focus filières Automobile Meubles Construction Textile, habillement Électroniques Éolien et solaire
Matériaux minéraux et céramiques	Céramiques : terre cuite Roches : plâtre, ciment Verre	Roches : pierres naturelles (marbre, silice), terre crue Fibre optique, verre technique	
Matériaux composites	Matrice organique : fibre de verre, carbone, végétale	Matrices céramiques et métallique	

Cette synthèse propose deux niveaux de lecture : d'une part, une vue d'ensemble de l'évolution de la consommation de matériaux sur le temps long et une projection des vulnérabilités pour l'économie française ; d'autre part, un focus sur trois thématiques porteuses pour appréhender les matériaux dans les politiques publiques : la sobriété, la relocalisation et le recyclage.



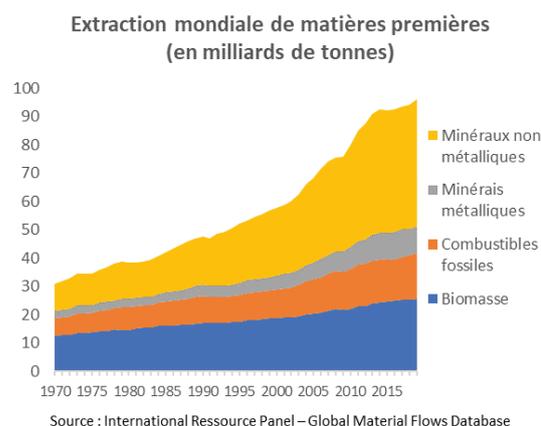
Enseignements des études sur l'évolution de la consommation de matériaux et les vulnérabilités pour l'économie française

Une tendance inexorable à la hausse de la consommation de matériaux

Les quatre études mettent en lumière un constat de fond : nous n'avons jamais consommé autant de matériaux au niveau mondial et en France. Approchant des 100 Mds de tonnes. par an, l'extraction mondiale annuelle est multipliée par 3 depuis 1970 et par 13 depuis 1900, soit un accroissement bien supérieur à celui de la population : l'extraction de ressources par habitant passe de 4,6 à 12,5 t. sur la période.

La hausse de la consommation est majoritairement poussée par la croissance des pays émergents, en particulier sur la consommation de **bétons** et de **plastiques**. Ceci étant dit, les empreintes matières par habitant de l'Europe (16,5 tonnes) et de la France (17 tonnes) s'avèrent sensiblement plus élevées que la moyenne mondiale (12,5 tonnes).

De cette hausse vertigineuse découlent trois phénomènes concomitants : les matériaux s'accumulent plus qu'ils ne se substituent ; les chaînes de production et les procédés de fabrication se complexifient, ce qui rend difficile d'isoler un matériau d'un autre ; et davantage de matériaux sont utilisés par point de PIB (intensification).



Précisons que tous les matériaux ne contribuent pas à la même hauteur à cette accumulation quantitative. Certains matériaux comme les **composites à matrice organique (CMO)**, le **caoutchouc** et le cuivre, dont la production mondiale annuelle est de l'ordre de 20 à 30 millions de tonnes (M.t.) par an chacun, marquent un écart d'un facteur 5 avec le **verre** et le **plâtre** (environ 160 M.t.), d'un facteur 12 avec le **plastique** (367 M.t.) et d'un facteur 70 avec le **bois** d'œuvre et l'**acier** (environ 2000 M.t.). Il faut également prendre en compte les impacts sociaux et environnementaux propre à chaque matériau décrits dans les études.

Quelle vulnérabilité pour la France ? Éléments de diagnostic

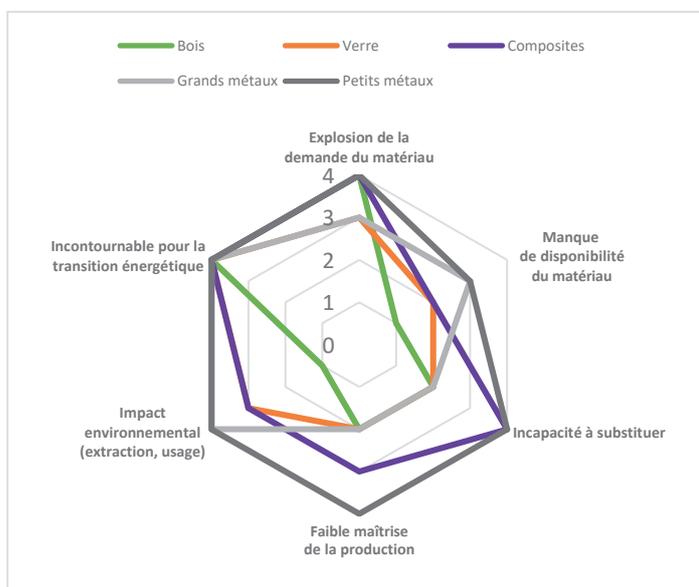
Plusieurs facteurs peuvent affecter la capacité de la France à répondre durablement à sa consommation matérielle : l'évolution de la demande, les risques en matière de disponibilité physique (raréfaction des ressources, dépendance aux matières importées, risques d'approvisionnement), la possibilité de substituer les matériaux, et la maîtrise de la production des matériaux en eux-mêmes ou de biens matériels les utilisant (incluant la maîtrise des innovations technologiques). Enfin, à ces facteurs de vulnérabilités, on peut ajouter deux autres variables : le rôle que jouent ces matériaux dans la transition énergétique, et leur impact environnemental.

Le croisement de ces différents facteurs permet d'identifier plusieurs groupes de matériaux qui sont plus ou moins stratégiques pour l'économie française et en particulier la transition écologique, et qui peuvent faire l'objet de vulnérabilités contrastées, présentées dans les graphiques. Quatre catégories principales ressortent :

- Les matériaux qui jouent un rôle clé dans la transition écologique, notamment pour leur durabilité et leur capacité de substitution à des matériaux à fort impact, et qui ne font pas l'objet de risques importants sur la souveraineté : le **bois** (et la filière **papier-carton** qui s'en suit) et le **verre** (avec un enjeu de décarbonation de la production).

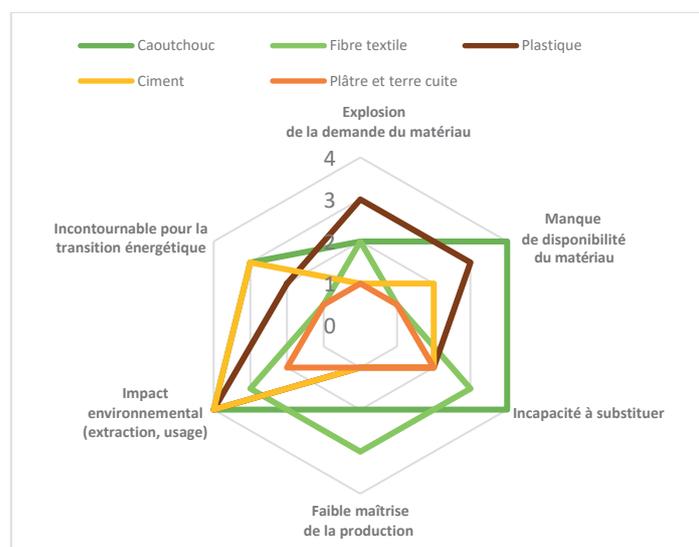
- Les matériaux qui cumulent un rôle stratégique pour la transition énergétique (malgré un impact environnemental significatif) et un risque pour la souveraineté (dépendance des matières premières et faible maîtrise de la production) : les **composites à matrice organique (CMO)**, les **grands métaux** et les **petits métaux** (et notamment les filières énergies renouvelables et électronique qui leur sont liées).
- Les matériaux qui font l'objet de forts risques en termes de souveraineté, moins pour la maîtrise de la production que pour la dépendance aux matières premières, et dont les modalités de production actuelles et d'organisation actuelles doivent se transformer pour réussir la transition écologique : le **caoutchouc** (et la filière automobile), les **fibres textiles** (et la filière laine), les **plastiques** (et la filière chimie) et le **ciment**. Ce dernier se distingue un peu : il ne fait pas l'objet de risques importants d'approvisionnement mais la décarbonation de sa fabrication est un enjeu fort de la transition énergétique, ou plus précisément la filière **béton**.
- D'autres matériaux ne font pas l'objet de risques importants (forte maîtrise de la production et des ressources) et ne sont pas au cœur de la transition écologique : les **terres cuites** et le **plâtre**.

Niveau de vulnérabilité par matériau lié à...



NB : plus le numéro est élevé, plus l'économie française est vulnérable vis-à-vis de l'indicateur.

Lecture : l'économie française est dépendante au **bois** avec des risques liés à la demande et à son caractère incontournable pour la transition énergétique. Pour les composites, la dépendance est non seulement sur ces deux critères, mais aussi sur l'incapacité à substituer, la faible maîtrise de la production. Son impact environnemental est aussi un risque à long terme.



La suite de cette partie entre dans le détail des vulnérabilités.

L'évolution de la demande

Tendance globale à la hausse

La plupart des matériaux s'inscrivent dans une hausse de la demande qui devrait se poursuivre en France : le **bois** (tout bois confondu, très demandé pour se substituer à d'autres matériaux ou sources d'énergie), les **CMO** (+9% par an prévus sur 2020-2025), les grands et petits **métaux**, et dans une moindre mesure le **textile** (hausse en volume mais pas en valeur), le **caoutchouc** et certains **plastiques** (PET, PE). Par contraste, les **verres** creux et plats sont dans une dynamique stable, et le **ciment** et le **béton** devraient voir advenir une baisse relative incitée par la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC), au profit du **bois** ou de la **terre crue**. Le papier graphique (feuille, presse) devrait aussi diminuer comme il l'a fait par le passé.

Des incertitudes sur les usages

Ces projections s'appuient sur certaines tendances lourdes, comme la transition écologique incitant à recourir au **bois**, aux **CMO**, et au **verre** ; et la transition numérique mobilisant les **métaux**. Pour autant, certains usages demeurent incertains : l'attrait de la *fast-fashion*, impactant les **fibres textiles**, se poursuivra-t-il ? L'explosion du e-commerce va-t-il aller encore plus loin, sollicitant davantage de plastique d'emballage et de **papier-carton** ? Les designers d'objets (ex. meubles et fournitures) vont-ils privilégier dans le futur le **plastique**, le **verre**, le **métal**, ou le **bois** ? La mode va-t-elle se diriger vers d'autres **fibres** (lin, chanvre, laine) ? Ces questionnements renvoient au point sur la sobriété dans la prochaine partie.

La disponibilité physique des matériaux

Quelques gisements nationaux

Les matériaux totalement maîtrisés sur le territoire français sont rares, principalement des minéraux et céramiques. L'argile (utile pour les **terres cuites**) et le gypse (**plâtre**) proviennent à 95% de gisements nationaux, de même pour l'argile et le calcaire nécessaires au **ciment**. La France dispose aussi d'une vaste couverture forestière, bien qu'elle ne corresponde pas toujours aux besoins du marché en **bois** et que son exploitation fasse l'objet de plusieurs freins.

La disponibilité du bois :

une équation complexe et des risques de concurrence d'usage

La ressource forestière est significative, certaines forêts sont plus exploitées que d'autres : 17% de la surface forestière (des essences type pin maritime, sapin pectiné, épicéa, douglas, peuplier) procurent près des ¾ de la récolte nationale de bois d'œuvre. Mais la récolte du bois comporte de nombreuses limites : hausse de la mortalité des arbres, éclatement de la propriété forestière, surfaces difficilement exploitables car peu accessibles (c'est le cas de 56% de la surface en Auvergne-Rhône-Alpes, principalement dans des montagnes), prédominance des espèces feuillues peu adaptées au marché actuel (contraignant à importer des résineux), exploitations freinées par le coût de travail, la pénibilité, les difficultés de recrutement, la consommation de gasoil, le manque de desserte et le besoin de moderniser les infrastructures (nombre de scierie en baisse avec la concurrence européenne).

À l'avenir, la ressource en bois devrait faire l'objet d'une importante concurrence d'usage : les usages devraient croître du côté du bois énergie et du bois d'œuvre pour la construction (structure, isolation), la manufacture (mobilier, textile en cellulose, cosmétique, **CMO**), l'emballage (**papier-carton**) ; en même temps qu'il est attendu des forêts qu'elles soient un puits de carbone et un refuge de biodiversité grâce à une variété d'essences (moins propice à une exploitation compétitive). De quoi alimenter les débats sur la surexploitation des forêts françaises, et interroger les usages prioritaires du bois d'œuvre.

Une dépendance avant tout

Exception faite du **plâtre**, du **ciment** et des terres cuites, la France demeure dépendante de l'importation pour l'essentiel des matériaux ou des matières premières étudiés, sans compter les ressources fossiles nécessaires à leur fabrication. Les niveaux de risques liés à cette dépendance diffèrent selon les matériaux :

- **Des risques géopolitiques** liés à la concentration...
 - ...des lieux d'extraction : côté **métaux**, 70 % du cobalt a été produit en RDC, 60 % des terres rares ont été produites en Chine en 2019. La Chine produit aussi 80 % du graphite naturel mondial, un composant essentiel des batteries des voitures électriques.
 - ...des lieux de production du matériau : au niveau des **métaux**, la part de la Chine dans le raffinage est de 40 % pour le cuivre, de 50 à 70 % pour le lithium et le cobalt, et de près de 90 % pour les **terres rares**. Elle investit aussi dans des entreprises étrangères (Australie, Chili, RDC, Indonésie).
 - ...capitalistique : la maîtrise de la photolithographie, essentielle pour fabriquer les circuits intégrés, dépend de quelques firmes : le néerlandais ASML et les japonais Canon et Nikon.
- **Une exposition accrue aux risques climatiques** : la culture de l'hévéa nécessaire pour produire le **caoutchouc** naturel est exposée aux risques de maladies et de sécheresse. Le manque d'eau peut aussi affecter la production de **métaux** comme le lithium et le cuivre (la moitié de leur production se trouve dans des régions avec un stress hydrique élevé) mais surtout la production de **coton** (couvrant 22 % de la production mondiale de **fibres textiles** et plus des $\frac{3}{4}$ des fibres naturelles).
- **Des délais longs** de développement des projets : il faut en moyenne 16 ans pour démarrer un projet minier, les rendements sont décroissants pour l'exploitation de nouvelles ressources fossiles, et les nouveaux projets peuvent faire l'objet d'oppositions locales.
- **Une baisse de la qualité** des ressources : la teneur moyenne du minerai de **cuivre** au Chili (principal producteur mondial) a diminué de 30 % au cours des 15 dernières années.

À noter que le recyclage permet de maîtriser une partie de la matière première pour certains matériaux clés comme le **verre** creux et les **grands métaux** (voir deuxième partie).

La possibilité de substitution

Des limites économiques

La capacité à substituer un matériau par un autre de même nature (un **caoutchouc** synthétique par du naturel) ou un autre matériau (du **plastique** par du **carton**) diffère largement selon le type de matériaux et les opportunités économiques. En l'état, rares sont les réglementations qui poussent réellement les entreprises à s'engager dans cette substitution (hormis certaines comme la RE2020 dans le bâtiment). En termes de substituabilité, on constate que :

- La moitié du **caoutchouc** produit est synthétique et son remplacement par le caoutchouc naturel poserait d'importants problèmes environnementaux (déforestation). La substitution par d'autres plantes, comme le pissenlit russe ou le guayule, est identifiée depuis longtemps mais demeure balbutiante. Le remplacement du caoutchouc par d'autres matériaux apparaît peu probable pour la plupart des usages, ce qui explique que l'Union européenne l'ait intégré dans sa liste des matériaux stratégiques ;
- Les **fibres textiles** synthétiques (64 % de la production mondiale, 54 % pour le seul polyester) sont plus rentables que celles naturelles ou animales. Le lin et le chanvre sont des alternatives intéressantes et produites en France, mais les conditions nécessaires pour leur culture ne permettent largement pas d'atteindre le niveau de production nécessaire pour répondre à la consommation de textiles actuelle ;
- La substitution de **plastiques** synthétiques par des biosourcés demeure marginale, soit 1 % de la production totale de plastique, mobilisant 0,02 % des surfaces agricoles utilisables.

Des limites techniques

La substituabilité des métaux, dont les terres rares, demeure limitée, soit pour des raisons de performance (l'aluminium est moins bon conducteur que le cuivre, la ferrite est moins performante que le cobalt pour les aimants), soit parce que le métal substituables est tout aussi critique (le remplacement du néodyme par le praséodyme ou du dysprosium par le terbium ne diminuent pas la vulnérabilité). Il en va de même pour les CMO dont le rapport poids/solidité ne les rend pas substituables, ce qui explique combien ils sont stratégiques pour l'aéronautique, l'automobile et les éoliennes.

Une substitution à long terme

Certains matériaux pourront tout de même se substituer entre eux à long terme : les alliages (acier) et le ciment (béton) par du bois et de la terre crue ; le plastique d'emballage par le verre et le carton ; le plastique et le métal par les CMO (fabrication des voitures).

On le voit, parier sur la capacité à remplacer la totalité des matériaux actuellement utilisés par d'autres apparaît largement illusoire. La substitution de matériaux ne peut donc se faire sans une réflexion globale sur la diminution de la quantité de matériaux produits et consommés.

La maîtrise de la production et des technologies

Des fleurons dans l'industrie française

Bien que le tissu productif soit en déclin depuis plusieurs décennies, des entreprises françaises ou implantées en France disposent d'un savoir-faire et demeurent à la pointe de l'innovation dans plusieurs domaines stratégiques que sont la fabrication des grands métaux (Arcelor Mittal), du verre (Saint-Gobain/Vetrotex), des pneus (Michelin), des produits pétrochimiques (Solvay, Arkema, etc.), du béton (Vicat), des tuiles (Edilians).

Une réponse insuffisante aux besoins ?

Il est difficile de dire si ces moyens de production parviennent à répondre à l'ensemble des besoins, en raison de la complexité des assemblages et des flux d'importation/exportation selon les besoins du marché. Mais globalement, sur quasiment tous les marchés, la production nationale apparaît déficitaire, sauf pour la filière chimie et le lin. Les besoins sont couverts à 95% pour les terres cuites et le plâtre. À l'inverse, la production nationale actuelle de bois est actuellement insuffisante pour satisfaire la consommation du secteur construction : en valeur en 2019, elle couvre 66% de la consommation de sciage et produits techniques (contre-plaqués), 75% de la consommation de panneaux et 20% de la consommation de menuiseries et agencements.

Des faiblesses sur des matériaux stratégiques

La dépendance en termes de moyens de production est particulièrement marquée sur trois filières : les textiles transformés (hors lin brut), l'électronique, et les énergies renouvelables, incluant les CMO pour les éoliennes (la France importe deux fois plus de fibres de carbone et biens intégrant de la fibre de carbone qu'elle n'en produit). Ces trois filières feront l'objet d'une section à part entière sur la relocalisation, ci-après.

Les innovations de procédés

Les quatre études fourmillent d'exemples d'innovations de procédés techniques visant à extraire, produire, transformer et désassembler/recycler les matériaux, dont il serait trop long de faire ici un recensement. En particulier, deux domaines de transformation des matériaux font l'objet d'importants investissements :

- Les recherches autour de la substituabilité de certains matériaux : extraire la silice des cosses de riz pour l'injecter dans les pneus, utiliser de l'alcool de canne à sucre pour fabriquer des solvants, séparer la cellulose du bois et la lignine pour fabriquer des polymères naturels pour CMO, etc.
- Les recherches sur la décarbonation de la production des matériaux : clinker pour le ciment, four pour le verre, la terre cuite et le plâtre, hauts fourneaux pour les métaux, vapocraquage des pneus et de certains polymères. Sur ce thème, l'électrification et l'utilisation d'hydrogène vert constitue la piste la plus prometteuse, mais au prix d'une augmentation de la consommation d'électricité très importante. Une voie alternative consiste à améliorer la capture du CO₂ lors de la cuisson.

Le rôle vis-à-vis de la transition écologique et énergétique

On peut distinguer :

- Les matériaux qui ont un rôle prédominant, pour leur durabilité (le **bois**), pour leurs propriétés physiques (**CMO** utile pour les éoliennes) ou pour leur capacité à se substituer à d'autres (**bois**, **grands métaux**, **verre**) ;
- Ceux qui ont un rôle contrasté, comme les grands et petits **métaux** : ils peuvent accélérer la transition énergétique (circuits intégrés nécessaires aux énergies renouvelables, etc.) mais leur impact environnemental demeure conséquent et ils tendent à remplacer la dépendance aux importations de combustibles fossiles par une autre forme de dépendance ;
- Ceux qui doivent opérer la transformation de leur filière (matières premières fossiles ou processus de production énergivore) pour réussir la transition : **plastique**, **caoutchouc**, **textile**, **béton** (**ciment**) ;
- Ceux qui jouent un rôle marginal dans la transition écologique : **terres cuites** et **plâtre**.

Transition écologique : des risques concentrés sur quelques matériaux

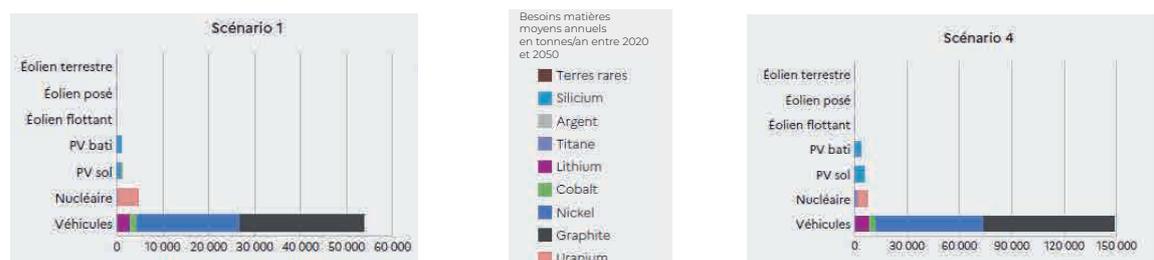
Les besoins en matériaux pour accomplir la transition énergétique constituent un angle mort de la plupart des projections. Leur consommation pose toutefois de vraies questions de dépendance, d'impact environnemental, de concurrence des usages et de résilience face aux aléas environnementaux.

Dans son « Feuilleton Les matériaux pour la transition énergétique, un sujet critique » du rapport *Transition(s) 2050*, l'ADEME propose une projection des besoins à venir « nécessaires au déploiement des technologies de production d'électricité et des véhicules électriques », excluant donc la rénovation énergétique. Ces besoins sont « évalués en valeur absolue sous forme d'une moyenne annuelle des besoins de la période 2020-2050, puis rapportés à la production française actuelle » et à la part de la France dans le PIB mondial. Il en ressort deux principaux enseignements :

Dans les 4 scénarios de transition explorés par cette étude, les besoins en matériaux seraient négligeables pour le **béton**, l'**acier** et le **verre** pour ces technologies, mais ils seraient dans une hausse inférieure à notre part du PIB mondial, selon les scénarios, pour l'aluminium et le cuivre. À noter que la quantité de matériau varierait toutefois du simple au double entre le scénario 1 (le plus frugale) et le scénario 4 (le plus consommateur de ressources, mais néanmoins également neutre en carbone).



Les besoins en petits matériaux et **métaux** sont plus préoccupants, soit parce que les besoins seraient en hausse mais dans une proportion inférieure à notre part du PIB mondial (**silicium**, argent, titane), soit parce que cette hausse serait dans une proportion plus élevée que notre part du PIB mondial, en particulier pour la construction de véhicules électriques (lithium, cobalt, graphite, nickel) et d'éoliennes en mer (terres rares : néodyme, dysprosium). Ce sont donc ces derniers matériaux qui seraient les plus vulnérables pour la transition énergétique.



L'étude conclut sur le besoin de sécuriser les approvisionnements et les capacités de production nationales.

Enjeux pour les collectivités locales

En synthèse, certains matériaux vont jouer un rôle critique pour l'économie française et la transition écologique des prochaines années, soit d'un point de vue quantitatif (bois, verre, grands métaux type aluminium, acier, cuivre), soit au niveau qualitatif (CMO, petits métaux type silicium, argent, titane, lithium, cobalt), avec des risques d'approvisionnement accrus pour les petits métaux.

D'autres matériaux stratégiques pour l'économie française doivent opérer leur transition énergétique et demeurent dépendants d'importations de matériaux (avec un risque plus faible de raréfaction à court et moyen terme, sauf choc géopolitique) : le caoutchouc en priorité, et dans une moindre mesure le plastique et les fibres textiles.

Les leviers d'action pour pallier cette dépendance relèvent pour l'essentiel de l'échelle européenne et nationale. Pour autant, les collectivités locales pourraient s'emparer de cette question de différentes façons :

- ▶ La sécurisation des approvisionnements en matériaux critiques, notamment les métaux, peut-elle se faire à une échelle locale ?
- ▶ La relocalisation des mines va-t-elle surmonter le défi de l'acceptabilité ?
- ▶ Peut-on mieux identifier les conflits d'usage et les synergies à venir entre transition énergétique et besoins en matériaux ?
- ▶ Comment gérer les concurrences d'usage de la biomasse et des sols ?
- ▶ Comment intégrer les besoins et risques liés aux matériaux dans l'accompagnement à l'innovation existant sur le territoire ?





Sobriété, relocalisation, recyclage : trois enjeux au cœur de la consommation de matériaux

Une partie de la réponse des collectivités à la dépendance décrite dans la première partie réside dans trois mots d'ordre : sobriété, relocalisation et recyclage. Les études les abordent de la façon suivante.

La sobriété en matériaux : le début d'une prise de conscience

Une consommation toujours croissante

Comme le détaille la quatrième étude, tout dans notre modèle de société actuel va dans le sens d'un accroissement de la consommation de matériaux, que ce soient la réglementation nationale peu restrictive – la sobriété carbone l'emporte sur la sobriété matière –, les comportements de consommation valorisant l'achat et la propriété de biens matériels ou les modèles économiques des entreprises proposant des produits toujours plus nombreux, complexes et volumineux.

Des changements existent – réglementation REP et stratégies de filières responsables, recherches de nouveaux modèles économiques ou de nouveaux outils de comptabilité, consommation responsable –, mais ils demeurent à la marge et leur capacité à faire changer le système dans son ensemble reste à démontrer. La sobriété matérielle, indispensable pour atteindre la transition écologique, appelle à des changements majeurs d'usages des matériaux et plus largement de modes de vie. Deux domaines l'illustrent : la sobriété constructive et l'éco-conception.

Sobriété matérielle, des choix de société

Les besoins à venir en matériaux pour construire et rénover le bâtiment sont un bon exemple des différentes voies possibles de sobriété matérielle. Dans son rapport *Transition(s) 2050* déjà évoqué, l'ADEME dresse quatre scénarios possibles pour atteindre la neutralité carbone dans le bâtiment. Alors que le premier scénario, le plus frugal, mobiliserait un peu plus de 600 millions de tonnes de matières (principalement du sable et des granules pour le béton), le troisième scénario, centré sur les innovations technologiques, en utiliserait 1,4 milliard de tonnes. La consommation de bois et d'isolants biosourcés varie elle aussi du simple au triple entre le scénario 1 et le scénario 3.

Cet écart quantitatif s'explique par des choix d'aménagement du territoire et de styles de vie : les évolutions des manières d'habiter sont plus fortes dans le scénario 1, avec un partage de pièces et d'équipements accentué, une diminution de la part des résidences secondaires de 9 à 2,5 % ; que dans le scénario 3 qui mise quant à lui sur une gestion optimisée des matériaux et de la filière (matériaux biosourcés, bioclimatisme) et sur des cycles de déconstruction/reconstruction haussmannien. Le premier scénario parie sur un rééquilibrage démographique au profit des villes moyennes et des zones rurales, le troisième sur une concentration des activités dans les métropoles.

On le voit, derrière les variations quantitatives se trouvent de vrais choix de société ; et il n'y a pas, de ce point de vue, qu'une seule voie en termes de transition écologique.



Synthèse des principaux matériaux utilisés dans la construction neuve par scénario, par milliers de tonnes cumulées (Source : ADEME, Transition(s) 2050, Synthèse p.20)

L'éco-conception des produits

À rebours de la tendance actuelle promouvant des biens de consommation toujours plus nombreux et complexes, l'éco-conception apporte une réponse concrète, mais encore marginale, à l'impératif de sobriété matérielle, au travers de quelques principes :

- La simplicité : les produits doivent être au maximum *low tech*, sobre en matière, léger, etc. ;
- La durabilité : ils doivent être solides, réparables, modulables (« ouvert » pour permettre une maintenance maîtrisée par le consommateur), recyclables, et utiliser des matériaux biosourcés, renouvelables et/ou recyclés.

Exemple de cette éco-conception : la GazelleTech, une voiture électrique de 900 kg, soit 40% plus légère que les autres véhicules électriques grâce à son châssis en CMO à fibre de verre ; avec 10 éléments à imbriquer au lieu de 300 dans une voiture classique.

Le remanufacturing au service de la durabilité matérielle

Le remanufacturing apparaît comme un élément moteur de l'éco-conception. Pour autant, ses marges de progrès sont immenses : par exemple, 1% seulement de l'électroménager est reconditionné. Absent des stratégies et politiques industrielles nationales, le remanufacturing bute sur plusieurs freins : l'absence de définition du concept, des freins réglementaires et juridiques (comme l'interdiction d'utiliser des composants remanufacturés pour entretenir ou réparer des véhicules sous garantie), le manque de structuration du marché (pas d'organisme national ou de cartographie des acteurs), et le coût de la main d'œuvre.

Enjeux pour les collectivités locales

Même si la tendance lourde est en faveur d'une consommation croissante de matériaux, la question lancinante des « besoins essentiels » tend à s'imposer dans certains milieux académiques, militants ou chez des acteurs privés.

Il est probable que de plus en plus, chaque nouveau projet d'infrastructure (mine, usine) ré-ouvre la controverse entre d'un côté les tenants d'une sobriété ou d'une décroissance de la consommation – « ce besoin est-il vraiment utile ? » – sans apporter une lecture claire des besoins essentiels et des matériaux nécessaires pour y répondre ; et de l'autre les tenants d'une souveraineté économique et d'une nécessité d'extraire certaines ressources au nom de la transition écologique, sans donner une réponse claire sur la capacité de ces projets à respecter les limites planétaires et les écosystèmes locaux.

Pour les collectivités locales, ces considérations font émerger de nouvelles questions par rapport à l'accompagnement des acteurs économiques sur des investissements stratégiques :

- ▶ Quels sont les produits jugés essentiels pour lesquels on souhaite réserver l'usage de certaines matières, et dont il est nécessaire de garantir une sécurité d'approvisionnement et une optimisation maximale du cycle de vie ?
- ▶ Comment construire une stratégie et un discours qui intègre la finitude des ressources, mais qui puisse donner un sens à l'extraction de certains matériaux pour des besoins donnés ?
- ▶ Comment inciter les acteurs privés à développer fortement l'éco-conception et à garder la main sur les composants et les matières incorporés (via des boucles de récupération) ?
- ▶ Est-il envisageable d'influencer les représentations du consommateur pour encourager la sobriété matière ?
- ▶ Faut-il miser sur le remanufacturing et si oui, par quels moyens ?

La relocalisation des chaînes de production : quelles priorités ?

On l'a vu, à défaut de pouvoir maîtriser l'extraction des matières premières qui ne sont pas sur le territoire national, une des voies pour renforcer la souveraineté de l'économie française consiste à relocaliser les moyens de production utilisant ces matières premières. Une thématique très en vogue depuis la pandémie de Covid-19. La troisième étude propose trois focus illustratifs des enjeux contrastés soulevés par cette problématique : la laine, les panneaux photovoltaïques et les circuits intégrés.

Transformation de la laine : quel besoin ?

Dynamique au 19^e siècle, elle a progressivement périclité au cours du 20^e siècle pour devenir aujourd'hui marginale, à tel point que la laine tondue actuellement est revendue à perte en Chine, faute de capacité de la valoriser. Cette « technologie vivante » pourrait toutefois être une alternative intéressante aux fibres textiles synthétiques pour certains usages, en plus d'offrir de nombreuses vertus environnementales (puits de carbone, biodiversité, entretien des paysages). Mais la réindustrialisation de la filière laine se heurte à de multiples freins :

- Technique : il reste peu de races lainières, le savoir-faire de récolte est perdu, et les capacités de lavage sont passées de 10 000 tonnes en 1995 à 200 tonnes en 2020 ;
- Économique : elle demeure peu compétitive par rapport aux fibres synthétique ;
- Sociétaux : son exploitation peut soulever des réticences psychologiques (crainte d'un retour en arrière), ou de réelles controverses sur le réensauvagement et l'antispécisme.

La filière solaire, quelle stratégie ?

La filière française des panneaux photovoltaïques est robuste dans la diversité des technologies disponibles (il n'y a pas de barrière à l'entrée pour y accéder), mais elle demeure fragile dans la capacité de fabrication (elle est peu compétitive en comparaison de la Chine et les risques de manque d'acceptabilité des projets solaires sont plus élevés). En parallèle, on constate que d'autres procédés pourraient rebattre les cartes dans la production des panneaux solaires, comme les cellules à très haut rendement, les cellules à hétérojonction, les cellules à couche mince, ou le photovoltaïque organique.

L'électronique, quelle ambition ?

Les circuits intégrés (micro-processeur, RAM) sont les composants les plus stratégiques et le marché le plus important de la filière électronique. Ils sont composés pour faire simple d'un *wafers* (une plaquette de silicium gravée) sur lequel un film photorésistant est gravé par laser en plusieurs couches à des échelles minimales (procédé de photolithographie), avant d'être assemblé sur un circuit imprimé, une carte électronique et mises en boîtier. La production des circuits intégrés nécessite :

- un design et une conception, gérés par des entreprises qui ne produisent pas (AMD, Nvidia, Apple) ou qui produisent (Intel, Samsung) ;
- de l'électricité et du gaz (nitrogène, HFC, CFC) dont une grande partie venait d'Ukraine ; et des matières premières (silicium, terres rares, métaux, en partie maîtrisés par la Chine) ;
- des machines de gravure des *wafers* et de photolithographie (ASML, Canon, Nikon) ;
- des fonderies, c'est-à-dire un lieu de production, géré par les entreprises elles-mêmes (Intel, Samsung, STMicroelectronics) ou par des entreprises dédiées à cette tâche (le taiwanais TSMC, le chinois UMC, l'américain Global Foundries).

En l'état, les entreprises françaises ne sont pas les plus compétitives dans ce jeu globalisé, mais elles peuvent prétendre maîtriser certains maillons ou certains segments de marché. C'est par exemple le cas de l'entreprise franco-italienne STMicroelectronics, qui investit avec l'américain Global Foundries à Crolles (Isère) et 2,9 milliards d'euros du plan France Relance dans une usine de production de *wafers*. Or, la finesse de gravure de ces *wafers*, qui va passer de 28 à 18 nanomètres, demeure loin des capacités de gravure de TSMC ou Intel, entre 5 et 10 nanomètres, ce qui en fait des produits pour un segment de marché moins « à la pointe ».

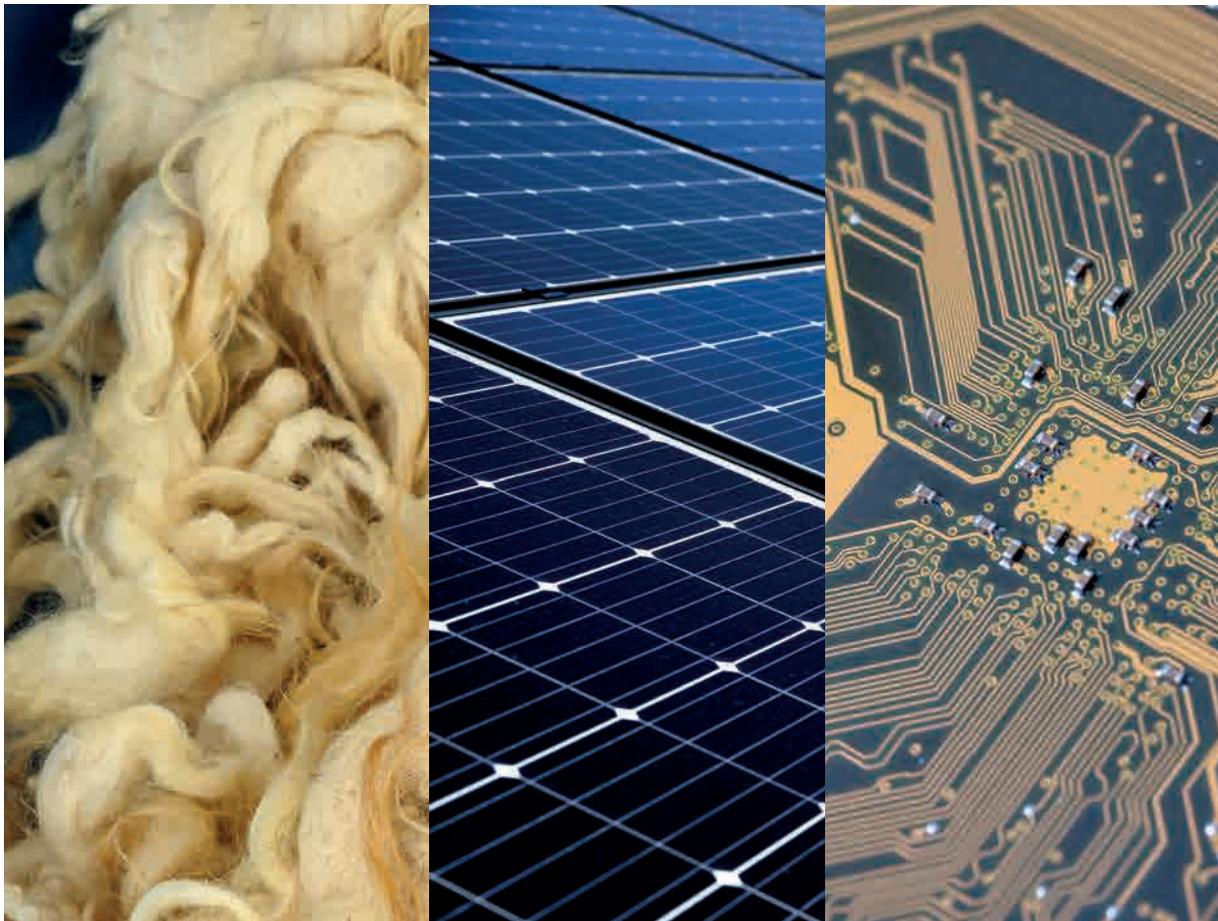
Enjeux pour les collectivités locales

Ces trois exemples illustrent les divers enjeux de positionnement stratégique liées à la réindustrialisation :

- Dans le cas de la **laine**, faut-il se lancer dans des investissements potentiellement risqués financièrement mais bénéfiques à long terme, sur un matériau qui ne fait pas l'objet d'une criticité immédiate ?
- Pour les panneaux photovoltaïques, faut-il soutenir une filière productive locale à technologie constante ou inciter à des innovations de rupture pour rattraper le retard ?
- Pour les circuits intégrés, faut-il faire la course aux composants très innovants ou maîtriser la production de puces électroniques plus modestes, sur des design ou usages repensés ?

On le voit, ces trois exemples révèlent une ligne de tension constante s'agissant de la dépendance en matériaux, sur la capacité à concilier une recherche de performance à court terme (jouer le jeu de la compétitivité pour maîtriser les matériaux) et la nécessité de préparer une robustesse à moyen terme (miser sur la diversité et l'essentiel, ne pas chercher à tout contrôler).

- ▶ Faut-il déployer une feuille de route stratégique des filières les plus propices à la relocalisation ?
- ▶ Autour de quels principes / matériaux / produits doit-elle s'articuler ?
- ▶ Comment se préparer malgré tout à des chocs à venir ?



- **Consolider la compétitivité des activités locales de recyclage** : le coût de la matière recyclée est souvent supérieur à la matière première « neuve », est assez communément répandu. La réglementation contraint notamment, via les filières REP, à accroître les taux de recyclage, bien qu'elle puisse créer des effets pervers : par exemple, l'obligation à incorporer du carton recyclé dans le papier-carton peut faire courir le risque de privilégier l'importation des cartons recyclés à l'étranger, fragilisant la filière nationale.

Une solution qui reste partielle

Le recyclage connaît des limites physiques (perte de qualité des matériaux recyclés, coût énergétique, etc.) et, même dans les conditions techniques les plus favorables, il ne permet pas d'endiguer l'augmentation de l'extraction de matières premières si, dans le même temps, la demande en matériaux continue de croître. Par ailleurs, la nécessité de réduire l'extraction de matériaux et la production de déchets, en donnant la priorité au réemploi, peut rendre certains investissements d'infrastructures de recyclage plus risqués à long terme.

La filière textile et le recyclage

Le textile résume à lui seul les freins du recyclage : en amont, la complexité des tissus mis en vente, la baisse de leur qualité due à la *fast fashion*, la captation des meilleurs tissus par la vente de seconde main et la mauvaise qualité du tri fragilisent la capacité de la valorisation matière de ce gisement. En aval, la structuration de la filière fait face à plusieurs difficultés : la capacité de collecte (coût de la main d'œuvre, manque de compétences), la faible compétitivité du recyclage en France incitant à exporter les flux de déchets, et les limites de l'industrialisation de la récupération des fibres (défilage, effilochage, régénération chimique).

Enjeux pour les collectivités locales

Ces exemples montrent que le recyclage, au-delà des aspects techniques, est avant tout un enjeu organisationnel. Pour les collectivités locales, cela se traduit par plusieurs questionnements :

► Filière

Comment accompagner les filières et les habitants dans l'amélioration du réemploi puis du tri ? La compétitivité des entreprises françaises est-elle une illusion face au bas coût des produits neufs ? Comment concilier sobriété matérielle et rentabilité d'une valorisation matière en France ?

► Recyclage ou reconditionnement

Les deux ne sont pas contradictoires, mais des priorités peuvent être fixées. Par exemple, s'agissant des petits métaux qui sont complexes à séparer dans des circuits intégrés, faut-il encourager les innovations de recyclage misant sur leur séparation ou plutôt promouvoir le réemploi/le reconditionnement et la prolongation de la durée de vie des objets (et dans la mesure du possible, l'éco-conception en amont) ?

► Priorités

Faut-il prioriser certains matériaux dans la stratégie d'accompagnement ? Par exemple, le faible recyclage du plâtre est un « gâchis » face à sa capacité à être recyclée à 100 %, mais ce matériau peu stratégique mérite-t-il de s'investir dans une filière locale ?

CONCLUSION GÉNÉRALE

Différents axes de travail possibles ressortent de ce panorama :

- ▶ Définir les besoins prioritaires et/ou stratégiques du territoire et les matériaux qui en découlent ;
- ▶ Travailler l'éco-conception des produits, promouvoir la sobriété des achats ;
- ▶ Développer les innovations de procédé, en particulier sur la décarbonation et la substituabilité ;
- ▶ Compenser les coûts de production plus élevés du Made in France ;
- ▶ Structurer les filières locales sur la transformation des matériaux et le recyclage ;
- ▶ Développer les activités contribuant à l'allongement de la durée de vie ;
- ▶ Amplifier et accélérer les projets de réindustrialisation ;
- ▶ Améliorer et amplifier les capacités de tri, de réemploi et de recyclage.

D'autres questionnements émergent d'un point de vue plus stratégique :

- ▶ Comment inclure la thématique des matériaux dans une stratégie économie locale : mérite-t-elle une approche à part entière ou faut-il « révéler » le sujet des matériaux dans toutes les actions existantes, notamment celles sur le climat ?
- ▶ Quels matériaux (traités ici ou non) méritent une veille active ?



www. Retrouvez
toutes les études sur
millenaire3.
com

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