



**HAL**  
open science

## La conception durable (Partie I) : enjeux et outils

Bernard Yannou, Gwenola Bertoluci, Yann Leroy, Asma Ghaffari, François Cluzel

► **To cite this version:**

Bernard Yannou, Gwenola Bertoluci, Yann Leroy, Asma Ghaffari, François Cluzel. La conception durable (Partie I) : enjeux et outils. Centraliens, 2011, 609, pp.50-55. hal-00850651

**HAL Id: hal-00850651**

**<https://hal.science/hal-00850651>**

Submitted on 7 Aug 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## (Revue Centralien 2011)

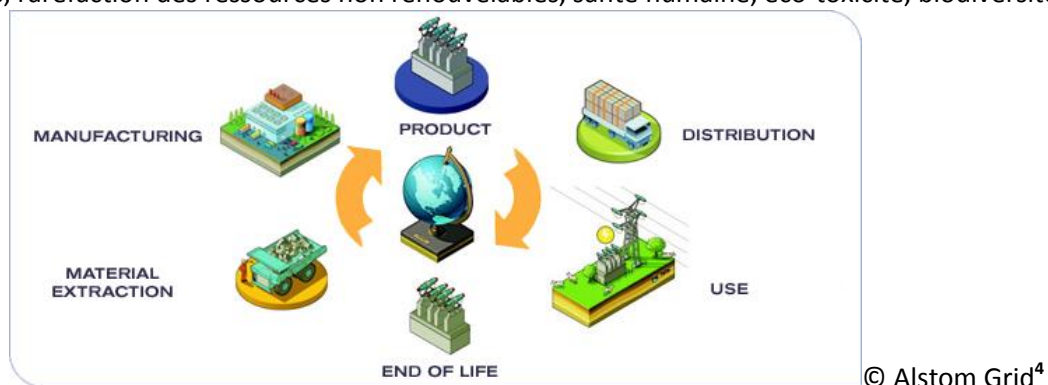
### La conception durable (Partie I) : enjeux et outils

« L'éco-conception est un enjeu national porté par la Direction Générale de la Compétitivité de l'Industrie et des Services (DGCIS), l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), les Chambres de Commerce et d'Industrie (CCI) et qui fait partie des investissements d'avenir pour le développement des entreprises françaises. »<sup>1</sup> La Loi de finances rectificative n°2010-237 du 9 mars 2010 (Grand emprunt - Investissements d'avenir) a ouvert ainsi 250M€ pour financer l'action « économie circulaire » qui inclut l'éco-conception<sup>2</sup>. Derrière ces effets d'annonce, la conception durable (terme plus général qu'éco-conception) des biens, des produits et des processus s'avère être une orientation capitale pour la planète ainsi que pour notre pays. C'est également devenu un des objectifs de recherche majeurs du Laboratoire Génie Industriel de Centrale.

La conception durable se définit, quand on se réfère à la définition originale de la durabilité<sup>3</sup>, comme la conception d'un bien, d'un service ou d'un processus ayant des caractéristiques « soutenables », dans la durée, des points de vue économiques, sociétaux et environnementaux. Depuis quelques années, la conception durable bouleverse considérablement les industries de biens et de services, nous en donnerons quelques aperçus au travers de travaux actuels que nous menons en partenariat avec des industriels en nous focalisant particulièrement sur les performances environnementales de la conception durable.

#### Penser cycle de vie pour repenser nos activités

Intégrer les performances environnementales dans la conception des biens, services et processus, amène à changer de fond en comble non seulement les outils et méthodes mais la façon de penser, le système industriel lui-même et la société : les modes de consommation, le comportement des citoyens et la législation. En effet, il faut maintenant dès la conception mais aussi à tout moment **penser cycle de vie** (du bien, service ou processus) en imaginant pour toutes les phases du cycle de vie (extraction des matières premières, fabrication des composants, assemblage final, transports divers dont distribution, utilisation(s) et fin de vie) les consommations de ressources et les rejets (dans l'air, l'eau, les sols) occasionnant des impacts environnementaux divers à plus ou moins long terme et à échelles plus ou moins locales (réchauffement climatique, acidification de l'air et des océans, raréfaction des ressources non renouvelables, santé humaine, éco-toxicité, biodiversité...).



<sup>1</sup> Extrait de la mission « Compétitivité durable des entreprises » de la DGCIS.

<sup>2</sup> Voir aussi le rapport « Pour une consommation durable » du 27 janvier 2011, [http://www.strategie.gouv.fr/article.php?id\\_article=1342](http://www.strategie.gouv.fr/article.php?id_article=1342), page 56

<sup>3</sup> *A sustainable development is a development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.* [Brundtland commission, 1987]

<sup>4</sup> Plusieurs schémas de cet article sont utilisés avec l'aimable autorisation d'ALSTOM GRID.

Il faudrait tendre dans l'idéal à être en économie circulaire (réutiliser les matières recyclées en fin de vie) mais aussi avoir des cycles de vie vertueux (pas de consommations de matières et d'énergies non renouvelables et pas de rejets impactant). On est bien encore très loin du compte. Nous proposons 6 moyens pour tendre vers cet idéal :

1. **Réduire les intrants** dans les phases de cycle de vie. C'est d'abord réduire la **masse** qui est proportionnelle à la quantité de matière utilisée et à l'énergie en utilisation si cette masse est en mouvement (véhicule). Il est dans certains cas possible de presque entièrement **dématérialiser** certains biens (ex : certains suremballages) ou services (ex : l'informatisation des services administratifs, l'élimination du courrier postal...) ou processus (ex : diminuer ou éliminer le transport en rapprochant les logements des lieux de travail par des primes d'incitation serait salubre globalement à la société) ; il faut encourager fortement ces solutions. C'est aussi réduire le **volume** qui est proportionnel à l'emballage et à l'énergie en transport. Il faut réduire les **consommations** d'énergie (ex : bâtiments à basse consommation) et d'eau (utilisation possible des eaux de pluie). Il faut utiliser plus de **matières recyclées<sup>5</sup> et renouvelables<sup>6</sup>**. Enfin, il faut diminuer la part de **transport** dans la chaîne logistique (jusqu'au client final).
2. **Réduire les extrants**. Il faut favoriser le **recyclage** en fin de vie plutôt que l'enfouissement ou l'incinération. Pour cela, il est nécessaire de concevoir avec des **matières a priori recyclables<sup>7</sup>**, que les biens soient facilement et économiquement **démontables** de manière à séparer les matières et permettre de les **recycler effectivement<sup>8</sup>**. Réduire les déchets, c'est aussi essayer de faire d'un déchet une **matière première secondaire** qui soit noble pour une autre industrie, moyennant une purification éventuelle. Sur ce principe, **l'écologie industrielle**, bien trop peu développée dans notre pays, consiste à regrouper géographiquement des industries dont les extrants de l'une peuvent servir d'intrants à une autre, évitant également ainsi des traitements et transports coûteux. Il faut aussi de toutes les façons réduire les **rejets impactant**.
3. **Etre plus éco-efficent**, c'est-à-dire transformer plus efficacement les intrants en extrants : moins d'intrants et moins d'extrants pour une même part de service (on parle d'**unité de service**). Il ne s'agit pas ici simplement du rendement énergétique, mais bien d'un travail de fond en conception sur les usages réellement désirés pour moins « ponctionner » et « impacter » l'environnement de manière à produire une quantité donnée de service final (ex : *recouvrir 1 m<sup>2</sup> d'un mur d'une peinture blanche opaque pendant 10 ans*).
4. **Augmenter la durée de vie des biens et l'efficacité des services** (les services sont par définition éphémères). Il va bien falloir « revenir » à plus de vertu quant au renouvellement des biens. A l'avenir, la **conception modulaire** des produits et un **service après-vente** effectif et équitable devraient permettre une véritable gestion des organes d'un bien pour retarder ou même faire disparaître sa fin de vie. On pourrait donc voir apparaître des modes de **gestion différenciée de l'obsolescence des organes** d'un bien, voire de **e-maintenance préventive** à distance par le producteur-mainteneur. Augmenter la durée de vie peut aussi se traduire par une **réutilisation de pièces** en fin de vie du produit principal ou une **restauration** de ces pièces (ex : rechapage de pneus).
5. **Passer des produits aux services et changer les modèles économiques**. Il a été montré que le fait de vendre aux clients les services d'un bien plutôt que le bien lui-même (on parle de **vente d'éco-fonctionnalités**) permet de réduire énormément les flux matière et énergie. En effet, c'est le fabricant qui reste propriétaire du produit sur toutes les phases de son cycle de

---

<sup>5</sup> Pour fixer les idées, le **taux de matière recyclée** dans la conception d'une voiture neuve est d'environ 20% de sa masse.

<sup>6</sup> A bases végétales mais en évitant le pétrole pour la transformation et le transport.

<sup>7</sup> Pour fixer les idées, le **taux de matière recyclable** d'une voiture en fin de vie est d'environ 95% de sa masse.

<sup>8</sup> Le **taux de matière effectivement recyclée** d'une voiture est d'environ 80% de sa masse hors valorisation énergétique (incinération) et organique (compost).

vie, alors que le client paiera l'unité de service effective<sup>9</sup>. Les deux acteurs, en changeant leur **périmètre de propriété et responsabilité**, auront tous deux tendance à avoir des comportements vertueux : un comportement économe pour le client et un comportement orienté vers la conception efficace et la R&D pour le producteur-mainteneur (augmentation de la durée de vie du bien par conception modulaire, maintenance préventive ainsi que recherche de diminution des flux matière et énergie en utilisation).

6. **Changer les modes de consommation.** La généralisation des étiquettes environnementales en Europe au 1<sup>er</sup> janvier 2011 pour les produits de consommation nous permettront à court terme d'acheter en comparant prix, performances environnementales (principalement le CO2) et la santé. Les prises de conscience des consommateurs, des distributeurs et des producteurs devraient s'accélérer.

L'histoire est en marche depuis plus de 15 ans sous l'impulsion des Directives Européennes : directive sur les déchets et le tri sélectif (ayant donné naissance à éco-emballage), véhicule hors d'usage (EoLV), limitation des substances dangereuses (RoHS), déchets électriques et électroniques (WEEE), régulation sur les substances chimiques (REACH), composés organiques volatiles (VOC), éco-conception des produits consommateurs d'énergie en utilisation (EuP). D'autres directives arrivent qui vont encore plus contraindre, régler et réformer les systèmes et filières industrielles, notamment au niveau des filières de recyclage<sup>10</sup>. L'évolution des cours du marché des quotas carbone devrait aussi beaucoup influencer l'offre durable des biens, services et processus. L'étiquetage carbone de la grande consommation devrait à terme aboutir bon gré mal gré à une comptabilité carbone individuelle qui serait dans un premier temps incitative pour les consommateurs (bons d'achats) et les citoyens (réductions de taxes locales).

Le Grenelle II a aussi en France donné une impulsion très positive sur la construction avec l'ambitieuse RT 2012 (régulation thermique) pour ne construire que des bâtiments à basse consommation (BBC).

Dans ces périodes mouvementées qui s'annoncent, il sera parfois difficile d'y voir clair car les outils et standards ne sont pas toujours là, on peut faire mal en voulant faire bien (on appelle cela un transfert d'impact ou de pollution à une échelle plus large du problème étudié), et il faudra savoir trier le bon grain (la vraie conception durable) de l'ivraie (le *green-washing*).

Examinons maintenant les outils et méthodes d'éco-conception.

### **La démarche, les outils et méthodes d'éco-conception**

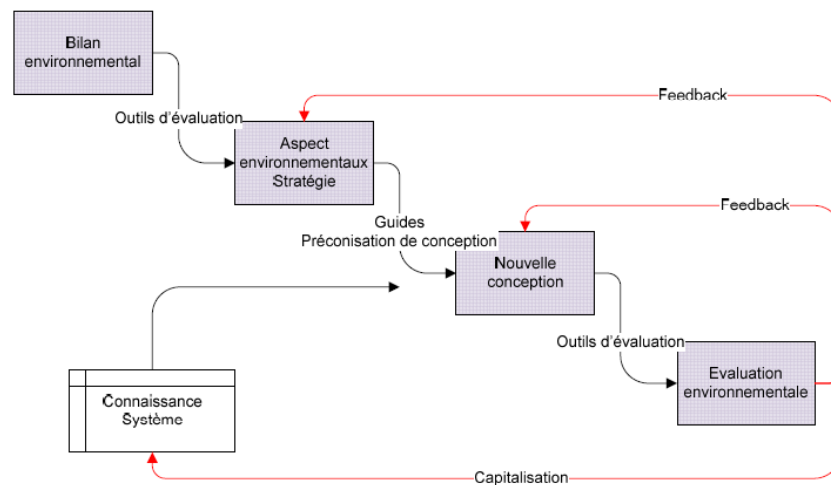
Faire de son organisation une organisation éco-concevante nécessite d'intégrer les principes sus-cités à différents étages de l'entreprise dans une démarche globale d'amélioration continue. Un bilan environnemental des biens et services produits par l'entreprise doit être effectué, mis en regard des biens et services du domaine et aboutir à un diagnostic. Une stratégie et des projets de R&D doivent être entrepris, des objectifs de performance d'entreprise clairement affichés. Par la suite, pour chaque développement de nouvelle ligne de produits ou services, des objectifs environnementaux doivent être déclinés par avance, des guides de conception utilisés pour s'orienter a priori vers des concepts de solution vertueux et des évaluations environnementales effectuées pour valider les profils environnementaux des concepts retenus. Chaque étage de cette fusée ne deviendra efficace

---

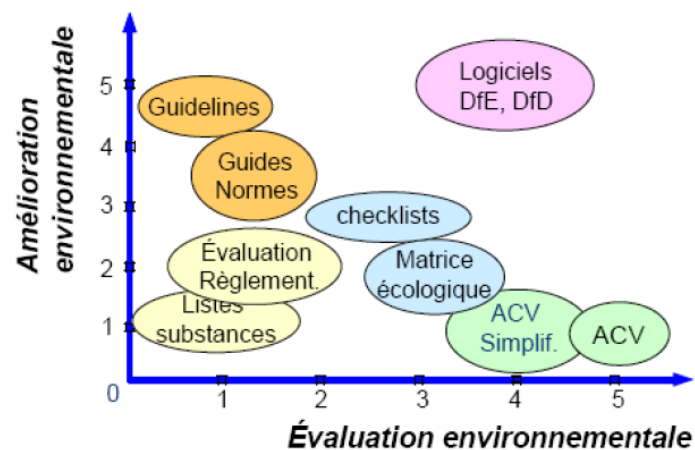
<sup>9</sup> L'exemple emblématique est celui du *leasing* des photocopieuses professionnelles Xerox.

<sup>10</sup> Entre 2009 et 2012, Ecoemballages s'est donné pour objectif de passer de 63% à 75% de recyclage des déchets des ménages français.

qu'à partir d'une certaine capitalisation des expériences passées ainsi que du positionnement des concurrents et d'une attitude proactive par rapport aux directives environnementales et au niveau de conscience et de coopération des fournisseurs (au travers des **achats responsables**) et des clients.



On distingue généralement deux types d'outils et méthodes : les outils d'**amélioration environnementale** et ceux d'**évaluation environnementale**. Ceux d'évaluation sont plus précis (quantitatifs) mais ne sont utilisables qu'une fois les produits, services et processus presque totalement définis. De ce fait, il est généralement trop tard pour influencer sur les décisions importantes effectuées en amont du processus de conception/développement. Les outils d'amélioration environnementale sont plus basés sur des règles et savoir-faire accumulés, ils permettent une bonne orientation a priori vers des solutions conceptuelles prometteuses.



Extrait de Janin [2000] et le Pochat [2005]

Parmi les **outils d'amélioration environnementale**, citons : la *Check-list environnementale*, la *Liste de substances à bannir*, le logiciel *Ecofaire*, le logiciel *Ecodesign Pilot*, les *Guides de bonnes pratiques* (ex : la matrice de compatibilité des plastiques minoritaires et majoritaires au sein d'un même produit destiné en fin de vie à être broyé et séparé après broyage, ou encore la matrice de compatibilité entre métaux ferreux et aluminium, inter et intra familles de matériaux), la *Roue de la Stratégie de l'Eco-conception de Brezet* et *Les 10 règles d'or de l'éco-conception de Luttrupp & Lagerstedt* qui sont des check-lists de directions pour éco-innover.

Parmi les **outils d'évaluation environnementale**, citons par ordre de précision croissante :

- Les outils de diagnostic qualitatifs (hors projet ou au sein d'un projet) et d'amélioration continue pour cibler assez précisément des zones d'amélioration : la *Matrice MET* (Matériaux Energie Toxicité), *l'Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie* (ESQCV) ou encore la *QFDE Quality Function Deployment for Environnement*.
- Les outils quantitatifs de bilans environnementaux menant à :
  - o Un bilan partiel selon un impact ou un aspect particulier : *Bilan Carbone*, *Water footprint*, la *méthode MIPS (Material Intensity Per Service)*, *SourceMAP* (outil gratuit géolocalisant les fournisseurs sur une mappemonde et estimant bien l'impact des transports, voire [www.sourcemap.org/](http://www.sourcemap.org/)),
  - o Un bilan complet : Bilan Produit (outil gratuit fourni par l'ADEME pour une estimation rapide des impacts environnementaux, et enfin les **approches d'Analyse de Cycle de Vie (ACVs ou écobilans)** qui sont les plus complètes (bases de données plus complètes, approches multicritères).

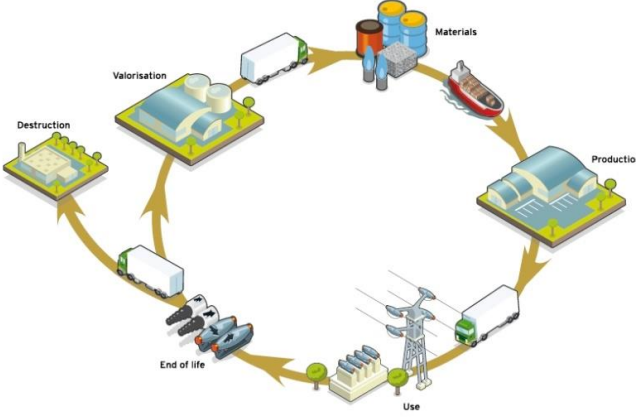
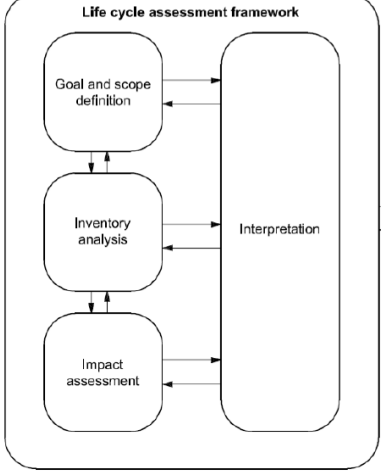

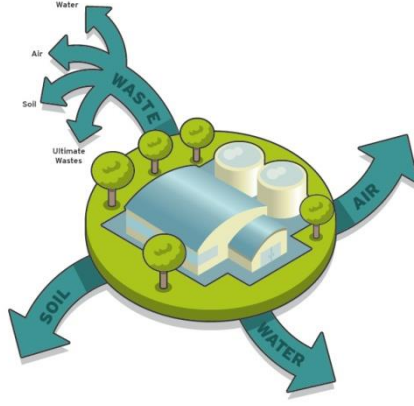
Citons enfin les **réglementations** (directives européennes et décrets français) et **normes** qui devraient être considérées comme stimulantes pour définir un cap d'amélioration continue et de différenciation concurrentielle. Parmi ces normes, celle de **l'étiquetage environnemental** (ISO 1402X) sont les plus importantes et nécessitent d'adopter une stratégie d'**éco-communication**. Il y a le choix entre les **auto-déclarations environnementales** (Type I, ISO 14024) nécessitant de démontrer une approche de travail, les **ecolabels** (Type II, ISO 14021) nécessitant de respecter des seuils de consommation ou de rejets par familles de produits et les déclarations de type III (ISO 14025), les plus contraignantes, comme par exemple les **Déclarations Environnementales de Produits** qui sont basées sur des ACVs certifiées par des organismes indépendants.

### Les Analyses de Cycle de Vie

Les ACVs ou écobilans sont des analyses multi-critères des impacts environnementaux d'un produit, service, processus ou organisation (ex : usine, entreprise). La démarche d'ACV est définie dans les normes ISO 14040 et ISO 14044. Après avoir proprement défini l'objectif de l'étude, un inventaire comptable des données nécessaires est réalisé suivi d'une simulation des impacts environnementaux (les aspects économiques et sociétaux ne sont malheureusement encore pas intégrés). L'inventaire des données concerne les flux matière et énergie intrants et sortants pour toutes les phases du cycle de vie d'une unité de service.

En pratique, l'ACV d'un produit nécessite bien plus que la nomenclature produit fournie par les logiciels de CAO, la connaissance des procédés de fabrication (de l'énergie utilisée), celle de l'origine de l'électricité utilisée dans les pays où les opérations de transformation sont réalisées, la nature des transports de la chaîne logistique, ainsi que le recyclage effectif dans les différents pays où les produits connaîtront leur fin de vie (c'est autant d'économisé lorsque c'est remis dans la boucle de production), sont nécessaires pour définir un profil environnemental. De nombreuses **hypothèses sur la vie du produit**, service ou processus sont ainsi à émettre, hypothèses qui ne font malheureusement pas souvent l'objet de prévisions, débats et qui ne sont même pas mémorisées. Bien plus, **l'usage même qui est fait des produits par les consommateurs modifie la consommation**

énergétique des produits en cours d'utilisation<sup>11</sup>, le taux de recyclage effectif, et surtout le taux de renouvellement dudit produit (qui est une savante combinaison entre la fiabilité du produit, son obsolescence fonctionnelle, et la lassitude ou volonté de changement du consommateur). Pour cela, rien n'est fait dans ce type de logiciels pour étayer ces hypothèses d'usage.

<p>Un inventaire des flux matière et énergie entrant et sortant au cours de chaque phase de cycle de vie (graphique</p>	<p>Une méthodologie de collecte de données, d'analyse et d'interprétation normalisée [ISO 14040]</p>
 <p>© Alstom Grid</p>	
<p>Des logiciels supports d'ACV compatibles avec des bases de données</p>	<p>Des indicateurs de profils environnementaux (4 à 18 selon)</p>
	 <p>© Alstom Grid</p>

Enfin, une fois les inventaires effectués sur des phases de cycle de vie probabilisées, les logiciels d'ACV (SimaPro, EIME, GaBi...) somment les consommations et les rejets élémentaires de substances tout au long des phases. Les consommations sont transformées en indicateurs intermédiaires dit *midpoints* (on en trouve 18 dans la méthode de calcul des impacts ReCiPe 2008) décrivant pour les experts les problèmes environnementaux comme l'acidification des sols, l'eutrophisation de l'eau, l'écotoxicité... Puis ces indicateurs sont à nouveau transformés en indicateurs ultimes dit *endpoint* s'adressant plus aux non experts et qui se réfèrent aux problématiques humaines : dangers sur la santé humaine, sur les éco-systèmes, sur l'épuisement des ressources naturelles... La grande difficulté de ces résultats multicritères, qu'ils soient *midpoint* ou *endpoint* est le peu de sens qu'ils évoquent dans l'absolu aux concepteurs ou managers. Il faudra à la fois travailler par comparaisons aux

<sup>11</sup> Par exemple, l'éco-conduite d'une voiture, l'entretien (détartrage) d'une cafetière...

solutions antérieures ou à celles des concurrents, ou bien rapporter ces impacts relativement au profil des impacts annuels d'un citoyen d'un pays donné. De plus, il sera nécessaire au sein d'une entreprise de définir ses **priorités d'amélioration des impacts**, en accord avec sa stratégie (clients, communication) pour en faire une clé de progrès continu et d'optimisation des produits et services.

**Cet article a permis d'énoncer les enjeux de la conception durable de produits, services, procédés et organisations. Les concepts utiles ont été définis, les outils et méthodes d'éco-conception présentés de manière synthétique en évoquant déjà quelques difficultés et limitations pour leur mise en œuvre.**

**Dans le prochain numéro, nous évoquerons trois exemples d'applications industrielles en conception durable.**

### Les auteurs



**Bernard Yannou** est Professeur et Directeur-Adjoint du Laboratoire Génie Industriel (LGI) de Centrale, il dirige l'équipe de recherche Systèmes de Développement de Biens et Services (SDBS) et coordonne les activités de recherche en éco-conception. Il anime la chaire « Bâtir Durable et Innover » de Bouygues Construction à Centrale (incluant aussi Supélec, l'ENPC et le CSTB).



**Gwenola Bertoluci** est Maître de Conférences à AgroParisTech et rattachée en recherche à l'équipe SDBS du LGI. Elle est une spécialiste de l'intégration de l'éco-conception en entreprise, de l'éco-innovation agroalimentaire, de l'éco-conception emballage/produit/logistique. Elle est intégrée dans le groupe de travail ADEME/AFNOR sur l'étiquetage environnemental des produits de grande consommation.



**Yann Leroy** est Docteur en éco-conception et Attaché Temporaire de Recherches au LGI. Il travaille sur la maîtrise des incertitudes des résultats d'une Analyse de Cycle de Vie. Il fait partie du Groupe de travail Eco-conception de l'AFNOR qui prépare le projet de Norme X30-U s'inscrivant dans les travaux d'élaboration de la future norme ISO 14006 « Environmental management system-Guidelines on eco-design ». Ce groupe a été mandaté par la commission de normalisation pour définir les propositions françaises pour compléter les normes ISO 14001 et 14062 et servir de support d'aide à des applications industrielles et sectorielles d'éco-conception.



**Asma Ghaffari** est Maître de Conférences au LGI. Elle s'intéresse aux problématiques qui découlent d'une considération plus durable des opérations logistiques et de pilotage de flux dans les chaînes logistiques. Ayant notamment travaillé sur les pratiques de coordination entre acteurs d'une chaîne logistique, elle étudie le potentiel de ces pratiques à amener une réponse collective aux préoccupations environnementales et sociétales grandissantes des acteurs économiques.



**François Cluzel** est doctorant au LGI, il travaille dans le contexte d'ALSTOM GRID au développement et à l'intégration de méthodes et d'outils d'éco-conception dans le processus de développement des systèmes électriques. Il s'intéresse en particulier à l'ACV de systèmes industriels complexes et à la valorisation des résultats auprès des clients par la mise en place d'outils adaptés. Ses travaux s'appliquent aux sous-stations de conversion AC/DC d'ALSTOM GRID.