

ENVIRONNEMENT

Ambiente e Territorio in Valle d'Aosta

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in A.P. - 70% - DCB Aosta

Anno XV ~ N° 47 ~ Agosto 2010 ~ ISSN-1720-6111

47



SPECIALE VAS
Valutazione
ambientale strategica



L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE

par THÉODORE BESSON ET SUREN ERKMAN

Écologie industrielle? Une expression intrigante qui semble à première vue contradictoire. Probablement parce que nous sommes habitués à considérer le système industriel, avec ses usines et ses villes, comme séparé de la Nature. L'intuition de base de l'écologie industrielle explore l'hypothèse inverse: la société «hyper-industrielle», tout comme les écosystèmes naturels, peut être décrite en tant que flux et stocks de matières, d'énergie, et d'information. Ainsi, un (éco)système industriel peut être considéré comme un cas particulier d'écosystème au sein de la Biosphère. En outre, le système industriel repose sur des ressources et des services fournis par la Biosphère. «Industriel» fait référence ici à l'ensemble des activités humaines, de l'agriculture aux transports, en passant par les services, le commerce et le tourisme, et pas seulement aux industries.

Cet article décrit le concept d'écologie industrielle, dont les outils permettent d'une part de diagnostiquer des problèmes économiques, sociaux et écologiques, et d'autre part de concevoir et d'appliquer des solutions pragmatiques, avec une approche systémique et interdisciplinaire. Ainsi, l'objectif de ce domaine de recherche en plein essor est double:

- contribuer à l'élaboration de stratégies opérationnelles de durabilité permettant de minimiser les impacts négatifs du système industriel;
- réorganiser le système économique dans son ensemble, pour le faire évoluer vers un fonctionnement viable à long terme et compatible avec la Biosphère.

Comprendre le système industriel

L'écologie industrielle (EI) dispose de méthodologies comme l'analyse de cycle de vie et l'analyse des flux

de matière et d'énergie. Ces outils aident à diagnostiquer les possibilités de minimisation des impacts environnementaux, aussi bien au sein d'une entreprise, d'un parc industriel que d'un territoire donné, permettant ainsi aux décideurs de mettre en oeuvre le développement durable. En particulier, le «métabolisme industriel» s'intéresse à l'étude de l'ensemble des composants biophysiques du système industriel. Cette démarche, essentiellement analytique et descriptive, vise à comprendre la dynamique des flux et des stocks de matière et d'énergie liés aux activités humaines, depuis l'extraction et la production des ressources jusqu'à leur retour dans les cycles biogéochimiques. L'EI s'inspire des connaissances sur les écosystèmes biologiques pour déterminer les transformations susceptibles de rendre le système industriel compatible avec un fonctionnement «normal» de la Biosphère. La

perspective de l'EI correspond à un changement de paradigme, puisque la nature est utilisée comme un modèle dont on copie les cycles et les écosystèmes, et non comme un simple «fournisseur» de ressources ou une limite biophysique.

Concrètement, l'EI présente trois spécificités:

1. Elle se base sur un cadre conceptuel très large et rigoureux: l'écologie scientifique, mais aussi les sciences naturelles et celles de l'ingénieur.
2. Elle se caractérise par une stratégie opérationnelle, économiquement réaliste et socialement responsable.
3. Elle se fonde sur une approche coopérative, en ne visant pas à accroître la viabilité et la compétitivité des entreprises individuelles, mais en proposant une approche systémique et collective, nécessitant la coopération de nombreux acteurs économiques qui d'habitude s'ignorent ou sont en compétition.

De nombreuses entreprises comme AT&T, General Motors, Xerox, ou Dow intègrent l'EI dans leur réflexion stratégique. En France, on peut également mentionner Electricité de France, Gaz de France, Veolia, Lafarge, etc. La raison de cet intérêt réside dans le fait que cette approche, en visant un usage optimal des ressources à l'échelle systémique (un réseau d'entreprises, un territoire, une région, etc.), représente un

outil stratégique de survie et de développement pour les entreprises, et d'attractivité socio-économique pour les territoires.

Il n'existe pas pour l'instant de définition unique et «officielle» de l'EI, mais on reconnaît dans ce concept les éléments suivants:

- C'est une vision globale, intégrée, de tous les composants du système industriel et de leurs interactions avec la Biosphère.
- Le substrat biophysique du système industriel, c'est-à-dire la totalité des flux et des stocks de matière et d'énergie liés aux activités humaines, constitue son domaine d'étude et d'action, par opposition aux approches usuelles, qui considèrent l'économie essentiellement en termes d'unités de valeur monétaire, immatérielles.
- La dynamique technologique, c'est-à-dire l'évolution sur le long terme de grappes de technologies-clés, constitue un facteur crucial (mais pas exclusif) pour favoriser la transition du système industriel actuel vers un système viable, inspiré par le fonctionnement des écosystèmes biologiques.

Les parcs éco-industriels

Au sein des écosystèmes naturels, certaines espèces se nourrissent des déchets ou des organismes d'autres espèces. Par analogie, on pourrait imaginer un processus similaire de

«chaînes alimentaires industrielles» valorisant les déchets entre différents agents économiques. Ainsi, le concept de «parc éco-industriel» est apparu au début des années 90: une zone où les entreprises coopèrent pour optimiser l'usage des ressources, en valorisant mutuellement leurs déchets d'une entreprise, qui servent de matière première pour une autre (figure 1).

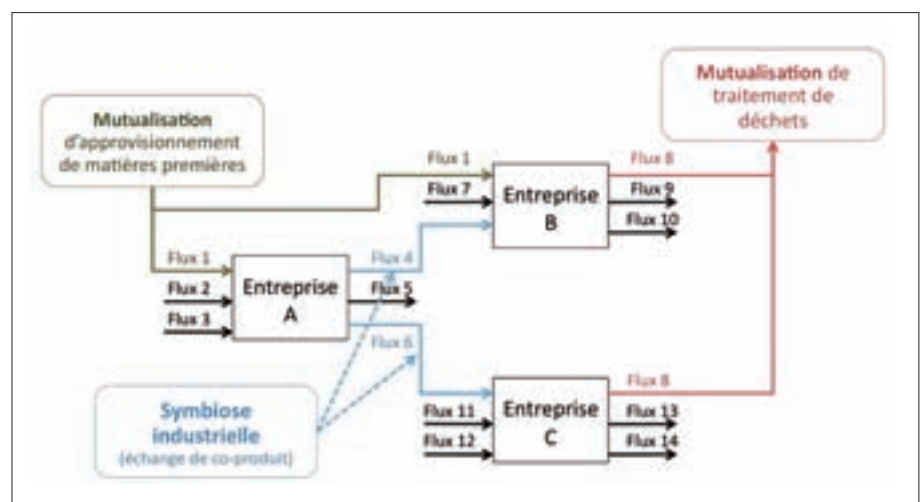
On ne se contente alors pas simplement de recycler des déchets au coup par coup, mais on vise à valoriser systématiquement l'ensemble des ressources dans une région donnée. Un exemple célèbre de zone éco-industrielle se trouve au Danemark, dans la ville de Kalundborg, où depuis une trentaine d'années des grandes entreprises pratiquent une «symbiose industrielle» à grande échelle. Depuis, on a assisté à une floraison de projets de parcs éco-industriels, en Europe (Grande-Bretagne, Hollande, etc.) et en Amérique du Nord, ainsi qu'en Asie (Thaïlande, Philippines, Chine, etc.), où le concept d'EI est clairement perçu comme une stratégie permettant d'accroître la compétitivité économique.

Les biocénoses industrielles

En biologie, le concept de biocénose se réfère au fait que, dans les écosystèmes naturels, les différentes espèces d'organismes se rencontrent

Figure 1: Types de synergies au sein d'un réseau éco-industriel.

Mutualisation d'approvisionnement (flux entrants) et de traitement de déchets (flux sortants) et symbiose industrielle. Source: G. Massard, bureau SOFIES, Genève (CH), d'après C. Adoue, 2005.



toujours selon des associations caractéristiques. Ainsi, il existe aussi des «espèces clés» dans les biocénoses industrielles. Par exemple, les centrales thermiques constituent à l'évidence l'une des principales «espèces». Il est possible d'envisager toute une série de complexes éco-industriels autour des centrales thermiques (au charbon, pétrole, gaz, mais aussi nucléaires), vu l'ampleur des flux de matière en jeu et la quantité considérable d'énergie gaspillée sous forme de chaleur. On peut ainsi chercher à déterminer les «bonnes» associations et les meilleurs panachages d'activités industrielles. Au lieu d'implanter isolément une unité de production de sucre de canne, on devrait, dès le départ, songer à réaliser un complexe intégré visant à optimiser les flux de matière et d'énergie en associant au moins une papeterie, une raffinerie et une cen-

trale thermique, afin de valoriser les différents sous-produits de la canne à sucre. On peut ainsi envisager des complexes «pulpe-papier», «engrais-ciments», «aciéries-engrais-cimenteries», etc. Des exemples partiels et spontanés de tels complexes existent depuis longtemps, mais il s'agit désormais de les développer de manière explicite et systématique. En Suisse, de telles approches sont en cours de mise en oeuvre, notamment dans les cantons de Genève et du Valais (figure 2).

Enjeux pour la planification et l'usage du territoire

Pour les collectivités locales, l'enjeu concerne également le développement économique: la valorisation de l'ensemble des flux de matière et d'énergie sur un territoire donné peut amener de nouvelles entreprises à venir s'installer pour trai-

ter ou tirer profit de ressources jusqu'alors inutilisées (chaleur perdue, sous-produits divers, etc.). Dans cette optique, il est probable que les études de métabolisme régional vont connaître un intérêt croissant, car elles permettent d'optimiser l'usage des ressources à disposition, et également de détecter des ressources non- ou sous-utilisées, qui pourraient devenir la source de nouvelles activités économiques. L'approche du métabolisme régional pourrait devenir un outil crucial pour renforcer les stratégies de planification du développement économique au niveau régional (mais également local et national), et donc gérer le territoire à différentes échelles.

Les quatre axes de l'éco-restructuration

Concrètement, un des enjeux de l'EI consiste à restructurer en profondeur

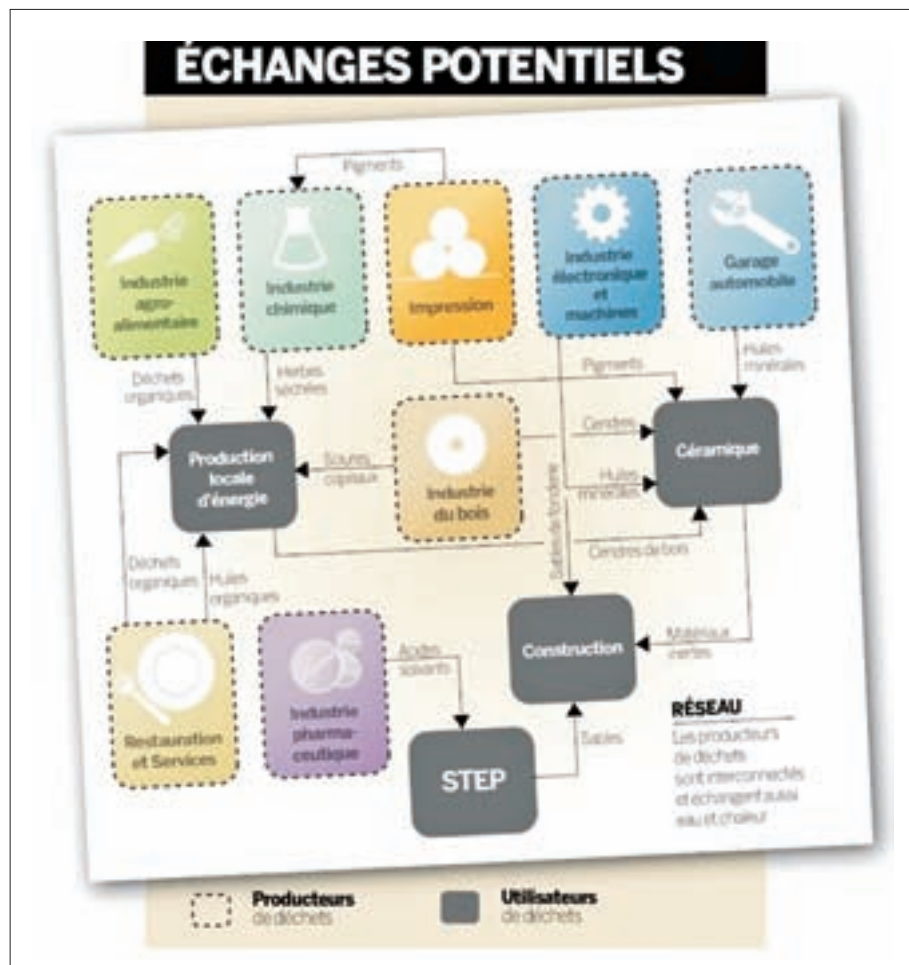


Figure 2: Exemples des échanges potentiels de flux de matière et d'énergie au sein d'un réseau éco-industriel à Genève. Après analyse par des intrants et des sortants de chacune des entreprises (figure 1), il s'agit d'évaluer quelles synergies pourront être mises en oeuvre. Cette gestion des ressources et des déchets est à la fois plus économique et plus respectueuse de l'environnement. STEP: station d'épuration des eaux. Source: bureau SOFIES, Genève (CH).

le système industriel, pour le faire évoluer vers un mode de fonctionnement viable à long terme, compatible avec la Biosphère. Il s'agit de relever un quadruple défi «d'éco-restructuration»:

1. *Valoriser systématiquement les déchets*: il faut créer des réseaux éco-industriels d'utilisation des ressources et des déchets dans les écosystèmes industriels. Le recyclage ne constitue donc qu'un aspect de cette stratégie de valorisation en cascade des flux de matière.

2. *Minimiser les pertes par dissipation*: dans les pays industrialisés, la consommation et l'utilisation polluée souvent plus que la fabrication. Les engrais, les pesticides, les pneus, les vernis, les peintures, les solvants sont autant de produits totalement ou partiellement dissipés dans l'environnement lors de leur usage normal. L'idée est de concevoir de nouveaux produits et services minimisant ou rendant inoffensive cette dissipation.

3. *Dématérialiser l'économie*: il s'agit de minimiser les flux totaux de matière et d'énergie tout en assurant des services équivalents. Le progrès technique permet d'obtenir plus de services avec moins de matière, en fabricant des objets plus légers, ou en substituant les matériaux. Mais attention aux «effets rebond», car des produits moins massifs peuvent avoir une durée de vie réduite, et donc consommer en fin de compte plus de ressources et générer plus de déchets. Une manière de dématérialiser l'économie consiste à optimiser l'utilisation, autrement dit à vendre l'usage au lieu de l'objet. Cet objectif implique des stratégies comme la durabilité, la location, la vente de l'usage plutôt que celle de l'objet: un fabricant de photocopieurs qui vend le service «photocopies» au lieu de la machine, à tout intérêt à ce que son photocopieur, dont il reste propriétaire, nécessite le moins de matière possible, ait une durée de vie la plus longue possible, soit aisément recyclable, etc.

4. *Décarboniser l'énergie*: le carbone sous forme d'hydrocarbures d'origine fossile (charbon, pétrole, gaz) représente l'élément principal irriguant les économies industrielles. Or, il se trouve à la source de nombreux problèmes: intensification de l'effet de serre, smog, marées noires, pluies acides. Il faut donc rendre la consommation d'hydrocarbures moins dommageable (par exemple en récupérant le CO₂ issu de la combustion) et favoriser la transition vers une diète énergétique moins riche en carbone fossile (énergies renouvelables, économies d'énergie).

L'évolution du système industriel

Les connaissances sur l'évolution de la vie sur Terre offrent des perspectives pertinentes pour réfléchir sur l'évolution du système industriel, qui résulte également d'une longue histoire évolutive. Au début de la vie, les ressources potentielles étaient si vastes, et la quantité d'organismes si minime que leur présence exerçait un impact négligeable sur les ressources disponibles. Cela représentait un processus linéaire de flux de matière indépendants, avec des déchets pouvant être produits de manière illimitée. La vie a pu assurer les conditions de son développement à long terme, dont la société industrielle pourrait s'inspirer, grâce à une longue succession d'«inventions»: fermentation anaérobie, puis aérobie, puis photosynthèse.

L'analogie entre les débuts de la vie sur Terre et le fonctionnement de l'économie moderne est frappante: le système industriel actuel est une collection de flux linéaires qui s'ignorent entre eux. Ce fonctionnement, consistant à extraire des ressources et à rejeter des déchets, se trouve à la source de nos problèmes environnementaux. Pour devenir viables, les écosystèmes biologiques ont évolué jusqu'à devenir presque entièrement cycliques, entraînant la disparition de la distinction entre ressources et

déchets, les déchets d'un organisme constituant une ressource pour un autre. Au sein d'un tel système, les nombreux cycles, interconnectés et auto-entretenus par l'énergie solaire (seul apport de l'extérieur), fonctionnent sur des échelles temporelles et spatiales variées. Idéalement, la société industrielle devrait s'approcher autant que possible d'un tel écosystème.

En conclusion, l'EI s'intéresse à l'évolution du système industriel dans sa globalité (à l'échelle régionale, voire planétaire) et à long terme, en préconisant l'utilisation des écosystèmes naturels comme modèle pour l'ensemble des activités anthropiques. L'idée sous-jacente est la coévolution des systèmes industriels, socioéconomiques et naturels, les acteurs de l'économie devenant ainsi des instruments cruciaux pour limiter les impacts sur l'environnement, au lieu d'être simplement la source de désagréments. Le recyclage des déchets n'est plus une fin en soi et le problème d'environnement ne constitue qu'un aspect, parmi d'autres, de l'EI, qui oeuvre pour l'avènement d'un système industriel plus élégant, c'est-à-dire capable de générer plus de richesses et de bien-être avec moins d'impacts sur la Biosphère. □

Pour en savoir plus:

• Suren Erkman, *Vers une écologie industrielle*, éditions Charles Léopold Mayer (2004).