



Feuille de route stratégique Produits, procédés et services éco-conçus

Préambule

Depuis 2010, l'ADEME gère quatre programmes dans le cadre des investissements d'avenir¹. Des groupes d'experts issus de la recherche dans les secteurs de l'industrie, des organismes de recherche et des agences de financement et de programmation de la recherche, sont chargés, dans le cadre d'un travail collectif, de la réalisation de feuilles de route stratégiques. Celles-ci sont utilisées pour lancer les Appels à manifestations d'intérêt (AMI).

Les feuilles de route ont pour objectif :

- D'éclairer les **enjeux industriels, technologiques, environnementaux et sociétaux** ;
- D'élaborer des visions cohérentes et partagées des technologies ou du système sociotechnique en question ;
- De mettre en avant les **verrous technologiques, organisationnels et socio-économiques** à dépasser ;
- D'associer aux thématiques de recherche prioritaires, des **objectifs temporels** en termes de disponibilité technologique et de déploiement ;
- De rendre prioritaires les **besoins de recherche industrielle, de démonstrateurs de recherche, d'expérimentation préindustrielle et de plates-formes technologiques d'essai** qui servent ensuite de base pour :
 - La rédaction des AMI ;
 - La programmation de la recherche au sein de l'ADEME et d'autres institutions, comme l'Agence nationale de la recherche (ANR), le Comité stratégique national sur la recherche énergie ou l'Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie (ANCRE).

Ces priorités de recherche et d'expérimentation proviennent du croisement entre les visions et les verrous, mais prennent également en compte les **capacités françaises dans les domaines de la recherche et de l'industrie**.

La présente feuille de route est complémentaire de celles déjà réalisées ou en cours de réalisation : « Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets », « La gestion intégrée des sols, des eaux souterraines et des sédiments pollués », « Bâtiments et îlots à énergie positive et à bilan carbone minimum », « Véhicules routiers à faibles émissions de GES », « Chimie du végétal », « Les systèmes de mobilité pour les biens et les personnes » et « Approches intégrées des chaînes logistiques et des systèmes de mobilités des personnes ».

1. Les investissements d'avenir s'inscrivent dans la continuité des orientations du Fonds démonstrateurs de recherche géré par l'ADEME. Les quatre programmes concernés sont : Energie renouvelable, décarbonée et chimie verte (1,35 milliard d'euros), Véhicules du futur (1 milliard d'euros), Réseaux électriques intelligents (250 millions d'euros) et Economie circulaire (250 millions d'euros dans le cadre duquel est prévue une action « Eco-conception »).

Liste des membres du groupe d'experts

Nature de l'organisme	Nom	Organisme d'appartenance²
Entreprises privées	Cyril Adoue	Systèmes Durables
	Sylvie Bénard	LVMH
	Myriam Cohen-Welgryn	Danone
	Véronique Discours-Buhot	Expert indépendant
	Catherine Jung	ArcelorMittal
	Jérôme Payet	Cycléco
	Sylvain Saint-Ange	SagemCom
	Hélène Teulon	Gingko 21
Organismes de recherche	Daniel Froelich	Ensam Chambéry
	Dominique Millet	Supmeca Toulon
	Thomas Reverdy	Upmf Grenoble
Associations	Alain le Douaron	Pôle de compétitivité Mov'éo
	André Malsch	Cluster CREER
	Anne-Marie Sargueil	Institut français du design

Ont participé aux réunions d'experts, en qualité d'observateurs, Eric Corbel (ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement) et Aymeric de Loubens (ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie).

Le groupe d'experts a reçu l'appui d'un secrétariat technique de l'ADEME, composé d'Erwan Autret, Daniel Béguin, Dimitri Borchtch, Hélène Bortoli, Christine Cros, Thomas Gaudin, Christophe Hévin, François Moisan, Lydie Ougier, Sylvie Padilla, Nicolas Petit, Claire Pinet, Myriam Puaut, Patrick Souet, Christophe Stavrakakis, Anne Varet, Didier Violle.

2. Ensam : Ecole nationale supérieure d'arts et métiers ; Supmeca : Institut supérieur de mécanique ; Upmf : Université Pierre-Mendès-France ; CREER : Cluster de recherche : excellence en éco-conception et recyclage

SOMMAIRE

Préambule	2
1 Champ thématique	5
2 Les enjeux	10
L'utilisation efficace des ressources	10
La prévention, l'atténuation des atteintes à l'environnement et la réduction du risque sanitaire	11
La compétitivité des acteurs économiques et des territoires	12
L'évolution vers une consommation durable	13
3 Les visions	14
3.1 Les visions à l'horizon 2050	14
Vision 1 : Une production et une consommation durables soutenues par la régulation	16
Vision 2 : Un développement des marchés internationaux de biens et services plus respectueux de l'environnement	17
Vision 3 : Une éco-conception tirée par des réglementations	17
Vision 4 : Une éco-conception tirée par des stratégies industrielles	18
3.2 La vision à 2020	18
4 Les verrous	21
4.1 Les verrous techniques des étapes du cycle de vie	21
4.2 Les verrous méthodologiques	22
4.3 Les verrous organisationnels dans les entreprises et au sein des chaînes de valeur	23
4.4 Les verrous économiques ou comptables	24
4.5 Les verrous sociologiques, culturels et psychologiques	25
4.6 Les verrous liés aux politiques et mesures publiques	27
5 Les besoins prioritaires de recherche, développement et innovation	28
Axe 1 : Développer de nouvelles solutions technologiques	29
Axe 2 : Améliorer l'acquisition, la gestion, la diffusion et la valorisation des connaissances et des données	30
Axe 3 : Développer des outils et méthodes pour aider l'entreprise à intégrer l'éco-conception dans ses décisions stratégiques et dans ses démarches auprès de ses clients	31
Axe 4 : Améliorer la connaissance des interactions entre acteurs pour mettre au point de nouveaux modes de gouvernance	32
Axe 5 : Combiner des approches technologiques, méthodologiques et de nouveaux modes de gouvernance : multiplier les références en écologie industrielle	33
Annexe : Les quatre phases de recherche et développement	35

1 Champ thématique

L'éco-conception est la conception d'un produit, d'un bien ou d'un service, qui prend en compte, afin de les réduire, ses effets négatifs sur l'environnement au long de son cycle de vie, en préservant ses qualités ou ses performances³. Dans le cadre de cette feuille de route, nous considérons l'éco-conception comme une **approche fonctionnelle et intégratrice**, prenant en compte tous les impacts sur tout le cycle de vie du procédé ou du produit, depuis l'extraction des matières premières jusqu'aux déchets issus de la fabrication, ainsi que leur transport et leur utilisation. Le procédé ou le produit (bien ou service) éco-conçu (*voir encadré ci-dessous*) vise à remplir une fonction et satisfaire un besoin avec la meilleure éco-efficacité possible, c'est-à-dire en utilisant les ressources (que ce soient des matières premières vierges ou de recyclage, l'eau, l'énergie) de façon efficace et en minimisant les impacts environnementaux et sanitaires (*voir encadré ci-dessous*).

Cette approche intègre donc l'éco-conception de biens et services plus économes en ressources, moins polluants et contribuant au progrès sanitaire et social, mais également les modes d'organisation et d'échanges basés sur l'usage et la fonctionnalité des produits ou des procédés (location, partage, coopération d'habitation, et toute offre qui privilégie l'usage plutôt que l'acte d'achat). Il s'ensuit qu'il faut également travailler sur les chaînes de valeur qui, dans le cadre de l'éco-conception, intègrent les étapes de l'approvisionnement en matières premières à la consommation finale, voire au service après-vente. Cela doit permettre d'identifier les leviers pour rendre ces chaînes plus circulaires (selon la notion d'économie circulaire valorisant les déchets comme ressources, *voir encadré ci-dessous*), mieux imbriquées, plus interdépendantes dans le cadre d'écosystèmes industriels, territoriaux ou virtuels. L'éco-conception est ainsi porteuse d'innovations aussi bien technologiques qu'organisationnelles.

Produit éco-conçu

Produit conçu en prenant en compte l'environnement, en première analyse. Le Conseil national de la consommation⁴ (CNC) précise que la référence à l'éco-conception, pour les produits soumis aux mesures d'exécution de la directive n°2009-125, n'est pas pertinente, car tout produit doit être conforme à la réglementation. L'allégation est en revanche justifiée pour les produits non soumis à la réglementation et ceux qui peuvent justifier d'aller significativement au-delà des exigences réglementaires. Le CNC préconise ainsi de :

- préciser ce qui est éco-conçu (un composant, l'emballage ou le produit). Sans précision, on ne peut utiliser ce terme que s'il s'applique à l'ensemble du produit tel que distribué, c'est-à-dire emballage compris ;
- définir la notion d'éco-conception et donner des explications afin d'informer le consommateur sur les fondements principaux de cette allégation environnementale ;
- préciser la nature et si possible l'ampleur des réductions des impacts environnementaux résultant de la démarche d'éco-conception sur les supports d'information adéquats.

³ Définition du *Journal officiel* du 04/02/2010. La norme ISO 14062 caractérise ce qu'est l'éco-conception.

⁴ Source : ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, second avis du Conseil national de la consommation relatif à la clarification d'allégations environnementales, rapport du 15 décembre 2010.

L'éco-efficience

Terme inventé lors du Sommet de la Terre de Rio de 1992, ce concept désigne l'efficacité avec laquelle les ressources naturelles (minérales, énergétiques et biologiques) sont utilisées par les systèmes industriels de production et de consommation afin de répondre aux besoins de l'être humain, à des prix compétitifs, tout en veillant à :

- réduire les incidences pour l'environnement qui y sont liées ;
- respecter la capacité de soutien des écosystèmes ;
- diminuer l'usage des ressources et de l'énergie tout au long du cycle de vie des produits de consommation et des services.

L'éco-efficience d'une entreprise⁵ est atteinte par la distribution de biens à un prix compétitif qui satisfasse les besoins humains et apporte de la qualité de vie, tout en réduisant progressivement les impacts écologiques et l'usage des ressources tout au long du cycle de vie. Elle implique :

- la réduction de l'intensité en matière des biens et des services ;
- la réduction de l'intensité énergétique des biens et des services ;
- la réduction de la dispersion de substances toxiques ;
- l'augmentation de la capacité à être recyclés des matériaux ;
- l'usage de ressources renouvelables en tenant compte de leurs conditions de renouvellement ;
- l'extension de la viabilité des produits ;
- l'augmentation de l'intensité des services apportés par les produits.

Economie circulaire

L'économie circulaire est basée sur six éléments principaux⁶ :

- l'utilisation modérée et la plus efficace possible des ressources non renouvelables,
- une exploitation des ressources renouvelables respectueuse de leurs conditions de renouvellement,
- l'éco-conception et la production propre,
- une consommation respectueuse de l'environnement,
- la valorisation des déchets en tant que ressources,
- le traitement des déchets minimisant les nuisances.

Compte tenu de l'existence d'une feuille de route intitulée « Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets », les aspects recyclage et valorisation, bien que très présents dans les approches d'éco-conception, ne seront pas explicitement approfondis dans ces travaux.

La feuille de route prend en compte **trois approches**, centrées sur :

- la consommation durable : les produits (biens ou services) éco-conçus ;
- la production durable : l'application des principes d'éco-conception dans les systèmes de production (procédés et ouvrages industriels) conduisant à l'éco-efficience dans l'industrie et à l'écologie industrielle (*voir encadré ci-dessous*) ;
- les modèles d'affaires qui intègrent la préservation de l'environnement.

⁵ http://www.dictionnaire-environnement.com/eco-efficience_ID724.html

⁶ J.-C. LEVY, *L'économie circulaire : l'urgence écologique ?*, Presse de l'Ecole nationale des ponts et chaussées, 2009.

L'écologie industrielle

L'écologie industrielle⁷ s'inscrit dans l'écologie des sociétés industrielles, c'est-à-dire des activités humaines productrices et/ou consommatrices de biens et de services. Elle porte une attention particulière à l'analyse des échanges entre les sociétés et la nature, ainsi qu'à la circulation des matières et de l'énergie qui les caractérisent ou qui caractérisent les sociétés industrielles elles-mêmes. Ces flux sont analysés d'un point de vue quantitatif (on parle de métabolisme industriel) voire naturaliste, mais aussi d'un point de vue économique et social, dans une perspective systémique.

L'écologie industrielle constitue un champ de recherche pluri et interdisciplinaire, mais aussi une démarche d'action dans la perspective d'un développement durable. Sa mise en œuvre vise à rendre compatibles les actions humaines avec les capacités de la biosphère. En ce sens, l'écologie industrielle appelle un changement de paradigme et de représentation. Elle peut porter sur une filière, une entreprise, un établissement industriel, une zone industrielle, un territoire, une région, une matière, etc. Elle se réfère à des méthodes, à l'écologie scientifique, à la thermodynamique, à la sociologie des organisations, etc.

L'approche centrée sur la consommation durable

En France, en 2005, la consommation des ménages est responsable de 74 % de l'empreinte carbone soit 8,8 tonnes équivalent CO₂/habitant⁸. Les trois quarts de ces émissions proviennent des émissions indirectes liées à la production et aux importations de produits ; le quart restant provient de la consommation de combustibles pour l'habitat et les transports.

Produits et procédés ont des impacts sur l'environnement tout au long de leur cycle de vie. Les produits sont, par exemple, la source principale de production des déchets ménagers. Certains produits ont individuellement un impact fort, quel que soit leur niveau actuel ou futur de consommation ; d'autres ont a priori un impact marginal, mais qui peut être élevé s'ils sont consommés en grande quantité. De même, le bénéfice environnemental d'un produit, comme la production d'énergie renouvelable par des panneaux solaires ou l'épuration des eaux ou des fumées par des technologies de filtration, n'occulte pas les impacts négatifs éventuels liés à l'extraction de matière première, à la production, à la distribution ou à la fin de vie de ce même produit.

La réduction des impacts environnementaux est donc à prendre en compte dès la conception. Comme la responsabilité des enjeux environnementaux est répartie sur de nombreux produits et de nombreux acteurs des chaînes de valeur, chacun des intervenants doit être impliqué dans la recherche de solutions. Cette approche transversale doit aussi s'appliquer à l'entreprise pour mobiliser l'ensemble des salariés autour d'une démarche d'éco-conception.

L'approche centrée sur la production durable

L'industrie française (y compris la sidérurgie, mais hors secteur de l'énergie) est responsable de plus de 22 % de la consommation totale d'énergie finale par an (près de 36,2 millions de tonnes équivalent pétrole par an⁹). Elle produit plus de 80 millions de tonnes de CO₂. Cela englobe de nombreux domaines d'application très différents pour lesquels il existe de forts

7 Glossaire d'écologie industrielle. Tiré d'une réflexion commune des partenaires d'ARPEGE, Atelier de réflexion prospective sur l'écologie industrielle, rapport final à destination de l'ANR, programme PRECDD, mars 2009.

8 Source SOeS « Consommation des ménages et environnement - édition 2011 ».

9 Chiffres clés ADEME - 2009.

enjeux de développement durable, tout particulièrement en matière de changement climatique, de sobriété énergétique et d'économie de matières premières.

L'approche écologie industrielle interroge les interactions entre les acteurs de la chaîne de valeur d'un produit ou d'une ressource (matière première, eau, énergie) et les interactions sur un même territoire. Il s'agit ici d'identifier les leviers pour rendre les chaînes de valeur plus circulaires (*remanufacturing*¹⁰, recyclage...), mieux imbriquées (conception d'espaces publics porteurs de liens, implication de l'utilisateur, mutualisation de l'énergie...), plus interdépendantes (mutualisation de services, d'équipements...).

L'approche centrée sur les modèles d'affaires

Dans un système économique basé essentiellement sur les marges opérationnelles, l'entreprise doit sans cesse renouveler son offre et assurer le financement des investissements technologiques, moteurs indispensables à sa pérennité. Afin de concilier création de valeur et préservation de l'environnement, les modèles d'affaires peuvent être réinterrogés et intégrer des notions telles que :

- L'économie de la fonctionnalité, basée sur l'utilisation du produit (plutôt que le produit lui-même), en travaillant notamment sur le coût global des biens utilisés. Savoir que posséder une voiture de taille moyenne coûte plus de 600 euros par mois permet d'envisager la location de façon rentable si on ne l'utilise pas tous les jours. Il s'agit de travailler notamment sur le passage de la production d'un bien à la fourniture d'un service (système de location-maintenance, organisation des étapes de réparation, partage en libre-service...);
- L'innovation dans la stratégie commerciale et le marketing relationnel¹¹ centré sur la qualité de la relation avec le client (marque, réputation, communauté d'utilisateurs). Les tendances de marketing sont les suivantes :
 - Orientées produit : fourniture d'un service additionnel au produit (financement, maintenance, reprise en fin de vie);
 - orientées usage : vente de l'usage et non du produit lui-même (location, leasing, mutualisation et partage);
 - orientées résultat : garantie par le producteur de la satisfaction des besoins du consommateur sans tenir compte des produits.

Tout projet d'entreprise qui vise à changer son modèle d'affaires vers une économie de la fonctionnalité ou une stratégie commerciale innovante devra être performant d'un point de vue économique et bénéfique d'un point de vue environnemental (pas d'effet rebond¹² ou de transfert de pollution).

Par ailleurs, le champ thématique de la feuille de route tient volontairement compte des critères suivants :

¹⁰ Fabrication de produits à partir – de tout ou partie – des pièces de ces mêmes produits usagés.

¹¹ Centre d'analyse stratégique, « Pour une consommation durable », rapport de la mission présidée par Elisabeth Laville, janvier 2011.

¹² On évoque l'effet rebond lorsque les gains environnementaux acquis sur les produits et services sont annulés par une consommation accrue ou un report de consommation.

- **La dynamique et l'évolution des marchés** : certains marchés sont considérés en priorité, tels ceux dont la mutation environnementale est favorable pour créer une dynamique positive entre l'offre et la demande (éco-conception des produits à destination des acheteurs publics afin de répondre aux enjeux de la commande publique...) ou ceux dont la diffusion est en telle croissance qu'il est nécessaire de maîtriser les impacts environnementaux (ex : technologies numériques) ;
- **Les enjeux environnementaux** : seules les démarches reposant sur une logique de cycle de vie et d'analyse multicritère des impacts environnementaux sont prises en compte. Dans certains cas, il est possible de privilégier une démarche exhaustive s'appuyant sur une connaissance approfondie des enjeux. Dans d'autres cas, une démarche sélective, fondée sur des enjeux prioritaires et pertinents par catégories de produits, est plus appropriée. Dans tous les cas, la plus grande vigilance est apportée aux démarches qui pourraient présenter des transferts de pollution ou des effets rebonds ;
- **La nature de la démarche d'éco-conception et du processus mis en œuvre**, qu'ils soient réalisés en propre ou qu'ils bénéficient de mesures d'accompagnement technique ou organisationnel ; dans les deux cas, l'éco-conception doit être intégrée aux outils, méthodes et systèmes d'information tels que la conception assistée par ordinateur, les plates-formes et/ou les centres de ressources en éco-conception, en éco-innovation, en analyse de cycle de vie (*voir encadré ci-dessous*), en éco-achat, en éco-marketing, en éco-design... Le préfixe « éco »¹³ traduit ici clairement la prise en compte des enjeux écologiques afin de réduire les impacts dans tous les domaines : innovation, achat, marketing, design... Le processus nécessite également de réinterroger les différents métiers et compétences de l'entreprise. Plus la mutation de l'offre de l'entreprise en faveur de l'environnement sera importante, plus l'accompagnement au changement sera nécessaire ;
- **L'approche collaborative** : à l'échelle de l'entreprise, les démarches d'éco-conception et d'écologie industrielle doivent s'inscrire dans une logique de mutualisation et d'optimisation des échanges (approvisionnements, équipements, déchets, matières premières...). Cela doit permettre la mise en œuvre d'un travail collaboratif au sein même de l'entreprise et avec ses partenaires.

Analyse de cycle de vie (ACV)

Cette méthode d'évaluation environnementale permet de quantifier les impacts potentiels d'un produit (qu'il s'agisse d'un bien, d'un service, voire d'un procédé) sur l'ensemble de son cycle de vie. Outil normalisé (ISO 14040 et 14044) et reconnu, c'est la méthode la plus aboutie en termes d'évaluation globale et multicritère.

13 Le préfixe « éco » peut signifier « écologique », « économique » ou encore « écologique et économique ». Pour le Conseil national de la consommation, et en l'absence de précision, cette polysémie peut s'avérer ambiguë pour le consommateur, d'autant plus qu'« éco » est une allégation fréquemment utilisée sur les produits pour ces trois significations et indifféremment employé seul, associé à un autre mot, à une marque ou comme repère dans un magasin.

2 Les enjeux

L'éco-conception, telle que définie dans cette feuille de route stratégique, est associée à des enjeux environnementaux, sanitaires, sociaux, et de compétitivité des acteurs économiques et des territoires décrits ci-dessous.

L'utilisation efficace des ressources

Comme le précise la communication faite en janvier 2011 au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions¹⁴ : les ressources naturelles sont indispensables au fonctionnement de l'économie européenne et mondiale et contribuent de manière essentielle à notre qualité de vie. Or, ces ressources sont de plus en plus convoitées et utilisées, que ce soient les matières premières (combustibles, minéraux et métaux), ou les produits alimentaires, le sol, l'eau ou la biomasse. La population mondiale devrait augmenter de 30 % d'ici à 2050 pour atteindre neuf milliards de personnes et les habitants des pays en développement et des pays émergents vont être amenés à utiliser davantage de ressources naturelles.

L'enjeu est donc de développer une capacité à anticiper et à réduire les tensions sur les ressources. Le panel international pour la gestion durable des ressources (panel du Programme des Nations unies pour l'environnement) note néanmoins un manque d'évaluations de référence dans le domaine de l'épuisement des ressources¹⁵. De fait, la littérature académique est partagée entre ceux qui considèrent que la pénurie des ressources est un problème fondamental et ceux qui considèrent que le marché saura y répondre. Des projections en termes de demande indiquent toutefois que la consommation de certains métaux, de pétrole et de gaz, dépassera l'offre et épuisera ces ressources dans le courant de ce siècle. En outre, l'épuisement de certaines d'entre elles, nécessaires en grandes quantités à l'avenir (en particulier pour des technologies de production d'énergie durable ou des systèmes de stockage d'énergie), se traduira sans doute par des impacts énergétiques et environnementaux accrus pour se les procurer.

Prenons l'exemple du pétrole : selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE ou IEA en anglais)¹⁶, les perspectives énergétiques mondiales à l'horizon 2035 dépendent profondément des actions gouvernementales et de leur influence sur la technologie, les prix des services énergétiques et le comportement des consommateurs finaux. Selon ses différents scénarios¹⁷, la croissance de la demande mondiale en énergie primaire sur la période 2008-2035 serait entre 0,7 % et 1,4 % par an contre 2 % en moyenne au cours des vingt-sept précédentes années. L'AIE anticipe également un pic de la production pétrolière mondiale, tout en précisant que ce moment dépendra de facteurs agissant aussi bien sur la demande que sur l'offre.

Les minéraux et les métaux sont également utilisés par tous les pans de l'économie et revêtent le même type d'enjeu. La Commission européenne a récemment considéré que 14 matériaux

14 « Une Europe efficace dans l'utilisation des ressources – initiative phare relevant de la stratégie Europe 2020 », Bruxelles, le 26/1/2011, COM (2011) 21 final.

15 UNEP (2010), *"Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials"*, A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management. Hertwich, E., van der Voet, E., Suh, S., Tukker, A., Huijbregts M., Kazmierczyk, P., Lenzen, M., McNeely, J., Moriguchi, Y. : www.unep.fr/scp/rpanel/

16 International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2010*, www.worldenergyoutlook.org

17 Politiques actuelles, nouvelles politiques et scénario 450, exposés dans le *World Energy Outlook 2008* qui propose une trajectoire énergétique cohérente avec l'objectif de réchauffement climatique maximum de 2 °C et la limitation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à environ 450 parties par million d'équivalent CO2.

seraient en situation critique du fait d'un risque relatif de pénurie¹⁸. Leur utilisation plus rationnelle doit donc être une priorité, ne serait-ce que pour préserver la compétitivité des entreprises nationales qui les utilisent.

Si on considère que les ressources de la planète ne permettront pas de maintenir à terme les taux actuels de prélèvement par personne, un premier enjeu est donc d'inventer une croissance dont l'efficacité matière serait supérieure à celle d'aujourd'hui. Au niveau national, cet enjeu revêt une dimension stratégique de sécurité d'approvisionnement de l'industrie française.

Cette utilisation efficace de ressources ne sera cependant sans doute pas suffisante pour relever le défi : la consommation devra nécessairement diminuer. L'enjeu est donc aussi de maintenir ou de créer des niveaux de vie satisfaisants basés sur une consommation moindre de ressources.

La prévention, l'atténuation des atteintes à l'environnement et la réduction du risque sanitaire

Les impacts sur l'environnement et la santé sont considérables. Leur prévention et leur atténuation contribuent à réduire les risques sanitaires. Cet enjeu sanitaire est doublé d'un enjeu social : c'est l'ensemble de la population qui doit avoir un droit d'accès à une offre de produits sains et sans danger pour sa santé, un véritable défi de la production durable.

Les émissions dans les milieux (eau, air et sol) ont des répercussions sur :

- les grands cycles biogéochimiques comme le réchauffement climatique ;
- la biodiversité, la qualité des écosystèmes et des services qu'ils peuvent rendre¹⁹. Le coût lié à la perte de la biodiversité et à la dégradation des écosystèmes est par exemple évalué par Pavan Sukhdev²⁰ à 14 000 milliards d'euros d'ici à 2050 ;
- la santé humaine, soit directement (i.e. inhalation de polluants atmosphériques), soit indirectement (i.e. contacts avec des substances chimiques relarguées par des produits, absorption de substances accumulées par une chaîne alimentaire...). L'état actuel des connaissances montre que certaines maladies peuvent être associées à l'environnement²¹ : c'est le cas notamment du saturnisme, lié à une forte ingestion de plomb ; de la légionellose, induite par une exposition aux légionelles susceptibles de se développer dans les réseaux d'eau chaude sanitaire ou dans les tours aéroréfrigérantes ; de certains cancers, liés à une exposition à l'amiante ; de près de 30 000 décès prématurés en France et de 300 000 en Europe selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), dus à une exposition à long terme à la pollution atmosphérique particulaire, toutes sources d'émissions confondues. Les études d'impact lors de la préparation du règlement Reach²² faisaient état d'une diminution possible de 10 % des maladies causées par les substances chimiques (4 500 décès annuels par cancer), soit 0,1 % de l'ensemble des maladies en Europe. La

18 Commission européenne, juillet 2010, "*Critical raw materials for the EU*", *Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials*".

19 Les services écosystémiques sont les avantages que les personnes, physiques ou morales, tirent des écosystèmes.

20 Commission européenne, 2008, « L'économie des écosystèmes et de la biodiversité », rapport d'étape sous la responsabilité de Pavan Sukhdev responsable du département des marchés internationaux de la Deutsche Bank à Bombay.

21 Santé Environnement, 2^e Plan national 2009-2013, ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer, ministère de la Santé et des Sports, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, ministère du Travail, des Relations sociales, de la Famille, de la Solidarité et de la Ville.

22 Le règlement Reach a pour objectif d'évaluer 30 000 substances chimiques fabriquées ou importées dans l'Union européenne et de préparer la substitution des 1 500 substances les plus dangereuses ; règlement (CE) n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006.

réduction des dépenses de santé induite par l'application de ce règlement est ainsi estimée à 50 milliards d'euros dans l'Union européenne sur 30 ans.

Par ailleurs, les ménages exercent dans leurs activités quotidiennes (déplacements, logements, achats...) des pressions sur l'environnement qui tendent à augmenter²³. Si les impacts environnementaux découlant de la consommation paraissent négligeables à l'échelle individuelle, ils s'avèrent collectivement importants. Les impacts de la consommation sur l'environnement peuvent aussi avoir lieu dans d'autres pays que celui où le produit est consommé : c'est le cas des produits importés. De manière générale, ces pressions sur l'environnement sont actuellement accrues par les changements dans les modes de consommation des ménages : le volume de biens et services consommés augmente et les dépenses s'orientent vers des catégories de produits à fort impact environnemental^{24,25}. L'enjeu est donc d'accompagner les consommateurs à changer de comportement.

La compétitivité des acteurs économiques et des territoires

L'éco-conception de produits et services, les nouveaux modèles d'affaires et l'écologie industrielle peuvent contribuer à maintenir l'activité et les emplois dans des secteurs fortement concurrentiels, notamment grâce :

- à la réduction des coûts via, par exemple, des réductions de consommation de matière première, ce qui renforce la compétitivité de l'entreprise ;
- au positionnement des produits sur des segments à plus forte valeur perçue par le client, différenciant ainsi les produits par rapport aux productions des pays émergents ;
- au positionnement sur un modèle d'affaires axé sur la vente de services, qui permet de lisser l'activité, de rendre les revenus plus prévisibles et d'augmenter les profits, les activités de service étant généralement plus rentables.

La conquête de marchés et la création d'emplois sur de nouvelles activités représentent un autre enjeu économique, en particulier sur :

- les marchés des produits et services « verts » actuellement en croissance ;
- le développement des filières vertes et des emplois associés, de l'amont avec la chimie verte par exemple, à l'aval avec la valorisation des déchets ;
- les nouveaux modèles d'affaires comme celui de la mobilité partagée (vélos, voitures en libre-service...) actuellement en croissance, notamment à l'export ;
- l'écologie industrielle, qui génère des besoins d'activités nouvelles sur une zone d'activités et au-delà.

Il s'agit aussi de favoriser et d'augmenter les emplois locaux et plus qualifiés. Les modèles d'affaires comme la revente d'occasion, la location-mutualisation et la remise à neuf permettent d'embaucher sur le territoire national, voire permettent de reconvertir des sites industriels. L'économie de fonctionnalité permet une hausse de la qualification des personnes employées par rapport aux emplois de production industrielle. Les personnes travaillant sur

23 Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, mars 2011, Commissariat général au développement durable, juin 2010, Références, « L'environnement en France - Edition 2010 ».

24 Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du logement, mars 2011, Commissariat général au développement durable, Repères, « Consommation des ménages et environnement - Edition 2011 ».

25 La dépense de consommation des ménages recouvre les dépenses qu'ils consacrent à l'acquisition de biens et de services utilisés pour la satisfaction directe des besoins humains « individuels ». Cette dépense se limite aux frais que les ménages supportent directement. Elle comprend la part des dépenses de santé, d'éducation, de logement restant à leur charge, après remboursements éventuels. Elle est depuis plusieurs décennies en augmentation régulière.

l'éco-conception sont des personnes qualifiées, au sein de départements de R&D, marketing ou achats.

Le renforcement des dynamiques territoriales doit également être recherché. Une gouvernance territoriale forte et l'existence d'une structure de coordination semblent ainsi être un pré-requis au succès d'une démarche d'écologie industrielle. L'écologie industrielle renforce l'attractivité d'un territoire en ce qu'elle peut convaincre des acteurs de s'installer dans la zone plutôt qu'ailleurs avec des activités venant boucler une synergie ou simplement attirées par la perspective de bénéficier de services mutualisés.

Finalement, l'éco-conception et l'écologie industrielle peuvent apporter une contribution significative à la santé des entreprises et des territoires, notamment :

- en proposant des alternatives aux filières en difficulté, via une nouvelle dynamique concurrentielle portée par l'extension de l'éco-conception à l'ensemble des entreprises concernées du secteur ;
- par l'émergence de champions nationaux sur les segments « verts », à l'exemple de ce qui se passe sur le secteur des détergents, de l'hôtellerie ou de la mobilité partagée, en développant une capacité d'export de produits et services, favorisant ainsi des emplois de production, mais aussi les emplois supports (R&D, marketing...) ;
- par l'extension de modèles d'affaires innovants à une part plus importante de l'économie française (10 à 15 % du PIB versus 5 % aujourd'hui) ;
- en mettant en œuvre des synergies sur des bassins industriels majeurs, des zones portuaires, ainsi que sur de très nombreuses zones d'activités à dimension plus locale où le concept d'écologie industrielle rencontre un succès croissant auprès des PME et TPE et où son application peut être rapide.

L'évolution vers une consommation durable

Le Centre d'analyse stratégique, dans son rapport « Pour une consommation durable » (2011) met en avant une triple évolution possible de la société de consommation, à savoir :

- **un changement dans les finalités de la consommation**, qui ne doit plus apparaître comme la principale voie d'accès au bien-être et le symbole majeur des relations sociales. La généralisation du mode de consommation actuel à l'ensemble des sociétés humaines est incompatible avec la finitude des ressources terrestres. La consommation des pays développés doit donc évoluer progressivement pour fournir les éléments nécessaires à l'existence de chacun, tout en préservant celle des générations futures ;
- **un changement dans les pratiques et comportements**, poussant les citoyens à satisfaire leurs besoins par une consommation plus respectueuse des hommes et de la planète, c'est-à-dire plus économe en ressources et mieux inscrite dans des boucles vertueuses (réutilisation, récupération et recyclage), moins génératrice de pollution et contribuant plus activement au progrès social, ainsi que par un recours accru à la consommation dématérialisée (location, partage, échange...) ;
- **un changement de la culture et des modes de vie**, qui amène les citoyens, grâce au temps et aux ressources ainsi libérés, à explorer ou à redécouvrir d'autres facettes de l'art de vivre en équilibrant les valeurs matérielles et immatérielles, objets ou non d'échanges marchands (culture, art, sport, loisir, vie associative, etc.).

L'enjeu est que les produits éco-conçus répondent aux nouveaux besoins des consommateurs en quête de durable, mais aussi au progrès social (notamment à **l'amélioration de la qualité**

de vie non matérielle), pour lequel il existe aujourd'hui de nombreux indicateurs. Les travaux du Conseil d'analyse économique mettent ainsi en évidence le besoin fondamental d'une approche multicritère pour apprécier le bien-être humain et suggèrent un tableau de bord de suivi du bien-être matériel, de la qualité de vie et de la durabilité²⁶.

3 Les visions

Les visions établies dans le cadre de cette feuille de route ont vocation à décrire, parfois de manière caricaturale, les différentes modalités de déploiement des options technologiques, organisationnelles et socio-économiques liées à l'éco-conception à l'horizon 2050. Fondées sur la base des connaissances disponibles, elles ne tiennent pas compte de scénarios qui pourraient remettre en cause les fondements actuels du sujet.

Ces visions n'ont pas la prétention de décrire ce que sera la réalité, mais plutôt de définir le champ des possibles pour en déduire un large ensemble de verrous, de priorités de recherche et d'innovation.

Une vision de moyen terme, **à l'horizon 2020**, est également introduite à la fin du chapitre, afin de décrire la manière dont se traduirait la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement et des directives européennes qui fixent des objectifs chiffrés à atteindre sur la période 2015-2020. **Cette vision décrit un point de passage, strictement réglementaire.**

3.1 Les visions à l'horizon 2050

La construction de scénarios à long terme repose sur l'identification de paramètres clés, des variables dont on sait que leur évolution contrastée aboutira à des visions radicalement différentes. Ces scénarios ayant notamment vocation à éclairer les décideurs, le choix a été fait de limiter à deux le nombre de paramètres clés et donc à quatre le nombre de visions qui en découlent. Il s'agit d'un exercice conceptuel qui s'affranchit délibérément de choix d'orientations stratégiques ou de la définition d'objectifs prioritaires.

Ces deux paramètres clés visent à mettre en avant des variables qui, pour le groupe d'experts, seront de nature à infléchir significativement l'éco-conception de produits, de procédés ou de services, la production durable (dont l'écologie industrielle) sur le territoire français, et les modèles d'affaires associés.

Il est en outre convenu que le développement de l'éco-conception n'existe que si cette démarche apporte des **bénéfices économiques** (maintien d'un produit sur le marché, apport de nouvelles fonctionnalités, positionnement sur de nouveaux segments).

Les paramètres clés retenus sont : **le degré de régulation ou de libre-échange et le rapport des consommateurs et des professionnels aux produits et services.**

La régulation ou le libre-échange renseignent sur le degré d'intervention d'une organisation mondiale, d'un Etat ou d'un territoire, dans les échanges commerciaux. **La régulation** est considérée ici au sens large et comprend l'ensemble des mécanismes et des moyens déployés (tels que la réglementation, la normalisation, la fiscalité, les accréditations, etc.) afin de veiller

²⁶ Conseil d'analyse économique (CAE), décembre 2010, « Évaluer la performance économique, le bien-être et la soutenabilité ». Citons comme indicateurs les années potentielles de vie perdue, l'éducation, les activités personnelles, la participation à la vie politique et la gouvernance, les liens et rapports sociaux, les conditions environnementales, l'insécurité physique et économique.

à l'exercice d'une concurrence effective et d'orienter les marchés vers des biens et services plus respectueux de l'environnement et de la santé. Dans le cas du **libre-échange**, les organisations s'entendent pour limiter le protectionnisme et favoriser les importations et exportations de biens et services. Le développement des marchés est alors lié exclusivement à des intérêts économiques. Le paramètre « degré de régulation ou de libre-échange » peut s'appliquer à **différentes échelles géographiques, locale à mondiale**. Il permet de décrire des visions dans lesquelles la régulation est aussi bien mondiale que portée par une gouvernance territoriale spécifique, cas déterminant notamment pour les projets d'écologie industrielle.

Le rapport des consommateurs et professionnels aux produits et services décrit le lien entre une personne (physique ou morale, publique ou privée) et la propriété et l'usage d'un produit ou d'un service. Ce rapport peut être de nature collective (ce qu'on appellera par la suite le « mode collectif ») ou individuelle. Il intègre la sensibilité environnementale, sanitaire et sociale des personnes. Dans le cas d'une entreprise, il reflète le poids que l'entrepreneur accorde aux enjeux environnementaux et sanitaires dans les processus de décisions. Ce paramètre évolue entre deux bornes : réinventé d'une part, tendanciel d'autre part.

- Le **rapport réinventé** témoigne d'une prise de conscience partagée par la quasi-totalité des consommateurs et des professionnels des enjeux environnementaux, sanitaires, sociaux et économiques. Ils sont proactifs, maîtrisent et tirent le meilleur profit possible de l'état des connaissances et des technologies du moment. Les consommateurs, individuellement mais aussi collectivement, réinventent leur rapport à la consommation pour prévenir et réduire le risque d'être impactés par des crises (climatique, sanitaire, pollution des sols, de l'eau, de l'air). Les entreprises réinventent également leurs systèmes de production pour réduire leur vulnérabilité face à la pression croissante sur les ressources. Le rapport réinventé est également le fruit de l'éducation et de la formation.
- Le **rapport tendanciel** traduit une poursuite des tendances actuelles, sans véritable changement des comportements en faveur d'une consommation durable. La prise de conscience collective est limitée à quelques enjeux environnementaux et sanitaires incontournables (dioxines par exemple). L'éco-conception n'est pas vraiment visible par les consommateurs. Tout comme l'écologie industrielle, ce processus traduit avant tout une motivation économique des secteurs industriels et tertiaires pour réduire leur consommation de ressources.

Outre ces deux paramètres clés, les experts s'accordent sur l'influence probable et déterminante du développement des pays émergents dans les choix futurs de conception de produits pour consommer moins de ressources (matières premières, eau, énergie...). Par exemple, un marché international tendu (caractérisé par des situations de pénurie, des cours élevés et volatils, pouvant entraîner des coûts prohibitifs des transports et favoriser le développement de l'économie locale...) pourrait accélérer le développement de solutions innovantes consommant moins de matières premières et d'énergie.

Les quatre visions proposées ci-dessous sont issues du croisement des deux paramètres clés.

<p>Un rapport réinventé des consommateurs et des professionnels aux produits et services, des modes de vie plus collectifs avec moins d'impacts environnementaux</p>

Une régulation forte	Vision 1 Une production et une consommation durables soutenues par la régulation	Vision 2 Un développement des marchés internationaux de biens et services plus respectueux de l'environnement	Le libre- échange
	Vision 3 Une éco-conception tirée par des réglementations	Vision 4 Une éco-conception tirée par des stratégies industrielles	
	Un rapport tendanciel des consommateurs et des professionnels aux produits et services, sans changement des comportements ni des modes de vie		

Selon les visions, de nouvelles éco-technologies et des innovations technologiques et organisationnelles vont émerger avec des motivations et des déclinaisons spécifiques. Par ailleurs, il est entendu que, pour une même vision, les stratégies de développement des acteurs économiques seront différentes selon les produits ou les procédés : dans certains cas, une capitalisation importante sera nécessaire pour atteindre une masse critique ; dans d'autres cas, par exemple pour un territoire spécifique, l'investissement local sera privilégié.

Enfin, les régulations peuvent s'exercer à différents niveaux territoriaux et concerner des espaces économiques de différentes tailles. Les visions correspondantes se déclinent de façon différenciée entre une régulation favorisant le niveau local ou s'exerçant à un niveau plus global.

Vision 1 : une production et une consommation durables soutenues par la régulation

C'est la vision la plus contrastée par rapport à la situation actuelle. Le monde change sous l'effet d'une régulation forte favorable à l'environnement, la santé, le social et le développement économique. Par un mouvement de fond, les consommateurs deviennent proactifs et les professionnels adhèrent à un mode de vie réinventé faisant écho à la régulation forte. Selon l'échelle géographique de la régulation, les démarches d'écologie industrielle peuvent émerger, notamment dans le cas d'une gouvernance territoriale forte.

Exemples :

- Produits et services, émergence de nouveaux modèles d'affaires adaptés à la satisfaction d'une nouvelle forme de demande : modularité des produits, services de mobilité, de proximité et de mutualisation de matériel, mouvement *slow-design/food/city/travel*²⁷, achats publics de produits écologiques, éco-conception des produits liés à l'énergie ;

²⁷ Le *slow* est un mouvement international qui se présente comme une alternative aux tendances de consommation rapide. Il est né dans les années 1980 avec le *slow-food* en réaction au *fast-food*. Les valeurs exprimées par le mouvement *slow* sont notamment le temps, la durée, l'environnement, le social, le terroir, le plaisir, la diversité, l'unicité... On retrouve ce mouvement autour de l'alimentation, des voyages (*slow travel*), de la décoration (*slow design*), de la ville (*slow city*)...

- Procédés, écologie industrielle : plates-formes d'échanges et d'expérimentation, symbiose industrielle territoriale, éco-quartiers, éco-cités.

Les opportunités :

- Le développement de l'éco-conception et de l'écologie industrielle en France au cœur des industries et des services (ingénierie de projets, procédés, usines, zones d'activité économique) ;
- La prévention de la consommation des ressources généralisée ;
- La mutualisation de moyens et le partage de services ;
- Le renforcement des liens entre producteurs et consommateurs.

Les menaces :

- la complexité de la mise en œuvre des régulations et la difficulté à atteindre les bénéfices environnementaux escomptés.

Vision 2 : un développement des marchés internationaux de biens et services plus respectueux de l'environnement

Dans cette vision, la société a réinventé son rapport à la consommation pour intégrer les enjeux environnementaux, sanitaires, économiques et sociaux. Comme aujourd'hui, la dynamique économique mondiale reste dominée par le libre-échange. Certains marchés internationaux de biens et services ont intégré l'éco-conception pour réduire leur coût et afficher le respect de l'environnement dans le positionnement de leur produit. Les démarches d'écologie industrielle sont déclenchées par la proactivité des industriels et motivées principalement par une réduction des coûts.

Exemples :

- Produits et services : modèles bas coût, compensation volontaire des émissions de carbone²⁸, plates-formes collaboratives et communautaires (i.e. logiciel libre) ;
- Procédés, écologie industrielle, ingénierie : technologies de rupture dans l'industrie manufacturière.

Les opportunités :

- Le développement en France de nouveaux services et de nouveaux modèles d'affaires ;
- Le développement en France de compétences en éco-conception pour réduire les coûts des produits et services échangés sur les marchés internationaux ;
- La diffusion rapide des meilleures éco-technologies.

Les menaces :

- La fuite des entreprises françaises à l'étranger ;
- L'absence de maîtrise de l'ensemble du cycle de vie des produits et services.

Vision 3 : une éco-conception tirée par des réglementations

28 Mécanisme de financement par lequel une entité (administration, entreprise, particulier) substitue, de manière partielle ou totale, une réduction à la source de ses propres émissions de gaz à effet de serre, en achetant des « crédits carbone » auprès d'un tiers. L'entité finance un projet de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de séquestration du carbone (énergie renouvelable, efficacité énergétique, reboisement, etc.).

Dans cette vision, les consommateurs et les professionnels ne remettent pas en cause leur comportement actuel et n'en changent pas spontanément. La régulation oriente le développement des marchés en intégrant la dimension environnementale et sanitaire, à l'échelle locale et mondiale. A la différence de la vision 1, la régulation apparaît comme un contrepoids au manque de fonctionnement en mode collectif et se traduit de fait par d'importants dispositifs d'accompagnement et de réglementation. Les démarches d'écologie industrielle sont déclenchées dans le cas de gouvernance territoriale forte et motivées par des gains financiers.

Exemples :

- Produits et services : achats publics de produits écologiques, éco-conception des produits liés à l'énergie, services de location de matériel ;
- Procédés, écologie industrielle : métrologie en temps réel des émissions des installations industrielles et mise à disposition du public des résultats.

Les opportunités :

- Un développement de l'écologie industrielle et de la prévention de la production de déchets ;
- Des avoirs et des usages maîtrisés (ressources, consommation d'eau, de matière, d'énergie, etc.).

Les menaces :

- La complexité de la mise en œuvre des régulations et la difficulté à atteindre les bénéfices environnementaux escomptés.

Vision 4 : une éco-conception tirée par des stratégies industrielles

Cette vision ne remet en cause ni le modèle de libre-échange ni nos modes de vie actuels. L'horizon 2050 se caractérise par une éco-conception tirée par des stratégies industrielles, sur quelques flux de matières à haute valeur ajoutée qui présentent un intérêt stratégique.

Exemples :

- Produits et services : produits éco-conçus pour réduire les coûts en matières premières et maintenir une activité compétitive ; proportion non négligeable de produits issus d'une démarche marketing vert ciblant plus l'aspect « propre pour l'environnement » que l'intérêt et le besoin fonctionnel ;
- Procédés, écologie industrielle : valorisation partielle de produits en fin de vie.

Les opportunités :

- Une éco-conception motivée d'abord par des économies financières, puis de ressources,
- Un développement commercial du secteur high-tech avec une consommation de produits et services intelligents, nomades, communicants, dématérialisés.

Les menaces :

- La fuite des entreprises françaises à l'étranger ;
- Une augmentation des impacts environnementaux.

3.2 La vision à 2020

Elle commence à mettre à profit l'éco-conception et ses démarches intégrées (faisant intervenir plusieurs secteurs d'activités) et multicritères en termes d'impacts environnementaux. Cela se concrétise par une meilleure prise en compte de l'environnement et de la santé et par des résultats tangibles dans le domaine du climat, de l'énergie, de l'air et des déchets.

Une meilleure prise en compte de l'environnement et de la santé dans les politiques publiques

Après une phase de montée en puissance sur la période 2011-2017, tous les produits liés à l'énergie respectent les exigences d'éco-conception imposées par la directive ErP²⁹.

Après une phase d'expérimentation, la France généralise l'affichage environnemental des produits de consommation. Les entreprises qui réduisent les impacts environnementaux de leurs produits mettent en valeur ce bénéfice. Les consommateurs intègrent cette dimension dans leur choix. En 2020, les industriels intègrent de plus en plus l'éco-conception et l'affichage des performances environnementales dans le développement de leurs produits ; les produits éco-conçus se développent rapidement et commencent à représenter des parts de marché significatives dans certains secteurs³⁰.

En 2020, les pouvoirs publics ont mis en place une véritable politique d'achats publics écologiques et ont largement dépassé l'objectif indicatif fixé en 2010 de 50 % de marchés publics écologiques³¹. Cette politique a un impact significatif sur l'environnement compte tenu du poids de la consommation publique (estimé à environ 16 % du produit intérieur brut au niveau européen en 2008) et grâce à la valeur d'exemple et d'influence sur le marché³².

Le règlement Reach³³ est un succès qui permet d'assurer un niveau élevé de protection de la santé humaine et de l'environnement, y compris la promotion de méthodes alternatives pour l'évaluation des dangers liés aux substances, ainsi que la libre circulation des substances dans le marché intérieur tout en améliorant la compétitivité et l'innovation. Au 1^{er} juin 2018, soit onze ans après la date d'entrée en vigueur du règlement, l'agence européenne des produits chimiques dispose de toutes les données d'enregistrement relatives aux substances produites ou importées en quantités égales ou supérieures à une tonne par an, par tout fabricant ou importateur. Conformément au règlement, les autorités évaluent certaines substances sélectionnées en fonction du tonnage et d'autres critères, avec une procédure d'autorisation

29 La directive 2009/125/CE dite ErP (*Ecodesign requirements for energy-related products*) du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établit un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'éco-conception applicables aux produits liés à l'énergie.

30 En 1994, les ventes de réfrigérateurs de classes E, F et G représentaient 31 % du marché alors que cinq ans plus tard (après l'introduction de l'étiquette énergie), ils n'en représentaient plus que 8 % (respectivement 5 %, 2 %, 1 %). Dans le même temps, les ventes des réfrigérateurs de classes A et B, passaient de 19 % du marché à 52 % (respectivement 16 % et 36 %).

31 "Public procurement for a better environment", COM (2008) 400 du 16 juillet 2008.

32 Le projet Relief montre que si tous les pouvoirs publics à travers l'Union européenne (UE) se fournissaient en électricité verte, cela permettrait d'économiser l'équivalent de 60 millions de tonnes de CO₂, soit 18 % de l'engagement de l'UE en faveur de la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du protocole de Kyoto. L'économie serait pratiquement du même ordre si les pouvoirs publics optaient pour des bâtiments à haute qualité environnementale. Ce projet a été financé par l'action clé « La ville de demain et le patrimoine culturel » dans le cadre du cinquième programme-cadre de RTD.

33 Règlement Reach (*Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals*) n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006, concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances.

pour les substances les plus préoccupantes et une procédure de restriction pour certaines substances et certains mélanges, et pour des articles dangereux.

Des résultats spécifiques dans les domaines du climat, de l'énergie, de l'air et des déchets

En 2020, l'Europe a réduit de 20 % ses émissions globales de gaz à effet de serre par rapport aux niveaux de 1990, comme prévu dans le « paquet climat-énergie » adopté en 2008 par les dirigeants européens. Pour y parvenir, l'Union européenne a également atteint d'autres objectifs : une amélioration de l'efficacité énergétique de 20 %, une part moyenne de 20 % des énergies renouvelables dans la consommation énergétique et 10 % de biocarburants dans les carburants destinés aux transports.

En 2016, l'objectif de la directive ESD³⁴ est atteint, à savoir une économie d'énergie annuelle de 9 % par rapport à la quantité moyenne d'énergie finale consommée entre 2001 et 2005. En France, 88 % des économies d'énergie proviennent du secteur résidentiel-tertiaire grâce à la mise en œuvre du programme de maîtrise de la demande en énergie dans le secteur du bâtiment fixé par le Grenelle de l'environnement³⁵. Suivent le secteur des transports (10 %) et de l'industrie (1 %).

Dans le domaine de l'air, les pays membres de l'Union européenne ont réduit depuis 2010 leurs émissions annuelles de polluants acidifiants, eutrophisants, et des précurseurs de l'ozone, pour respecter les plafonds d'émission fixés par la directive NEC³⁶. En 2020, il est vraisemblable que de nouveaux polluants soient réglementés et que l'ensemble des plafonds soit revu à la baisse.

Simultanément, la qualité de l'air ambiant s'améliore. Les concentrations de polluants, en moyenne horaire et journalière, diminuent conformément aux objectifs réglementaires européens³⁷. Les polluants concernés sont l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote, les oxydes d'azote, les particules (PM10 et PM2,5³⁸), le plomb, le benzène et le monoxyde de carbone, avec des échéances fixées à 2015.

Dans le domaine des déchets, conformément à la loi Grenelle 1³⁹, la France atteint les objectifs fixés à 2012, en particulier une réduction de 7 % de la production de déchets ménagers et assimilés sur la période 2010-2015 et une réduction de 15 % entre 2009 et 2012 des quantités de déchets partant en incinération ou en stockage⁴⁰.

34 Directive 2006/32/CE dite ESD (*Energy Services Directive*) du 5 avril 2006, relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques.

35 Plan d'action de la France en matière d'efficacité énergétique, en application des articles 4 et 14 de la directive 2006-32/CE.

36 Directive 2001/81/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2001 fixant des plafonds d'émission nationaux pour certains polluants atmosphériques à l'horizon 2010.

37 Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe.

38 Particules en suspension dans l'air d'un diamètre aérodynamique respectivement inférieur à 10 et 2,5 micromètres.

39 Loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement du 3 août 2009 (article 46).

40 Cf. feuille de route stratégique « Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets » pour un panorama complet des objectifs chiffrés. Ne sont mentionnés ici que les objectifs chiffrés relatifs à la prévention de la production de déchets.

4 Les verrous

Les verrous à lever pour développer l'éco-conception et l'écologie industrielle sont de nature technique, méthodologique, économique, sociologique et politique. Rappelons que l'une et l'autre sont des démarches multicritères souvent complexes et encore sous-utilisées. Il faut donc garder une vision d'ensemble et intégrée des différents verrous, qui sont intimement liés.

4.1 Les verrous techniques des étapes du cycle de vie

On constate que l'existence de **plusieurs cycles de vie** n'est pas systématiquement recherchée, alors que cela permettrait de mieux exploiter le cycle de vie des matériaux (composants ou modules) et d'augmenter la durée de vie des produits.

Concernant **les ressources et leur approvisionnement**, une difficulté essentielle réside dans le peu d'information existant sur les impacts environnementaux liés à leur utilisation. Les innovations sont rapides et les enjeux de protection de la propriété industrielle ne permettent pas d'avoir les informations en temps réel sur les impacts environnementaux de nouvelles utilisations des ressources : lorsqu'un nouveau matériau a fait la preuve de son intérêt d'un point de vue technique et supposé pour l'environnement, les concepteurs ne maîtrisent pas nécessairement l'ensemble de ses propriétés. Il est même impossible, en l'état actuel des processus d'achat et de fabrication, de connaître précisément l'origine de certaines matières premières, ce qui rend de fait impossible l'évaluation de leurs impacts environnementaux. Les matières renouvelables ou issues de processus de recyclage sont difficiles à gérer. Leur intégration est limitée, entre autres, par l'hétérogénéité des caractéristiques des approvisionnements (propriétés des matériaux) et l'intermittence des sources énergétiques.

Le **transport et la logistique**, qui concernent plusieurs étapes du cycle de vie, se heurtent principalement aujourd'hui au manque de souplesse des solutions du fait de la faible interopérabilité entre les modes de transport et de l'absence de partage de données entre acteurs de la chaîne logistique.

L'étape de **production** est limitée par les caractéristiques des solutions actuelles en termes de sobriété, de flexibilité, de modularité, d'évolutivité, de performance, de sécurité et de fiabilité. Il manque notamment une capacité à modéliser les procédés pour pouvoir simuler des modifications et en évaluer les impacts environnementaux sur la santé des salariés et sur celle des utilisateurs. Le développement de modèles basés sur les flux (matière première, eau, énergie) avec des capacités d'apprentissage en fonction des conditions de mise en œuvre sur un site industriel est une première étape dans le développement d'outils d'aide à la décision pour la modification des procédés.

Le principal verrou concernant l'**utilisation** est la capacité à apprécier, dès la conception, les besoins, les consommations et les modes d'utilisation d'un bien ou d'un service émergent. Il serait utile d'avoir des cycles d'utilisation de référence pour pouvoir comparer des produits. L'affichage des performances environnementales, qui existe (partiellement) pour certains produits de consommation, est encore inexistant pour les produits à destination des industriels.

Pour éviter que le produit ne se transforme en déchet (**fin de vie**), les étapes de reconditionnement, réutilisation, réparation et maintenance doivent être prévues dès la phase

de conception, ce qui n'a pas été systématiquement le cas. Les principales raisons techniques sont les suivantes : méconnaissance d'un produit importé (confidentialité, manque de compétence), complexité des opérations de maintenance et de réparation, capacité insuffisante des équipements et procédés de *remanufacturing* (inspection, nettoyage, tri des produits ou modules usagés), sécurité, traçabilité des composants.

Les verrous techniques spécifiques à la fin de vie concernent, quant à eux, les capacités insuffisantes des équipements, des procédés et techniques de démantèlement, de déchiquetage, de broyage, de tri, de préparation et de transformation de la matière⁴¹.

4.2 Les verrous méthodologiques

L'absence de méthode normalisée ou de solution de référence⁴² est un verrou pour un acteur qui souhaite s'engager dans une démarche d'éco-conception ou d'écologie industrielle. Un bien éco-conçu est intrinsèquement difficile à reconnaître : il ne peut pas être certifié en tant que tel sans interroger l'ensemble de son cycle de vie. On peut calculer des impacts environnementaux, mais pour faire état de baisses d'impacts, il faut avoir un produit étalon qui n'existe pas toujours.

La gestion des connaissances et des données, en particulier l'accès à l'information, n'est pas toujours immédiate (quand elle existe) ni à destination du plus grand nombre, et elle est parfois protégée par la confidentialité. Les caractéristiques techniques des matières et des produits ne sont pas nécessairement rendues publiques en intégralité. De nombreuses questions relatives à l'évaluation d'impacts environnementaux, notamment à partir de résultats de mesures, ne sont pas encore résolues. La transparence de l'information sur les méthodes de mesures, les critères d'acquisition et de sélection de données, leur mise à jour et leur traçabilité sont indispensables.

Par ailleurs, l'état des connaissances (des meilleures techniques disponibles, des impacts, des risques...) évolue rapidement, et ce entre l'instant T de prise de décision d'une démarche d'éco-conception et le moment où le produit arrive sur le marché ; les démarches d'éco-conception doivent donc être associées à un processus d'amélioration continue pour favoriser l'intégration des nouvelles connaissances.

Les outils et les méthodes d'éco-conception actuellement disponibles, tels que l'analyse de cycle de vie (ACV) ou les évaluations simplifiées qualitatives de cycle de vie (ESQCV), reposent sur des analyses globales et multicritères de système, ce qui permet par exemple de s'affranchir des frontières entre les maillons d'une chaîne de valeur. Ces outils ne permettent cependant pas de prendre en compte un nombre important d'impacts et de gérer un haut degré de complexité, comme la restitution de résultats multicritères et l'absence d'arbitrage entre des impacts environnementaux ou sanitaires différents. Les utilisateurs sont aussi confrontés à un arbitrage entre des transferts de pollution éventuels, des risques d'effets rebonds sans véritable aide à la décision.

Enfin, les principes de l'éco-conception et les données associées sont peu voire pas pris en compte aujourd'hui dans les autres outils internes aux entreprises, tels que la conception

41 Ces verrous font l'objet d'un développement spécifique dans la feuille de route stratégique « Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets ».

42 Par exemple dans l'industrie, un certain nombre de secteurs industriels ne sont pas couverts par les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles et les techniques émergentes, cf. <http://eippcb.jrc.es/reference/>

assistée par ordinateur, la comptabilité, les plans de communication et de marketing, les projets d'ingénierie. Des méthodologies et des critères d'éco-conception restent à développer, à éprouver et à stabiliser en particulier dans le domaine de l'ingénierie de projets (i.e. construction d'ouvrage complexe, de site industriel), pour que l'ensemble des acteurs (concepteur, constructeurs, maîtres d'ouvrage et exploitants) prennent en compte simultanément et au plus tôt les impacts environnementaux, sanitaires et sociétaux, de la conception à la déconstruction, en passant par la réalisation, l'exploitation et la maintenance.

4.3 Les verrous organisationnels dans les entreprises et au sein des chaînes de valeur

Un verrou important est la difficulté à mettre en œuvre une démarche d'éco-conception ou un nouveau modèle d'affaires de manière transversale dans l'entreprise. Cela doit être une priorité stratégique et décidé au plus haut niveau de l'entreprise, tout comme les changements que cela suppose dans les services techniques, marketing, commerciaux, communication, comptables, juridiques, ressources humaines.

Intégrer l'éco-conception dans un produit ou un projet d'ingénierie peut se révéler complexe. Par exemple, le rapport au temps peut différer pour un même produit ou projet : la fin de vie commerciale d'un produit peut être décidée avant sa fin de vie technique.

La dynamique de l'éco-conception peut sembler problématique sur le plan marketing ou de la communication, de par la nature du sujet et sa faible compréhension à la fois par les salariés et les consommateurs. De plus, l'éco-conception comporte souvent une dimension innovation forte et donc un risque associé à un produit ou un procédé dont les qualités fonctionnelles et environnementales sont mal appréhendées par le consommateur ou l'utilisateur. Mal formées ou peu motivées par leur hiérarchie, les équipes de marketing et de communication ne seront pas prêtes à prendre ce risque.

Pour les consommateurs, le repérage des produits éco-conçus est difficile, à cause d'une multiplicité de labels, d'allégations environnementales et d'absence de discours institutionnel visible. Ceci conduit à une faible connaissance des caractéristiques environnementales des produits et des enjeux associés.

L'adoption d'un nouveau modèle d'affaires est susceptible de modifier la structure de l'entreprise et ses relations avec d'autres acteurs économiques. L'entreprise prend alors un risque dans ce repositionnement. Une entreprise qui passe de la vente à la location doit gérer une phase de transition, que ce soit avec ses commerciaux, sa maintenance (éventuellement à embaucher), l'écriture de contrats... A moindre échelle, intégrer à des chaînes logistiques les emballages navettes consignés, des dispositifs de prévention de production de déchets pour éviter les emballages jetables (tels que cartons, cagettes, palettes...), nécessite des travaux préalables d'expérimentation, de développement, d'innovation, aussi bien chez le fournisseur (par exemple pour adapter sa chaîne de production) que chez le client.

Une modification importante de modèle d'affaires génère des évolutions en termes d'emploi et de qualification des salariés. La plus grande sophistication des produits (généralisation de l'électronique, de la connectivité...) peut exiger des compétences plus importantes pour les personnes en charge de leur commercialisation et de leur maintenance. La difficulté est alors d'engager cette mutation du personnel et de l'accompagner. L'étape de conception des produits nécessite une excellente connaissance des pratiques des acteurs qui interviennent

dans le cycle de vie, notamment pour que la maintenance et la réparation puissent être assurées par un service dédié mais aussi par l'utilisateur lui-même.

Certains modèles d'affaires, comme les filières de responsabilité élargie du producteur (REP)⁴³, pourraient aller plus loin dans leurs exigences. Aujourd'hui, elles doivent inciter les producteurs à introduire des changements dans la conception des produits⁴⁴. L'un des outils mis en avant lors du Grenelle de l'environnement s'appuie sur les éco-contributions modulées en fonction de la réduction des déchets générés et de leur capacité à être recyclés. Une telle modulation existe sur les emballages et plus récemment sur les équipements électriques et électroniques. Une diffusion plus rapide de ce principe et à un nombre plus important de filières serait souhaitable.

Le développement de l'économie de fonctionnalité est confronté à un certain nombre de verrous. Si cette solution paraît logiquement réconcilier croissance économique et environnement⁴⁵, elle nécessite en premier lieu l'adhésion des consommateurs. Ensuite, le producteur d'un bien doit modifier l'origine de son bénéfice au profit de la vente d'un usage, ce qui n'est pas simple : un producteur qui vend des biens a en effet intérêt à en vendre le plus possible et donc à en raccourcir la durée de vie alors que le producteur qui en vend seulement l'usage (service) a intérêt à en allonger la durée pour diminuer son coût de production et à optimiser la maintenance et la fin de vie. Les producteurs qui ne disposent pas de leur propre réseau de distribution doivent également anticiper l'absence de retour clientèle, qui est géré par le distributeur de services.

En somme, une économie de fonctionnalité, fondée sur la valeur accordée au service et à l'interaction entre un offreur et un client, exige une relation de service de qualité, avec des professionnels qualifiés pour répondre aux besoins des clients. Ces professionnels ne sont pas toujours suffisamment soutenus par leur organisation pour assurer ce haut niveau de qualité de service.

4.4 Les verrous économiques ou comptables

Pour les acteurs d'une chaîne de valeur, la **répartition équitable du coût total de possession** (TCO ou *Total Cost Ownership*) est déterminante. D'une façon générale, les modèles d'affaires actuels, développés dans un contexte d'économie linéaire, sont mal adaptés aux investisseurs de solutions éco-conçues car ces derniers ne perçoivent pas toujours le retour sur investissement engendré par des économies de ressources et/ou des réductions de charges environnementales (dépollution, élimination des déchets...). De plus, les règles comptables ne permettent pas de bénéficier au mieux de l'approche en coût complet.

Certaines solutions éco-conçues permettent des gains financiers explicites, mais sur des délais trop longs, incompatibles par exemple avec des impératifs de retour sur investissement à deux ans. La difficulté de mesurer certains coûts et bénéfices internes dans l'entreprise, liés par exemple à la gestion interne des déchets⁴⁶ ou à l'hygiène et la sécurité au travail, est

43 La responsabilité élargie des producteurs (REP), issue de la loi de 1975, instaure le principe du pollueur-payeur. Elle est définie par l'article 8 de la directive 2008/98/CE relative aux déchets.

44 Ainsi que l'a précisé le « Manuel à l'intention des pouvoirs publics » publié en 2001 par l'OCDE.

45 Rapport final au ministre d'Etat, ministre de l'Energie, de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, chantier n° 31, groupe d'étude « Economie de fonctionnalité » du Grenelle de l'environnement, octobre 2008.

46 Dans une enquête récente auprès de 1 000 PME et PMI, neuf entreprises interrogées sur dix ignorent le coût interne de la gestion des déchets, c'est-à-dire le coût interne supporté par l'entreprise en temps passé à trier, à manutentionner ou en

également un verrou au développement de solutions plus respectueuses de l'environnement. Enfin, le coût induit pour faire reconnaître la qualité écologique d'un produit ou vérifier la performance d'une technologie (certification...) peut être dissuasif. L'éco-conception sera considérée comme une démarche pérenne dans la mesure où elle conduira à une augmentation des marges (produit à plus forte valeur ajoutée du fait d'une fonction supplémentaire ou d'un service associé), au maintien d'un produit sur le marché voire à de nouvelles parts de marché du fait d'un positionnement différent du produit éco-conçu.

Les prix parfois plus élevés pour des produits éco-conçus constituent un verrou concernant **la demande**.

Enfin, le **secteur de la réparation fait face à des difficultés économiques**⁴⁷ de deux ordres :

- des coûts de réparation devenus non compétitifs par rapport au prix du neuf du fait du différentiel de prix de la main-d'œuvre entre les pays de fabrication des produits et ceux de réparation ;
- la difficulté à réparer des produits quand ce paramètre n'a pas été intégré dans la conception du produit ; cette capacité d'un produit à être réparé pourrait être intégrée dans le coût global, en adaptant les stratégies commerciales et marketing.

A ces verrous structurels s'ajoute un verrou conjoncturel : la **volatilité des prix des ressources**, qui rend difficile la construction et le calage des modèles d'affaires à court et moyen terme. Ce verrou s'inscrit cependant dans une tendance globale d'évolution des tensions des marchés sur les ressources, qui est plus favorable aux produits et procédés éco-conçus.

4.5 Les verrous sociologiques, culturels et psychologiques

A l'échelle individuelle, que ce soit dans la sphère privée (consommateur) ou professionnelle, les actes quotidiens, les attitudes et les pratiques sont fonction des représentations, des habitudes, des modes de vie, des contraintes de la vie quotidienne, des effets d'entraînement, des contextes culturels et sociaux, du rapport au temps, voire même des politiques locales. La sensibilité d'un individu est également différente pour des causes mondiales, locales et personnelles.

Observer et analyser pour comprendre ces déterminants et leurs interactions est un pré-requis pour conduire le changement et proposer des actions de formation en vue de sensibiliser les individus à l'éco-conception.

Chaque individu agit non seulement dans un contexte économique et environnemental, mais aussi en fonction de son propre **rapport au temps** (la nécessité d'en gagner ou de ne pas en perdre), qui peut jouer de différentes manières :

- inertie dans le choix de nouveaux produits, impact de routines ;
- résistance face à des produits ayant des fonctionnalités nouvelles ou des solutions innovantes en raison d'une mauvaise connaissance de ces fonctionnalités et d'un manque

achat de matières et d'énergie (source ADEME, « Le poids des facteurs économiques dans la réduction et le recyclage des déchets auprès des entreprises productrices de déchets », juin 2010, étude réalisée pour le compte de l'ADEME par LH2).

47 Caractérisé par 125 000 entreprises et 525 000 emplois en 2009, ce secteur est en perte de vitesse, avec sur la période 2006-2009 une chute du nombre d'entreprises de 17 % et du nombre d'emplois de 19 %. Source ADEME, « Actualisation du panorama de l'offre de réparation en France », septembre 2010, étude réalisée pour le compte de l'ADEME par Ernst & Young.

de temps pour se mettre à niveau ; ou à l'inverse, achat spontané indépendant du besoin immédiat ;

- résistance face à des solutions performantes d'un point de vue environnemental, mais perçues comme plus chronophages ou dévalorisantes en termes d'image par exemple.

Enfin, un verrou important réside dans la **perception éventuelle d'une dépendance et d'une perte de liberté individuelle** : les individus sont réticents aux solutions perçues comme les rendant dépendants de personnes extérieures pour des raisons logistiques (i.e. services de location ou de covoiturage versus possession) ou techniques (i.e. dysfonctionnement d'un système de domotique). Cette perception est en général exacerbée au début des démarches d'écologie industrielle.

La prise en compte d'une dimension supplémentaire de nature environnementale ne doit être vécue ni comme une nouvelle contrainte ni comme un facteur de dégradation des conditions de vie.

A l'échelle collective, les caractéristiques susceptibles d'expliquer les comportements des individus sont : l'habitat urbain ou rural, collectif ou individuel, la sphère professionnelle et privée, les déterminants socioculturels. Les individus façonnent et sont façonnés par les normes culturelles et sociales. Certains prescripteurs (média, publicité, milieu associatif, experts...) ont également une influence significative. La création de modes collectifs, collaboratifs et de réseaux (acteurs privés, groupements, acteurs publics, partenariats public-privé, etc.), préconisés dans les processus d'éco-conception ou d'écologie industrielle, n'est pas nécessairement systématique et spontanée.

Si différents **modes de gouvernance** fonctionnent actuellement avec satisfaction, il est difficile d'en retenir un comme modèle pour l'adapter à un autre contexte territorial. Des connaissances manquent notamment sur :

- les facteurs d'adhésion à des modes collectifs ;
- les facteurs de réussite et de déclenchement d'opérations collectives : parfois la technique est disponible et les coûts ne sont pas un frein ; si l'éco-conception n'est pas imposée, il manquera un effet déclencheur.

Il manque souvent au départ la capacité à rassembler tous les acteurs complémentaires d'une chaîne de valeur autour d'un projet fédérateur, avec l'opportunité d'un effet gagnant-gagnant. La prédominance d'une culture analytique et la quasi-absence de culture systémique limitent aussi la capacité des acteurs à travailler en mode pluridisciplinaire et collaboratif sur des sujets complexes. **Un des freins principaux au travail collaboratif est l'interdépendance**, car elle est d'abord perçue comme un risque, par exemple en cas de défection d'une des parties. Ce risque n'est pas encore pris en compte dans des clauses contractuelles adéquates.

Il peut aussi exister des **difficultés de communication et de coopération** entre les acteurs sur l'éco-conception, pour diverses raisons. Premièrement, le langage : comment faire progresser ensemble des domaines d'expertise qui ont recours à des langages différents, sans perdre la valeur ajoutée de chacun ? Deuxièmement, cela suppose d'accepter de partager des standards⁴⁸ et de faire circuler l'information. Ce rôle, qui peut être délégué à un tiers, soulève des questions de sécurité et de répartition de la propriété intellectuelle. Le respect de la

⁴⁸ La notion de standard n'est pas restreinte au domaine technique ; elle est prise ici dans un sens large et peut s'appliquer à des comportements, des usages (énergétique par exemple), des ergonomies...

confidentialité n'est pas appréhendé nécessairement de la même façon selon les secteurs d'activités pour des raisons culturelles propres à chaque secteur. Troisièmement, la confiance entre les acteurs est fondamentale. Enfin, les décisions communes d'investissement sont souvent complexes à gérer, notamment dans le cas de l'écologie industrielle, lorsque les temps de retour sur investissement, calculés dans des perspectives de moyen à long terme, dépassent les délais couramment rencontrés.

Le **manque de modèles juridiques et contractuels adaptés**, le besoin tôt ou tard de médiation et de souplesse de fonctionnement dans la durée rendent difficile le fonctionnement pérenne des modes collectifs.

Une fois les réseaux créés, des dysfonctionnements peuvent survenir du fait de divergences d'intérêts ou de priorités entre les acteurs, ou plus simplement de l'inertie intrinsèque d'un fonctionnement en réseau, dont la capacité à évoluer est plus lente. Il existe en général une **différence de temporalité selon les acteurs** (acheteur, producteur, consommateur), qui ont un comportement lié à des objectifs fixés à des horizons de temps différents ; l'absence de prise en compte de cette différence peut nuire au développement du réseau. Dans certains cas, les acteurs peuvent avoir des contraintes incompatibles (ex : un service achat n'ayant ni les données sur les solutions éco-conçues ni les outils pour les exploiter).

Pour des démarches d'écologie industrielle comme pour la prévention de la production de déchets, l'**animation de réseau** est déterminante et suppose qu'elle soit réalisée par des entités légitimes représentant l'intérêt général au niveau territorial, dotées des compétences adéquates et avec la disponibilité nécessaire.

L'ancrage territorial des modèles d'affaires, lorsqu'il s'agit d'implanter une activité économique au plus près des ressources et des débouchés, peut présenter des risques de conflits.

4.6 Les verrous liés aux politiques et mesures publiques

Les politiques et mesures publiques ont la capacité d'encadrer et d'orienter le développement d'activités économiques. Elles sont de nature fiscale, réglementaire, normative, incitative, informative, voire même éducative⁴⁹. Elles peuvent s'appliquer aux activités existantes comme nouvelles et à différentes échelles géographiques.

Jusqu'à présent, l'essentiel des mesures publiques tendent à favoriser les gains en efficacité (performance environnementale, efficacité énergétique). Relativement peu de mesures visent à modifier de manière significative les comportements de production et de consommation. Les verrous en matière d'éco-conception et d'écologie industrielle sont :

- l'absence d'harmonisation des législations au niveau mondial ;

⁴⁹ Par exemple (liste non exhaustive) : taxes, subventions, crédits d'impôts, marchés de droits à polluer, certificats, bonus/malus, éco-participation, tarifs d'achat de l'électricité d'origine renouvelable, organisation d'une filière de traitement des déchets, normes de production, affichage obligatoire destiné à informer les consommateurs, label, certification, campagnes d'information et de communication en matière d'économie d'énergie ou de prévention des déchets, actions de formation et de communication...

- les difficultés d'appropriation des mesures existantes (par exemple les directives ErP, RoHS⁵⁰ ou le règlement Reach) et de respect des délais de mise en œuvre par les acteurs concernés ;
- le cloisonnement des réglementations par produits, qui ne permet donc pas d'aborder des systèmes ;
- l'absence d'outils économiques permettant, d'une part, de valoriser les produits les plus vertueux en internalisant des effets externes négatifs du cycle de vie d'un produit, et d'autre part, de limiter l'effet rebond régulièrement observé sur la consommation (certains instruments existent, mais l'incitation n'est jamais calée sur une internalisation complète : bonus/malus, taxe générale sur les activités polluantes, éco-prêt, redevance incitative, régime fiscal pour les entreprises, exonérations locales...) ;
- l'absence de système d'accréditation par les pouvoirs publics permettant de distinguer entre les « bons » et les « mauvais » labels se revendiquant de l'environnement ; lourdeur des procédures de création d'un nouveau référentiel dans les labels reconnus par l'Etat ;
- le niveau variable d'engagement des pouvoirs publics en faveur de l'accompagnement et de l'animation territoriale ;
- l'absence de systèmes incitatifs et des moyens de mesure associés pour recenser et orienter les entreprises vers l'éco-conception (allègement de charges par exemple), la difficulté à connaître le nombre d'entreprises engagées dans une démarche d'éco-conception ou d'écologie industrielle, la part de marché des produits éco-conçus...
- le manque de formation initiale et continue (notamment dans les filières commerciales, économiques, techniques, droit...) sur les enjeux environnementaux et sociologiques, les méthodologies et les techniques permettant de réduire les impacts environnementaux des produits, procédés et services ; le manque total d'approche systémique dans les formations existantes est également pénalisant.

5 Les besoins prioritaires de recherche, développement et innovation

L'objectif est de favoriser l'innovation dans les produits, procédés et services éco-conçus, de stimuler l'émergence de nouveaux modèles d'affaires et de réaliser des expérimentations en écologie industrielle.

Dans le domaine technologique tout d'abord, de nombreuses opportunités sont identifiées pour faire émerger notamment des matériaux, des procédés, des synergies entre industries, des fonctionnalités, des solutions logistiques et de fin de vie plus respectueuses de l'environnement.

Mais les solutions de nature technologique ne seront a priori pas suffisantes pour assurer le meilleur développement possible de l'éco-conception et de l'écologie industrielle, tant la dimension organisationnelle est centrale dans ces processus. Aussi, il apparaît nécessaire d'engager et de poursuivre des travaux sur l'acquisition et la valorisation des connaissances, les outils et les méthodes, la sociologie des comportements et la gouvernance et enfin de favoriser les expérimentations, notamment en écologie industrielle.

50 Directive 2002/95/CE dite RoHS (*Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment*) du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 2003, relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques.

Les travaux prioritaires sont identifiés selon les cinq axes de recherche, développement et innovation :

- Axe 1 : développer de nouvelles solutions technologiques ;
- Axe 2 : améliorer l'acquisition, la gestion, la diffusion et la valorisation des connaissances et des données ;
- Axe 3 : développer des outils et méthodes pour aider l'entreprise à intégrer l'éco-conception dans ses décisions stratégiques et dans ses démarches auprès de ses clients ;
- Axe 4 : améliorer la connaissance des interactions entre acteurs pour mettre au point de nouveaux modes de gouvernance ;
- Axe 5 : combiner des approches technologiques, méthodologiques et de nouveaux modes de gouvernance : multiplier les références en écologie industrielle.

Ces besoins concernent les quatre phases successives de recherche et développement, à savoir : la recherche fondamentale ou en connaissances nouvelles, la recherche industrielle, le développement expérimental et enfin l'expérimentation préindustrielle (*voir annexe*).

Les outils technologiques qui pourront être mis en œuvre sont notamment des plates-formes technologiques d'essais (axes 1, 3 et 5), des démonstrateurs de recherche (axes 2, 3 et 4) ou des démonstrateurs industriels (axes 1 et 5).

Quel que soit l'axe, les résultats sont susceptibles de bénéficier à un large éventail d'utilisateurs : producteur, fabricant, distributeur, collectivité, prescripteur ou consommateur final. De plus, ces cinq axes sont interdépendants et gagnent donc à être pris en compte simultanément au sein d'un projet.

Axe 1 : développer de nouvelles solutions technologiques

Bien que technologiques, les travaux de recherche doivent d'abord être pensés en mode systémique. Ce chapitre décrit pour chacune des étapes du cycle de vie les besoins prioritaires pour faire émerger des produits, des procédés, des services et des symbioses industrielles susceptibles de générer moins d'impacts environnementaux.

Pour les matières premières :

- concevoir des produits utilisant moins de matières premières (y compris de recyclage) et dont la fabrication est plus optimisée en termes de consommation de ressources (moins de chutes) ;
- développer et déployer de nouveaux matériaux générant moins d'impacts sur l'environnement et la santé que les matériaux classiques à fonctionnalités équivalentes. Il s'agira de choisir le meilleur compromis alliant performance technique et environnementale tout en restant économiquement acceptable.

Le transport et la logistique interviennent dans plusieurs étapes du cycle de vie : chercher à développer des solutions logistiques éco-efficientes (multimodalité, intégration des technologies de l'information et de la communication, gestion du dernier kilomètre de livraison, véhicules du futur, système de reprise de l'emballage par le fournisseur dit emballage « navette »...), mettre au point de nouveaux systèmes qui permettent d'adapter la solution logistique au délai de livraison requis et à l'usage du produit tout en minimisant les impacts environnementaux et sanitaires.

Pour l'étape de production : concevoir des procédés innovants en termes de flexibilité, de modularité (notamment pour les modules sujets à un progrès technique rapide), d'évolutivité, de performance, de fiabilité, de sécurité... Associer la productivité à une approche intégrée : les solutions techniques recherchées permettront de réduire les consommations de matières premières, d'eau, d'énergie, d'utiliser des éco-matériaux, de générer moins d'effluents (solides, liquides, gazeux), de favoriser les échanges standard... Des innovations majeures pourront notamment provenir de synergies entre différentes disciplines scientifiques (génie des procédés, nano et biotechnologies, technologies de l'information et de la communication, sciences cognitives...). Concevoir des nouveaux procédés en faisant appel à des technologies optimisant les interventions pour réduire les matériaux utilisés (concept d'*additive manufacturing*⁵¹) ou en combinant des opérations multiples dans un même appareillage ou encore par des équipements plus petits, moins coûteux, plus efficaces, plus sécurisés et moins polluants. Développer des équipements de production polyvalents, de petites dimensions, d'entretien aisé, transformables et opérationnels pour plusieurs fabrications. Développer une bibliothèque de solutions technologiques, notamment pour les secteurs non couverts par les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles et les techniques émergentes.

Pour la phase d'utilisation : caractériser les impacts liés à l'utilisation des produits et des procédés et le comportement réel des utilisateurs, afin de pouvoir les intégrer dans la conception des produits ; renforcer la modularité et l'évolutivité des produits ; renforcer le respect de critères de qualité et le développement de standards minimaux de performance ; développer de nouveaux équipements, de nouvelles fonctionnalités ou services (i.e. garantie) permettant d'optimiser la durée de vie des produits, de diminuer l'impact sur l'environnement en phase d'utilisation et de faciliter la capacité à la réparation et la maintenance (i.e. plates-formes de recharges et de réparation, harmonisation de la durée de vie et démontage facile des différents composants, puce électronique de diagnostic de défaillance, arbre de défaillance...).

Pour la fin de vie des produits⁵² : développer des produits pouvant être démontés, réparés, reconditionnés, déchiquetés, broyés, triés, tracés, préparés et transformés en vue de la réutilisation de leur matière. Développer les équipements, procédés et techniques associés. Faire remonter les freins des technologies liées aux déchets aux concepteurs de produits. Des innovations sont également nécessaires pour multiplier le nombre de cycles de vie des produits.

Axe 2 : améliorer l'acquisition, la gestion, la diffusion et la valorisation des connaissances et des données

Ce point est primordial. Il s'agit notamment de :

- rendre accessibles les données de référence faisant autorité pour la réalisation d'analyses de cycle de vie, de poursuivre l'acquisition de nouvelles données et leur homogénéisation, leur standardisation, leur actualisation régulière ;
- de développer de nouvelles méthodes de mesure, qui intègrent notamment les mesures d'impact sur la santé et qui permettent de les hiérarchiser ;

51 Concept de fabrication qui repose sur l'ajout successif de minces couches de poudre de métal, de nylon, de carbone, etc., à partir d'un modèle préalablement conçu en 3D sur ordinateur ; ce concept de procédé additif s'oppose aux techniques soustractives habituellement utilisées pour fabriquer un objet avec lesquelles on part d'un ou de plusieurs matériaux que l'on transforme ou auxquels on « enlève » de la matière.

52 Pour en savoir plus sur les besoins de recherche relatifs aux technologies liées aux déchets, le lecteur pourra se référer à la feuille de route stratégique « Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets ».

- de développer l'acquisition des données techniques, environnementales et sanitaires sur les matières premières et notamment pour les nouveaux matériaux et matières premières de recyclage (i.e. caractéristiques des matériaux offrant une meilleure résistance mécanique et autorisant une réduction des volumes) ;
- d'ériger une bibliothèque des propriétés techniques, environnementales et sanitaires des matériaux ;
- de mettre au point des systèmes de remontée d'informations sur la fin de vie du produit, vers le concepteur et au-delà (consommateurs, professionnels de la réparation...), afin d'intégrer la capacité de réparation et le reconditionnement éventuel du produit dans sa conception ;
- d'élaborer des méthodes d'optimisation multicritères ou multi-objectifs permettant le développement de systèmes complexes éco-conçus, à la différence des méthodes existantes qui positionnent un produit éco-conçu par rapport à une solution de référence ;
- d'optimiser la traçabilité et la comptabilité (masse, composition, etc.) de certaines matières premières, de certaines pièces ou certains composants ;
- d'améliorer la transmission des données entre un client et son fournisseur, auprès des consommateurs, ainsi que la fiabilité des données, leur format... ;
- de développer des outils qui apportent à leurs utilisateurs une reconnaissance et une légitimité notamment pour les petites et moyennes entreprises ;
- de développer des capacités de prospective (des marchés, des modes de consommation, de la prévention et de la production de déchets...) à des fins de programmation de la recherche ;
- de mieux comprendre le rapport au temps des différents acteurs (par exemple, un besoin de retour sur investissement variable selon les intervenants) pour mieux prendre en compte ce facteur dans ses différentes dimensions (délai, durée, vitesse, accélération...) dans les projets d'éco-conception.

Axe 3 : développer des outils et méthodes pour aider l'entreprise à intégrer l'éco-conception dans ses décisions stratégiques et dans ses démarches auprès de ses clients

Les principes de l'éco-conception et les données associées sont relativement mal, voire non prises en compte dans les processus de prise de décision dans l'entreprise, dans les solutions logicielles, l'aide à la décision juridique, fiscale, ou les plans marketing, de communication et d'animation. Les différents métiers qui interviennent dans la conception et la commercialisation d'un produit ne sont pas spécialistes de l'analyse de cycle de vie.

De nouveaux outils et méthodes sont à développer pour réduire la prise de risque des acteurs économiques. Il s'agit notamment :

- de modifier les solutions logicielles existantes (CAO, ERP, GPAO, GMAO, WMS)⁵³ pour qu'elles intègrent l'éco-conception ;
- de développer de nouvelles approches « système » intégrant les différents métiers et les différentes étapes du produit ;
- de développer des modèles pour évaluer le coût des externalités des différents leviers de l'éco-conception ;
- de modéliser davantage les procédés et les projets d'ingénierie et de développer des outils de gestion spatiale et temporelle des flux (matière, énergie, eau...) à des fins opérationnelles ;

⁵³ CAO : Conception assistée par ordinateur ; ERP : *Enterprise Resource Planning*, traduit par planification des ressources de l'entreprise ; GPAO : Gestion de la production assistée par ordinateur ; GMAO : Gestion de la maintenance assistée par ordinateur ; WMS : *Warehouse Management System* ou Système de gestion d'entrepôts.

- de développer des solutions permettant de hiérarchiser, même qualitativement, les impacts.

Il s'agit aussi de développer de nouveaux modèles comptables permettant aux investisseurs de solutions éco-conçues de percevoir le retour sur investissement engendré par des économies de ressources et/ou des réductions de charges environnementales (dépollution, élimination des déchets...). Il s'agit aussi qu'ils bénéficient au mieux de l'approche en coût complet, avec des temps de retour sur investissement suffisamment longs pour tenir compte des gains financiers des solutions éco-conçues. Les règles comptables devront également intégrer la seconde vie des produits.

La création de modèles et de processus juridiques et comptables adaptés à l'économie de la fonctionnalité est attendue, de même que l'émergence de nouveaux produits d'assurance et de garantie pour les industriels qui modifient leur modèle d'affaires.

Dans les plans marketing et communication, des méthodes et des outils nouveaux doivent permettre d'intégrer l'éco-conception et d'être en mesure d'inscrire ces plans dans la durée sur l'ensemble du ou des cycles de vie du produit. L'objectif est d'optimiser la compréhension des enjeux liés au développement d'un produit éco-conçu par l'ensemble des métiers de l'entreprise.

Les entreprises de production ont aussi besoin d'outils et méthodes pour s'impliquer dans des démarches d'écologie industrielle et décider à un niveau stratégique de systématiser la mise en œuvre de synergies autour de leurs sites.

Il est également important de trouver les moyens de rassurer le consommateur sur les nouvelles fonctionnalités du produit. Un système permettant au consommateur de repérer facilement les produits éco-conçus est également à développer (i.e. système d'accréditation des labels par les pouvoirs publics).

Au niveau social, l'enjeu est de proposer au sein de l'entreprise des outils et des méthodes qui permettent non seulement de rassembler l'ensemble des salariés autour du projet d'éco-conception, mais aussi de favoriser la compréhension et le langage commun entre les différents métiers. Il est nécessaire de mener des recherches pour proposer des méthodes pour le développement de politiques RSE⁵⁴, pour mieux connaître les coûts internes de l'entreprise liés à la gestion de l'environnement, pour favoriser le partage des connaissances, pour valoriser les profils professionnels formés aux approches systémiques... Le développement de nouveaux dispositifs de formation en vue d'une requalification des emplois et d'une montée en compétence dans l'entreprise est attendu.

Axe 4 : améliorer la connaissance des interactions entre acteurs pour mettre au point de nouveaux modes de gouvernance

La création de modes collectifs et de réseaux, préconisés dans les processus d'éco-conception et d'écologie industrielle, n'est pas spontanée et requiert de nouveaux outils de gouvernance. L'objectif est de rassembler, d'accompagner et de faire progresser ensemble des acteurs et des domaines d'expertises qui ont recours à des valeurs et des langages différents, sans perdre la valeur ajoutée de chacun, de sécuriser la circulation de l'information, les niveaux de

⁵⁴ Responsabilité sociétale (ou sociale) des entreprises.

confidentialité, et de pérenniser la confiance entre les différents acteurs. Il serait notamment utile de connaître les conditions et les principes qui conduisent les entreprises à s'engager dans un projet d'écologie industrielle, avec l'interdépendance que cela suppose.

Les nouveaux modes de gouvernance à mettre au point doivent être robustes face au risque de dysfonctionnements, qui surviennent généralement du fait de divergences d'intérêts ou de priorités entre les acteurs, ou plus simplement de l'inertie intrinsèque d'un fonctionnement en réseau. La prise en compte de la différence de temporalité entre les acteurs est indispensable dans la mise au point d'un mode de gouvernance.

Les partenariats entre plusieurs entreprises doivent être recherchés quand ils permettent de trouver des solutions plus intéressantes. De tels partenariats entraînent des gains mutuels, mais de nouvelles solutions juridiques sont à développer pour qu'ils restent pérennes et s'affranchissent des risques d'interdépendance. Il convient également de :

- développer des mécanismes adaptés de gestion de la propriété intellectuelle ;
- développer des modes de formation adaptés à tous types d'entreprise visant à augmenter la capacité des acteurs à travailler en mode pluridisciplinaire et collaboratif sur des sujets complexes ;
- explorer les possibilités en termes de garanties ou d'assurances.

Au-delà des entreprises, il est important d'étudier des déterminants des comportements individuels et collectifs des acteurs pour qualifier le potentiel des nouveaux marchés et anticiper les évolutions organisationnelles de l'entreprise et de la société. La place du consommateur, les instruments incitatifs et les stratégies de communication à son attention doivent être réfléchis dans la définition même du mode de gouvernance. Il s'agit aussi d'intégrer le développement de l'éducation, voire de la formation (i.e. apprendre à réparer ou fabriquer soi-même).

L'identification et l'expérimentation des leviers au changement de comportement individuel et collectif vers des pratiques plus éco-responsables sont une priorité. Il s'agit par exemple de caractériser l'influence des prescripteurs et le lien entre changement de comportement et liberté individuelle, d'identifier les niveaux de confiance requis entre les acteurs mais aussi entre les individus, d'approfondir la notion de « besoin ».

Enfin, les réseaux sont exposés aux risques systémiques. Dans le cas où tous les acteurs d'un réseau sont interdépendants, la fragilité (économique, sociale, environnementale...) de l'un d'entre eux peut impacter les autres dans des réactions en chaîne difficiles à maîtriser ou à compenser. Une meilleure compréhension de ces phénomènes est nécessaire.

Axe 5 : combiner des approches technologiques, méthodologiques et de nouveaux modes de gouvernance : multiplier les références en écologie industrielle

Les entreprises ont aujourd'hui un réel intérêt à optimiser la gestion de leurs flux. De même, pour les acteurs publics, une idée-force est de tendre vers des circuits économiques courts, avec des flux circulaires de matières et d'énergie à l'échelle d'un territoire, à travers son tissu industriel. L'analyse des flux entrants et sortants générés par les activités de production permet de mettre en évidence des synergies potentielles, mais également de révéler des opportunités de développement. Il s'agit d'optimiser :

- la valorisation et l'échange de flux industriels (eaux industrielles, déchets et coproduits, énergie, etc.) ;

- l'adaptation des procédés industriels à l'utilisation de flux qui ne sont pas strictement identiques à ceux utilisés plus classiquement ;
- la mutualisation des services aux entreprises (gestion collective des déchets, collecte et réutilisation des eaux pluviales, transport, etc.) ;
- le partage d'équipements (chaudière, production de vapeur, unité de traitement des effluents, etc.) ou de ressources (emplois en temps partagés, etc.) ;
- la création de nouvelles activités (activités d'interface nécessaires à la valorisation des sous-produits, développement de produits ou services à partir d'une nouvelle ressource identifiée, etc.), proposition de services autour de la mise en œuvre de synergies⁵⁵.

La démarche d'écologie industrielle va au-delà des approches technologiques et répond à une logique de mutualisation et d'échanges (équipements, déchets, matières premières, énergie, services...), qu'il convient de formaliser à travers des méthodes de management intégrées et d'intelligence collective. Elles trouvent en particulier leur pertinence à l'échelle des parcs d'activités ou des territoires, au sein desquels la proximité et la disponibilité des acteurs économiques sont censées favoriser la réalisation de telles synergies. Il s'agit de multiplier les approches qui permettront la mise en œuvre d'un travail collaboratif.

Au-delà des quelques références existantes sur le territoire national⁵⁶, des démonstrateurs d'écologie industrielle sont attendus, qui soient capables de rassembler des acteurs territoriaux dans une même dynamique et de passer d'une phase conceptuelle et méthodologique à la concrétisation pérenne d'un processus d'écologie industrielle s'appuyant sur des avancées technologiques. Les besoins de démonstrateurs existent aussi bien pour la création de nouveaux sites (par exemple sur des zones d'activités à développer) que pour l'adaptation de sites existants. Des retours d'expériences sont également à formaliser sur :

- les facteurs d'adhésion à des modes collectifs ;
- les modes d'animation et de médiation ;
- les risques perçus au lancement de la démarche par les différents types d'acteurs impliqués et les réponses apportées ;
- les facteurs de réussite et de déclenchement d'opérations collectives. Il existe des exemples où la technique est disponible et où les coûts ne sont pas un frein avec des acteurs motivés mais qui ne passent pas à l'acte. Il manque alors l'effet déclencheur.

55 A l'instar d'initiatives existantes à l'étranger telles que le programme national de symbiose industrielle NISP (*National industrial symbiosis programme*, www.nisp.org.uk) au Royaume-Uni ou le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI, www.cttei.qc.ca) au Québec.

56 Telles que Ecopal (Nord-pas-de-Calais) ou le Club d'écologie industrielle de l'Aube (Champagne-Ardenne).

Annexe : Les quatre phases de recherche et développement

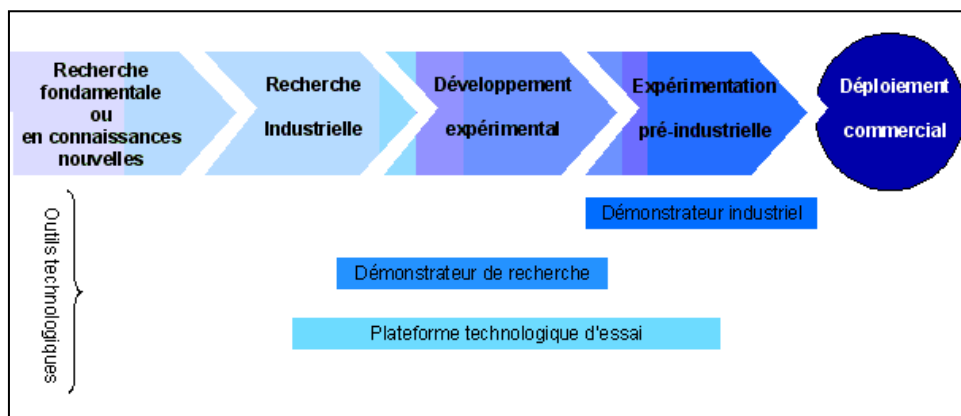
Les activités de recherche et développement peuvent se décomposer en quatre phases successives avant d'aboutir au déploiement commercial. Il s'agit des phases de recherche fondamentale ou en connaissances nouvelles, de recherche industrielle, de développement expérimental et enfin d'expérimentation préindustrielle (voir figure ci-dessous)⁵⁷.

La **recherche fondamentale ou en connaissances nouvelles** comprend les activités visant à un élargissement des connaissances scientifiques et techniques non directement liées à des objectifs industriels ou commerciaux. Les résultats sont librement diffusés au sein de la communauté scientifique et plus largement dans celle des experts du domaine de connaissance visé.

La **recherche industrielle** comprend la recherche planifiée ou des enquêtes critiques visant à acquérir de nouvelles connaissances et aptitudes en vue de mettre au point de nouveaux produits, procédés ou services, ou d'entraîner une amélioration notable des produits, procédés ou services existants. Elle comprend la création de composants de systèmes complexes nécessaires à la recherche industrielle, notamment pour la validation de technologies génériques, à l'exclusion des prototypes commercialement exploitables.

Le **développement expérimental** comprend la concrétisation des résultats de la recherche industrielle dans un plan, un schéma ou un dessin pour des produits, procédés ou services nouveaux, modifiés ou améliorés, qu'ils soient destinés à être vendus ou utilisés, y compris la création de prototypes non commercialisables. Elle peut en outre comprendre la formulation conceptuelle et le dessin d'autres produits, procédés ou services, ainsi que des projets expérimentaux ou pilotes, à condition que ces projets ne puissent pas être utilisés industriellement ou exploités commercialement.

L'**expérimentation préindustrielle** se situe en aval des démonstrateurs de recherche et concerne, notamment, l'expérimentation de technologies à l'échelle de préséries avant de passer à l'industrialisation. Le développement de nouvelles technologies dans les domaines du recyclage, dont les cycles d'investissement sont particulièrement longs, présente des facteurs de risques importants, y compris dans des parties aval de développement technologique. Des opérations de démonstrations préindustrielles pour un équipement ayant atteint un premier stade de développement (les verrous technologiques étant levés), mais dont le lancement de la fabrication en série suppose d'en démontrer la viabilité technico-économique, pourront également être considérées.



57. Les trois premières phases sont définies dans l'encadrement communautaire des aides d'Etat à la recherche, au développement et à l'innovation (communication 2006/C 323/01, *JOUE* du 30/12/2006) et la 4^e phase dans les Investissements d'avenir, convention Etat-ADEME Action : « Economie circulaire » (*JORF* n° 0182 du 8 août 2010).