



HAL
open science

Écologie industrielle : le secteur agroalimentaire comme point de départ pour une organisation écosystémique des activités humaines

Catherine Figuière, Renaud Metereau

► To cite this version:

Catherine Figuière, Renaud Metereau. Écologie industrielle : le secteur agroalimentaire comme point de départ pour une organisation écosystémique des activités humaines. Colloque interdisciplinaire sur l'écologie industrielle et territoriale (COLEIT), Université de technologie de Troyes, Oct 2012, Troyes, France. halshs-00750839

HAL Id: halshs-00750839

<https://shs.hal.science/halshs-00750839>

Submitted on 12 Nov 2012

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.

Colloque interdisciplinaire sur l'écologie industrielle et territoriale
COLEIT – Université de technologie de Troyes, 17 et 18 octobre 2012

ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE

**LE SECTEUR AGROALIMENTAIRE COMME POINT DE DEPART POUR UNE ORGANISATION
ÉCOSYSTEMIQUE DES ACTIVITÉS HUMAINES.**

Catherine Figuière

Maître de conférences, HDR
Directrice du CREG EA 4625, UPMF
BATEG – Bureau 14
BP 47 - 38040 Grenoble Cedex 9
Catherine.Figuier@upmf-grenoble.fr

Renaud Metereau

Doctorant allocataire au CREG, UPMF
BATEG - Bureau 403
BP 47 - 38040 Grenoble Cedex 9
renaud.metereau@upmf-grenoble.fr

Mots clés : Ecologie industrielle, développement durable, agroalimentaire, territoire.

Résumé

Les nombreux travaux sur l'écologie industrielle font désormais apparaître deux grandes approches. Pour certains auteurs elle constitue un outil d'éco-efficience des systèmes économiques existants. Pour d'autres, sa mise en place correspond à une évolution radicale des systèmes d'activités humains. Dans le cadre de cette seconde acception, ce texte cherche à montrer en quoi le secteur agroalimentaire pourrait constituer un point de départ pertinent pour amorcer les évolutions inhérentes à la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle. L'ancrage au territoire de l'activité agricole constitue dès lors l'un des principaux arguments à développer.



Suite à la parution de l'article de Frosh et Gallopoulos en 1989, la notion d' « écologie industrielle » (EI) a permis de rassembler un ensemble de travaux académiques se basant sur le rapprochement entre écosystèmes naturels et systèmes industriels [Erkman, 1997]. Dès lors, l'étoffement progressif de la littérature, l'émergence de débats, la formation de nouveaux concepts, ont contribué à faire peu à peu de l'EI une discipline à part entière. Néanmoins, les discussions relatives aux frontières de cette discipline encore émergente restent très vives et conditionnent la portée que pourra avoir l'EI, notamment au regard de la nécessité de trouver des moyens d'opérationnalisation d'un développement plus durable : d'un simple outil d'analyse au service de l'éco-efficience, à un renouveau paradigmatique.

Pourtant, vingt-cinq ans après la parution du Rapport Brundtland et au lendemain du sommet Rio+20, alors que l'urgence écologique est plus que jamais d'actualité, les solutions concrètes et opérationnelles susceptibles de contribuer au dépassement de l'impasse environnementale restent marginales. L'accroissement constant de la population mondiale, l'émergence des « géants » d'Asie et d'Amérique Latine notamment, ou encore la volonté affichée de réduire substantiellement l'extrême pauvreté et la faim dans le monde, rendent sans cesse plus ambitieux les objectifs à atteindre. Dès lors, l'EI, comme toute autre tentative de mise en œuvre de stratégies durables de développement, ne paraît pas pouvoir se contenter d'ajustement en « surface ». L'humain semble aujourd'hui contraint de modifier en profondeur les structures et l'organisation des sociétés modernes afin de se conformer aux limites intrinsèques de la biosphère.

L'objectif de cette communication est double. Afin de positionner notre démarche, il convient tout d'abord de mettre en évidence la spécificité des deux approches de l'EI qui, bien que complémentaires par certains aspects, reflètent des démarches radicalement différentes. Une première approche peut être qualifiée de « technico-scientifique ». Elle vise schématiquement à améliorer l'éco-efficience des systèmes économiques existants, *via* la recherche du bouclage des flux de matières et d'énergie. L'approche « socio-économique » de l'EI quant à elle, cherche à aller au-delà des défis techniques générés par les opportunités de bouclage des flux, apparaît en effet comme un cadre de réflexion susceptible de guider une *réorganisation écosystémique* des sociétés modernes. Le texte aura alors pour ambition de montrer en quoi le secteur agroalimentaire peut être envisagé comme le secteur pertinent pour l'amorce d'une mise en œuvre de ce type de démarche d'écologie industrielle (DEI).

Une première section sera dédiée à la présentation de ce dualisme entre les démarches en écologie industrielle. Dans la deuxième, il s'agira de mettre en évidence la cohérence de l'approche qualifiée de « socio-économique » de l'EI, considérée ici comme plus en accord avec la métaphore écologique fondatrice de la discipline et plus à même d'inspirer une réelle transformation des structures sociétales modernes. En dernier lieu, le secteur agricole, en tant qu'interface entre systèmes humains et écosystèmes naturels, sera envisagé comme le « secteur clé » d'une (r)évolution écosystémique. Le statut de cette partie est un peu différent de celui des précédentes, il s'agit davantage, à ce stade de la recherche, de formuler une piste

de réflexion, les travaux liant écologie industrielle et agriculture restant à ce jour très peu nombreux.

1. LES TRAVAUX SUR L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE : DUALISME DES APPROCHES

L'écologie industrielle, en tant que discipline émergente [Erkman, 1997 ; Ehrenfeld 2000 ; Isermann, 2003], donne lieu à une littérature foisonnante, centrée notamment sur la recherche des frontières de la « discipline » : ce qui fait partie, ou pas, du champ de l'EI [Roome et Boons, 2000]. Dès lors, la question qui se pose est la suivante : les dimensions sociale, culturelle ou encore éthique, inévitablement liées à la mise en œuvre de l'EI doivent-elles être prises en compte et, de quelle manière ?

Du propre aveu d'Allenby [1999b], l'EI doit prendre en compte ces diverses dimensions de l'EI, au-delà de la question restreinte des échanges de matières et d'énergie au sein des systèmes d'activités humaines. Néanmoins, cette prise en compte ne doit pas, toujours selon Allenby, remettre en question « l'objectivité » de la démarche en EI. Les réflexions d'ordre éthique, social, culturel resteraient donc nécessairement en dehors du champ de l'EI, et devraient être prises en considération *via* des indicateurs « objectifs » :

« an industrial ecology approach should include an objective evaluation of the relevant potential economic, social, and cultural drivers and implications of any contemplated fundamental technology shifts. » [Allenby, 1999b : 3].

Cette prise de position ne fait pas consensus, la dimension normative de l'EI étant dans d'autres travaux plutôt envisagée comme un détour nécessaire, que comme une limite affaiblissant la rigueur des démarches en EI. Loin de donner lieu à une « mauvaise science » [Allenby, 1999b : 3], reconnaître et discuter explicitement la dimension normative de l'EI serait au contraire, plus conforme à une bonne pratique des sciences sociales :

« We want to make it possible to discuss and research the normative components of industrial ecology in the traditions of good social science, which studies, among other things, human actions, values, and conventions. » [Boons et Roome, 2000 : 51]

Deux catégories de démarche en Ecologie Industrielle peuvent dès lors être distinguées [Beaurain et Brulot, 2011]. Une première, dite « objective » [Allenby, 1999b], qualifiée de « technico-scientifique », vise à la mise en pratique immédiate des préceptes de l'EI. La seconde, ouvertement normative et plus théorique, qualifiée de « socio-économique » [Ehrenfeld, 2000 ; Cohen-Rosenthal, 2000 ; Hoffman, 2003], permet d'approfondir la réflexion sur les dimensions structurelles et organisationnelles du rapprochement entre systèmes industriels et écosystèmes naturels.

L'approche « technico-scientifique » de l'EI s'appuie sur « *une conception modélisante des notions écologiques* » [Hess, 2009 : 44]. Les « écologues industriels » [Jorda

et Vivien, 2005] cherchent ainsi à reproduire fidèlement les mécanismes écosystémiques de bouclage de flux de matières et d'énergie au sein de systèmes d'activités humains. Les notions de chaîne alimentaire, de biocénose, de symbiose... sont ainsi mobilisées pour caractériser, analyser et modifier les processus de production, d'échange et de consommation. Clé de voûte de la mise en œuvre de synergies industrielles, l'étude du métabolisme industriel appuie cette démarche. Il s'agit d'appliquer les méthodes d'analyses des métabolismes biologiques à l'étude du « métabolisme industriel ». Suren Erkman, pionnier de la divulgation de l'EI dans la littérature francophone, définit l'étude du métabolisme industriel comme suit :

« L'étude des ensembles 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 liées aux activités humaines, depuis l'extraction et la production des ressources jusqu'à leur retour inévitable, tôt ou tard, dans les processus biogéochimiques » [Erkman, 1998 : 10].

A partir de cette étape analytique, l'opportunité économique d'une coopération inter-entreprises pour la concrétisation d'échanges de co-produits peut être calculée. Dès lors, le principal défi de l'EI réside dans la capacité technique de transformation des processus de production en faveur du bouclage des flux de matières et d'énergie. La mise en pratique de l'EI repose dès lors sur la capacité des ingénieurs à *re-designer*, autant les produits que les procédés de fabrication et de commercialisation¹.

Concrètement, la mise en œuvre de l'EI donne alors naissance à un certain nombre de symbioses industrielles, dont celle Kalundborg au Danemark, devenue une référence en la matière [Erkman, 1998 ; Chertow, 2004]. Pour favoriser l'éclosion de nouvelles symbioses, les unités de production présentant de possibles synergies sont regroupées au sein de parcs éco-industriels [Coté et Cohen-Rosenthal, 1998], véritables « ilots de durabilité ». Ces regroupements reposent néanmoins sur un bouclage très partiel des flux de matières et d'énergie. La stratégie qui en découle consiste donc, au sein de structures sociétales inchangées², à réaliser un ensemble d'ajustements relatifs au design et au processus de production de façon notamment à réutiliser un ensemble de sous-produits et à économiser une part importante d'énergie.

La réalisation de ces ajustements dépend, dans cette optique, du calcul coûts/bénéfices de l'éco-efficience. C'est par le marché, et l'intégration monétarisée des externalités négatives de l'activité économique sur l'environnement que sont révélées de potentielles synergies productives. L'EI s'inscrit alors dans la lignée de *l'économie de l'environnement* [Ayres et

¹ Ici, on sous-entend la complémentarité entre les démarches d'écologie industrielle et l'émergence d'une « économie de la fonctionnalité ». A ce sujet, voir Bourg et Buclet, 2005.

² L'usage modélisant du rapprochement entre écosystème naturel et système industriel ne permet pas à l'écologie industrielle, si elle veut conserver sa cohérence scientifique et épistémologique, d'inspirer une quelconque évolution des sociétés modernes en dehors de systèmes d'activités déjà existants, que le modèle permet de réorganiser [Hess, 2009]

Kneese, 1969 ; Kapp, 1970] ou d'une *économie écologique* orthodoxe, caractérisées notamment par une conception « faible » de la durabilité³.

Sur la base du même rapprochement entre écosystème naturel et système industriel, l'approche « socio-économique » de l'EI développe quant à elle une démarche résolument différente. L'usage métaphorique⁴ des concepts écologiques est ici privilégié, plaçant d'emblée le chercheur dans une posture plus normative [Ehrenfeld, 2004a et 2007]. Il n'est alors plus possible de définir les « *propriétés objectives* » du système industriel sur le modèle de l'écosystème naturel. « L'écosystème industriel » est une vision, une interprétation de ce qui *devrait être*, selon une communauté scientifique qui entend s'inspirer du fonctionnement efficient des écosystèmes naturels pour transformer en profondeur les structures et l'organisation des sociétés modernes [Beurain et Brulot, 2011]. On s'intéresse dès lors aux dimensions sociale, culturelle ou politique d'une modification des structures sociétales suffisamment profonde pour que la portée de l'EI dépasse les frontières restreintes de parcs éco-industriels. L'EI serait alors en mesure d'inspirer, à l'échelle de territoires [Maillefert et Schalchli, 2012], un changement de paradigme dans le champ du développement et de sa durabilité [Ehrenfeld, 2000, 2004b] :

« the best route toward sustainability can be mapped by replacing the elements of the modernist social paradigm with a new set mimicking nature, bringing industrial ecology back to its foundation in the biological metaphor. »
[Ehrenfeld, 2007 : 82]

Cet usage métaphorique est plus « inconfortable » puisque l'adossement aux concepts de l'écologie doit dès lors être systématiquement justifié [Hess, 2009] En effet, les auteurs ne se contentent plus de s'appuyer sur des faits objectifs – la complémentarité entre deux espèces/unités de production –, mais établissent des normes – la nécessité d'une organisation écosystémique des sociétés modernes pour atteindre l'objectif de durabilité. L'écologie industrielle devient, de fait, une « science sociale ». Elle s'applique à des systèmes humains clairement différenciés des écosystèmes naturels, incompatible avec une simple vision « modélisante » de la nature :

« nature, which is shaped by Darwinian forces, lacks the moral compass needed to create culture and a just society. » [Isermann, 2008 : 29]

La réflexion porte alors sur des aspects beaucoup moins techniques, qui n'apparaîtront que dans un second temps. Il s'agit en premier lieu d'appréhender l'ampleur des changements à mettre en œuvre, de définir et d'articuler les différentes échelles territoriales sur lesquelles l'opérationnalisation de l'EI pourrait s'appuyer, de s'attarder sur les structures des économies modernes pour déterminer où, comment, par l'intermédiaire de quelle programmation, de

³ En opposition avec la durabilité forte qui se distingue par les trois critères suivants : faible substituabilité entre capital « créé par les hommes » et « patrimoine naturel » ; seuils d'irréversibilité ; valeur des biens environnementaux non nécessairement « monétarisable ».

⁴ « *The linguistic nature of metaphor is to take a quality from one place and bring it into another by invoking an image of what is meaningful in one place and carrying it into another where it is absent. Lakoff and Johnson (1980, 5) offer a useful insight on metaphor: "The essence of metaphor is understanding and experiencing one kind of thing in terms of another" (emphasis in the original).* » [Ehrenfeld, 2007 : 76]

quels mécanismes de gouvernance, pourrait être envisagé une (r)évolution profonde des mécanismes de production, de consommation et d'échange, afin que les systèmes d'activités humains puissent être réintégrés aux cycles normaux et aux limites intrinsèques de la biosphère.

Cette approche peut clairement être identifiée comme un prolongement à vocation opérationnelle des travaux de l'*écologie économique hétérodoxe*, en durabilité forte – ou d'une « *socio-ecological economics* » [Spash, 2011]⁵–, ou encore s'inscrire dans la lignée des travaux initiés par I. Sachs sur l'écodéveloppement. On notera à ce sujet que Sachs n'est jusqu'alors pas identifié comme l'un des contributeurs aux travaux sur l'Ecologie Industrielle en tant que discipline. Sans les nommer ainsi, les idées étaient pourtant présentes, notamment lorsqu'il parle de « *bio-industrialisation décentralisée* » [Sachs, 1990], ou encore, lorsqu'il propose, déjà, dans sa synthèse du projet de l'Écodéveloppement (1980 : 47) que :

« les impacts négatifs des activités humaines sur l'environnement [soient] réduits moyennant le recours aux procédés et formes d'organisation de production permettant de profiter de toutes les complémentarités et d'utiliser les déchets à des fins productives » [...] « les cycles écologiques fonctionnant ici comme un paradigme de la planification. » [Sachs, 1980 : 34-35].

Le tableau 1 propose une première synthèse de la typologie des différentes approches de l'Ecologie Industrielle qui vient d'être ébauchée.

⁵ « *the recognition that serious attention to environmental reality leads to the need for a totally new way of thinking based in political economy and interdisciplinary learning. [...] the raison d'être of Ecological Economics* » [Spash, 2011 : 343].

Tableau 1 : Les approches de l'écologie industrielle.

	Les approches de l'EI	
	« technico-scientifique »	« socio-économique »
Economie et environnement	<i>Environmental Economics</i> <i>Economique de l'environnement standard</i>	« <i>Socio-ecological economics</i> » [Spash, 2011] Ecodéveloppement [Sachs, 1980]
Développement durable	Durabilité faible	Durabilité forte
Nature du rapprochement entre système industriel et écosystème naturel	Analogie, la nature comme modèle [Hess, 2009]	Métaphore, la nature comme « source d'inspiration » ⁶
Démarche	Objective Quantitative Empirique/pratique	Normative Qualitative Théorique
Focus	Etude du métabolisme industriel Flux de matières et d'énergies	Déterminant sociaux, culturels, et politiques de la mise en œuvre de l'EI Changements structurels et organisationnels des sociétés humaines.
Approche disciplinaire	Approche ingénieriale (étude du métabolisme industriel) et micro-économique (viabilité des parcs éco-industriels)	Transdisciplinarité et économie politique
Approches systémiques	Systèmes fermés : parcs éco-industriels conçus comme des « îlots de circularité »	Systèmes ouverts : Transformer la société dans son ensemble. Intégration des enjeux et des solutions à diverses échelles spatiales.
Hidden philosophy of nature [Isenmann, 2008]	Objet/limites	Modèle ⁷

2. POUR UNE ECOLOGIE INDUSTRIELLE EXPLICITEMENT NORMATIVE ET NECESSAIREMENT TRANSDISCIPLINAIRE

Après avoir mis en évidence ce dualisme des approches en termes d'EI, l'objectif est dès lors de montrer les limites d'une approche dite « objective » de l'EI, qui, sans un travail préalable allant au-delà des seuls aspects techniques, non seulement limite la portée potentielle de la discipline, mais s'expose aussi à certaines incohérences, tant épistémiques, que strictement pratiques.

La neutralité affichée des approches « technico-scientifiques » de l'EI est d'abord à questionner au vu du double adossement idéologique qui les caractérise en réalité : « *le déterminisme technologique* » et « *le libéralisme de marché* » [Opoku et Keitsch, 2006]. Ne

⁶ « *Natural ecosystems, in my experience, offer the only worldly example available to humans of long-lived, robust, resilient living system, the characteristic of which are all features of the radical idea of sustainability [...]. Our own human history offers no similar source for paradigmatically distinct thinking. Three collective features of stable ecosystems seem very important: connectedness, community and cooperation. Other characteristics such as tightly closed materials loops and thermodynamically efficient energy flows offer important themes for technological and institutional design.* » [Ehrenfeld, 2000 : 237]

⁷ On respecte ici le terme employé par l'auteur, tout en soulignant l'amalgame entre modèle et métaphore, souligné par Hess [2009]. « *l'écologie industrielle ne se limite pas à des études de symbiose ou de métabolisme industriels. Sur ce plan théorique, au contraire, Ehrenfeld (2007) l'a bien compris : les concepts de l'écologie scientifique ne peuvent pas être réduits à des modèles. Ils expriment la vision singulière d'un chercheur ou d'une communauté de recherche (cf. Hess, 2003).* » [Hess, 2009 : 44]. On est donc plutôt dans un usage métaphorique des concepts de l'écologie scientifique. Le système industriel est « vu comme » un écosystème naturel, de façon à décrire « ce qui devrait être » (norme) selon le point de vue du chercheur, qui doit dès lors être explicité. « *My own normative vision for industrial ecology is based on the metaphor of ecosystems as flourishing or sustainable. Metaphor differs from analogy in that it can be generative, producing new visions of the world as it might be. Analogy [ou modèle pour Hess] is basically an analytic expression of similarity and is useful in engineering and problem solving* » [Ehrenfeld, 2007 : 76]

pas proposer de nouvelles normes ne suffit pas à justifier une démarche positive. En s'appuyant sur une situation « *business as usual* », les tenants de cette approche entérinent implicitement les mécanismes du libre marché et du progrès technique [Allenby, 1999a] comme les normes sur lesquelles se fondent les démarches d'EI. Dans cette perspective,

« Industrial ecology is a business-oriented initiative aiming to decrease the impact of business on the environment by promoting the 'win-win' of eco-efficiency i.e. that environmental savings (e.g., reducing material and energy consumption) can also bring cost savings. » [Deutz et Gibbs, 2008 : 1315]

En outre, même en faisant abstraction de cette première limite, la définition d'une démarche purement objective est toujours difficile à cerner. En effet, l'analyse du métabolisme industriel ou la mise en œuvre de synergies entre des unités productives complémentaires, sur la base d'une vision modélisante de l'écosystème naturel, ne pose guère problème [Hess, 2009]. Néanmoins, dans les faits, ces travaux techniques restent guidés par une conception contextualisée, se référant à une communauté scientifique donnée, de *ce que devraient être* des systèmes industriels et des sociétés modernes « durables ». Roome et Boons [2000] parviennent dès lors à la conclusion que l'écologie industrielle est « intrinsèquement normative ».

Sur le plan pratique, la manière dont l'écologie industrielle est aujourd'hui mise en œuvre, ou *a minima*, les prescriptions qui découlent d'une approche « technico-scientifique » de l'EI ne correspondent que de très loin au « modèle » écosystémique, y compris pour la simple concrétisation d'échanges de matières et d'énergie. Cela confirme, de fait, que le rapport à l'écosystème en EI est avant tout de nature métaphorique. Or l'usage métaphorique qu'en font les écologues industriels, soutenus notamment par des entreprises intéressées par la perspective gagnant-gagnant qu'offre l'EI – autant sur le plan comptable qu'en ce qui concerne l'image et la communication –, ne correspond qu'en très peu de points à un fonctionnement écosystémique. L'EI devenant ainsi, comme le craignait d'ailleurs Allenby [1999b], une sorte de coquille « fourre-tout » à l'image de certaines interprétations du développement durable :

« Companies, policy-makers, consultants, and scientists, however, use the concept in their activities. This means that industrial ecology is a cultural phenomenon, and in certain countries industrial ecology has taken on the form of a fad, or a hyper idea. Indeed, different social actors link their own activities and interests with industrial ecology because it serves their purposes. » [Boons et Roome, 2000 : 52]

Christophe Bey [2001] souligne ainsi la tendance selon laquelle les écologues industriels, fidèles à cette approche qualifiée d'« objective », tendent à se concentrer sur des acteurs industriels individuels (producteur de biens et fournisseurs de services) ou sur des groupes d'acteurs restreints (parcs éco-industriels), évitant ainsi la complexité d'une approche plus intégrée prenant en compte l'ensemble du système socio-économique. Cette séparation entre les activités productives et les autres activités qui caractérisent une société dans son ensemble, va à l'encontre d'une logique écosystémique beaucoup plus intégrative.

En effet, dans un écosystème naturel, la soutenabilité du système ne dépend pas des espèces prises une à une (individus), mais de sa structure d'ensemble. L'usage de ressources et d'énergie par les individus n'est soutenable que parce que le fonctionnement et les consommations de leur écosystème d'appartenance, dans son ensemble, est lui-même soutenable [Bey, 2001]. Or, en termes concrets, l'écologie industrielle telle qu'elle est généralement perçue et mise en œuvre aujourd'hui, tend à dévier de cette caractéristique, pourtant centrale, des écosystèmes naturels :

« Notwithstanding its vision of a systemic research field, in its application it is individualist (focusing on the producer, as an individual economic actor, and aggregations of producers) and global (relying on the present system of sourcing and trading worldwide), instead of communal and local, the characteristics of natural ecosystems. » [Bey, 2001 : 39]

« L'utopie ultime de l'écologie industrielle [qui] est de parvenir à un bouclage intégral des flux de matières et d'énergie » ne peut donc pas reposer sur « une analogie simpliste du fonctionnement d'un écosystème » [Buclet, 2011 : 162]. Pour arriver à implémenter des structures socio-économiques durables, l'écologie industrielle doit ainsi rester en accord avec ses « racines » [Bey, 2001] – la métaphore de l'écosystème naturel [Hess, 2009] –, et procéder par étapes.

Il apparaît évident que la mise en œuvre de l'EI ne peut devenir un phénomène généralisé du jour au lendemain. Autant la complexité des analyses que la profondeur des changements à mettre en œuvre l'interdisent. En cela, l'intérêt du parc éco-industriel en tant que laboratoire d'expérimentation, ou embryon de fonctionnement circulaire des activités humaines, mérite d'être souligné. Néanmoins, dans une approche « socio-économique », et considérant que la portée de l'EI est bien de nature paradigmatique et donc susceptible d'inspirer une nouvelle manière d'envisager le développement, il s'agit de ne pas s'interdire une autre voie d'implémentation de l'écologie industrielle. Puisque l'objectif est de transformer en profondeur les sociétés modernes [Hill, 2006], pourquoi ne pas amorcer le processus en se concentrant d'abord sur ce qui peut être considéré à la fois comme la base de la construction de ces sociétés et, comme l'interface entre les écosystèmes naturels et les systèmes d'établissement humains [Gomiero et al., 2006] : l'agriculture et, plus largement, les systèmes agroalimentaires. Le bouclage des flux matières et d'énergie au sein d'agroécosystèmes résilients et soutenables deviendrait alors la première étape de la mise en œuvre de l'EI.

3. REPENSER L'ORGANISATION DES SYSTEMES HUMAINS A PARTIR DU SECTEUR AGROALIMENTAIRE : PREMIERS JALONS.

Sur la base du précédent positionnement de notre approche, la piste de réflexion qui consiste à amorcer un processus de mise en œuvre de l'écologie industrielle en se focalisant en premier lieu sur le secteur de l'agroalimentaire, et par suite, sur les agroécosystèmes, peut

faire l'objet d'une première ébauche. Ce rapprochement entre une écologie dite « industrielle » et « l'agriculture » au sens large, peut paraître *a priori* contre-intuitif. Le secteur agroalimentaire apparaît pourtant à la fois comme le mieux placé, et le mieux outillé pour rendre opérationnel l'idée d'un bouclage des flux de matières et d'énergie au sein de sociétés modernes, à l'échelle des territoires et micro-territoires, tel que le préconise l'EI.

Premièrement, les pratiques écologiques en agriculture existent depuis toujours, et, après avoir largement été écartées au profit d'une agro-industrie « hors sol », elles sont aujourd'hui de nouveau plébiscitées pour faire face au changement climatique, à l'érosion des sols, à la baisse de la qualité nutritive des aliments, aux problèmes de santé causés par l'utilisation excessive de produits phytosanitaires, etc. [Dufumier, 2010]. Autant par les expériences ancestrales d'interdépendances avec la nature, que par les connaissances toujours plus fines du vivant et du fonctionnement des écosystèmes, l'agriculture constitue un secteur à l'avant-garde d'une réintégration des activités humaines aux cycles « normaux » de la biosphère. Ainsi, un rapprochement entre écologie industrielle et agriculture écologique apparaît comme prometteur [Hill, 2006].

Les pratiques agro-écologiques constituent en effet une expérience non négligeable de mise en œuvre d'une démarche également fondée sur le rapprochement entre écosystème naturel et systèmes d'activités humains :

« In its various conceptions, agroecology has been proposed as a new scientific discipline that defines, classifies and studies agricultural systems from an ecological and socio-economic perspective (Altieri, 1987). In addition to providing a methodology to diagnose the "health" of agricultural systems, agroecology should delineate the ecological principles necessary to develop sustainable production systems. » [Altieri, 1989 : 38]

L'agro-écologie vise alors la mise en place de « *small integrated farming systems* » [Altieri et Nicholls, 2008 : 474] dont la durabilité et la résilience reposent sur la connaissance du milieu et la complémentarité en les différents types de cultures et d'élevages. La similarité entre la démarche alors adoptée et celle de l'approche socio-économique de l'EI est frappante, et les exemples opérationnels et viables de productions agro-écologiques constituent bien une réalité [Pretty et al., 2003 ; Altieri et al., 2012].

Le concept d'« *Integrated Food-Energy Systems* » (IFES) [Sachs et Silks, 1990 ; Bogdanski et al., 2011] peut être interprété comme un prolongement de celui de « *small integrated farming systems* » en réalisant un focus sur l'imbrication entre production d'aliment et production d'énergie. L'IFES consiste à transposer les modes d'organisation écologiques basés sur la circularité (closed-loop) [Sachs et Silk, 1990] de façon à intégrer, intensifier et accroître la production d'aliments et d'énergie en transformant les sous-produits agricoles en ressources (fertilisants et énergie).

IFES « seek to maximize synergies between food crops, livestock, fish production and sources of renewable energy. This is achieved by the adoption of agro-industrial technology (such as gasification or anaerobic digestion) that

allows maximum utilization of all by-products, and encourages recycling and economic utilization of residues. » [Bogdanski et al., 2011 : 5].

L'un des enjeux centraux de l'écologie industrielle est dès lors concerné : l'énergie, élément indispensable tant au fonctionnement de la biosphère (rayonnement solaire), qu'aux systèmes d'activités humains dans lesquels la question énergétique est cruciale. Les biodigesteurs, qui permettent de valoriser la biomasse issue des sous-produits agricole en énergie, pourraient ainsi devenir une « espèce clé » de l'évolution éco-industrielle de nos sociétés.

Le secteur agricole révèle ainsi son potentiel expérimental pour la mise en œuvre des principes de l'écologie industrielle.

Deuxièmement, il n'est pas inutile de rappeler que les économies modernes ont d'abord été des économies agraires avant de s'industrialiser sur la base d'une agriculture toujours plus productive [Brasseul, 2008]. L'intérêt pour cette activité se renouvelle aujourd'hui, avec la crise alimentaire majeure de 2008 et le Rapport de la Banque Mondiale sur le développement, publié la même année [Le Cacheux, 2012]. L'agriculture semble désormais retrouver son rôle de déterminant essentiel dans l'amorce d'un processus de développement, qualifié dorénavant de « durable ». Le défi à relever n'est plus seulement celui d'une agriculture efficace et équitable, mais de développer une agriculture également soutenable et résiliente, dont le fonctionnement s'intègre aux écosystèmes naturels, supports des activités humaines.

Troisièmement, la concrétisation d'un développement qui soit durable nécessite une articulation des différentes échelles territoriales [Laganier et al., 2002 ; Godard 2005]. L'exploitation agro-écologique constitue à une échelle micro-territoriale un exemple concret d'activités de production durable. À l'autre extrême, la « *cadre d'orientation générale* » [IPC, 2006 : iv] définie par le concept de Souveraineté Alimentaire [Rosset, 2003] permet, à l'échelle des pays et même au-delà, de déterminer de nouvelles normes susceptibles d'accompagner une évolution écologique des systèmes agroalimentaires dans leur ensemble, du producteur au consommateur, sur une base locale. À l'échelle meso-économique, celle des territoires ruraux, le Système Agroalimentaire Localisé (Syal) semble pouvoir offrir un support adéquat pour une intégration des dimensions économique, sociale, et environnementales au sein de systèmes territoriaux soutenables et résilients.

Le Syal, modèle de développement centré sur l'agroalimentaire [Muchnik, 2006] et outil de l'organisation socio-économique en milieu rural [Larroa, 2010], permet « *dans le cadre de nouveaux enjeux socio-économiques, alimentaires et environnementaux, [de contribuer] à la formalisation d'un cadre théorique orienté vers la construction d'un paradigme agroalimentaire de base territoriale visant à analyser et à comprendre l'organisation et le fonctionnement d'un ensemble d'activités productives, sociales, culturelles, qui « font système* ». » [Fourcade et al., 2010 : 7].

L'opérationnalisation de l'EI qui se conçoit avant tout à l'échelle des territoires [Buclet, 2011], paraît pouvoir s'appuyer sur l'existence de Systèmes Productifs Localisés (SPL) [Deutz et Gibbs, 2008 ; Beaurain et Brullot, 2011]. Sur la base de cette « notion-

socle », le Syal, dont l'ancrage territorial, au sens géographique, est renforcé par les spécificités du secteur agroalimentaire [Requier-Desjardin, 2010], peut constituer un point de départ pertinent pour amorcer un processus pérenne d'intégration de la dimension environnementale dans les stratégies de développement local⁸.

En outre, dans le cadre du Syal, les coopérations et la multiplication des interdépendances au sein d'un même territoire conduisent l'organisation socio-économique territoriale à faire système. Dès lors, ces processus peuvent également favoriser l'émergence de « *stratégies collectives* » [Yami, 2006] également propices à l'intégration d'une dimension environnementale, par ailleurs hautement structurante dans les stratégies de développement en milieu rural [Fourcade et al., 2010]. En promouvant à cette échelle la généralisation des pratiques agro-écologiques et en intégrant le principe de circularité introduit par l'EI à ce type d'organisation territoriale de la production, il est possible d'approfondir et d'anticiper, en amont des actions de productions, d'échanges et de consommation, la prise en considération de cette contrainte environnementale [Figuière et Metereau, 2012]

L'identification dans le secteur de l'agroalimentaire, d'un corpus de concepts, d'outils d'analyses et de pratiques susceptibles d'articuler à différentes échelles territoriales, les déterminants de la mise en œuvre d'un mode écosystémique, laisse entrevoir l'opérationnalisation du cadre théorique de l'écologie industrielle. Cela pourrait permettre *in fine* « *aux régions, aux microrégions, aux pays et aux espaces locaux d'essayer de donner un contenu positif au développement durable en promouvant l'innovation économique et institutionnelle et en densifiant le tissu endogène d'interactions au sein du territoire, tout en reconnaissant et en assumant les exigences du développement durable formulées à des niveaux plus élevés d'intégration territoriale.* » [Godard, 2005 : 11].

CONCLUSION

Bien qu'ayant souvent donné lieu à des travaux se réclamant d'une démarche objective, centrés sur le bouclage des flux de matière et d'énergie dans la perspective d'un verdissement des activités de production industrielle, l'EI semble bien correspondre à une démarche normative. Le reconnaître permet de faire la lumière sur la finalité des projets éco-industriels, et, dans certains cas, d'envisager la mise en œuvre de EI comme une démarche de développement territorial durable [Buclet, 2011 ; Maillefert et Schalchli, 2012]. L'EI change alors de statut et devient potentiellement un nouveau paradigme de développement [Ehrenfeld, 2000]. Dans cette perspective, et reconnaissant l'ampleur des transformations nécessaires pour une restructuration écosystémique des sociétés modernes, cette communication propose d'amorcer les démarches d'EI à partir du secteur agroalimentaire. L'ancrage territorial des activités agricoles, la position privilégiée des agroécosystèmes comme interface entre systèmes humains d'activités et écosystèmes, ou encore l'expérience d'ores et déjà acquise par le secteur en matière d'organisation écosystémique, semblent faire

⁸ Il peut être intéressant de mentionner ici les propositions protégées notamment par Y. Tritz (2012) qui incluent, tout comme l'IFES, agriculture et énergie dans une même réflexion, mais cette fois sur une base territoriale explicite. Le SEAT, Système Énergétique Agri-Territorial, correspond à « *une déclinaison de la notion de SPL au cas de la production d'énergie à partir de la biomasse* » (p.46).

du secteur agroalimentaire un « secteur-clé » pertinent pour l'implémentation de démarches éco-industrielles. Cette hypothèse reste néanmoins à étayer sur le plan théorique, mais également à tester sur le plan empirique. Pour ce faire, une première tentative de validation par le terrain est actuellement en cours au Nicaragua.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLENBY B.** [1999a], "Earth systems engineering: The role of industrial ecology in an engineered world", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 2, n° 3, p. 73-93.
- ALLENBY B.** [1999b], "Culture and Industrial Ecology", *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 3, n°1, p. 2-4.
- ALTIERI M.A.** [1989], "Agroecology: a new research and development paradigm for world agriculture", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n°27, p. 37-46.
- ALTIERI M. A., NICHOLLS C. I.** [2008], "Scaling up Agroecological approaches for Food Sovereignty in Latin America", *Development*, Vol. 51, n°4, p. 472-480.
- ALTIERI M. A., NICHOLLS C., FUNES F.** [2012], "The scaling up of agroecology: spreading the hope for food sovereignty and resiliency", *SOCLA's Rio+20 position paper*, may, 20 p.
- AYRES R.U., KNEESE, A.V.** [1969], "Production, consumption, and externalities", *The American Economic Review*, n° 59, p. 282-297.
- BANQUE MONDIALE** [2008], *L'agriculture au service du développement*, Rapport sur le développement dans le monde, New York, 424 p.
- BEURAIN CH., BRULLOT S.** [2011], « L'écologie industrielle comme processus de développement territorial : une lecture par la proximité. », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, Juin, p. 313-340.
- BEY CH.** [2001], « Quo Vadis Industrial ecology? Realigning the discipline with its roots », *Greener Management International*, n° 34, p. 35-42.
- BOGDANSKI A., DUBOIS O., JAMIESON C., KRELL R.** [2011], *Making integrated food-energy systems work for people and climate*, FAO, Environment and natural resources management working paper, n°45, Rome, 121 p.
- BRASSEUL J.** [2008], *Introduction à l'économie du développement*, 3^{ème} édition, Armand Colin, Paris, 372 p.
- BUCLET N.** [2011], *Ecologie industrielle et territoriale. Stratégies locales pour un développement durable*, Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, 309 p.
- CHERTOW M. R.** [2004], "Industrial Symbiosis", *Encyclopedia of Energy*, vol. 3, p. 407-415.
- COHEN-ROSENTHAL E.** [2000], "A walk on the human side of industrial ecology", *American Behavioral Scientist*, vol. 44, n° 2, October, p. 245-264.
- CÔTÉ R., COHEN-ROSENTHAL E.** [1998], "Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences", *Journal of Cleaner Production*, n° 6, p.181-188.
- DEUTZ P., GIBBS D.** [2005], "Industrial Ecology and regional development: Eco-industrial development as cluster policy", *Regional Studies*, n° 42, p. 1313-1328.
- DUFUMIER M.** [2010], « Agro-écologie et développement durable », Actes du Colloque *Innovation and Sustainable Development in Agriculture and food (ISDA)*, Montpellier, 28-30 juin, 20 p.
- EHRENFELD J. R.** [2000], "Industrial ecology: Paradigm shift or normal science", *American Behavioral Scientist*, vol. 44, n°2, Octobre, p. 229-244.

- EHRENFELD J. R.** [2004a], "Industrial ecology: a new field or only a metaphor?", *Journal of Cleaner Production*, n° 12, p. 825-831.
- EHRENFELD J. R.** [2004b], "Can Industrial Ecology be the "Science of Sustainability"?", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 8, n° 1-2, p. 1-3.
- EHRENFELD J. R.** [2007], "Would Industrial Ecology Exist without Sustainability in the Background?", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, n° 1, p. 73-84.
- ERKMAN S.** [1997], "Industrial ecology: an historical view", *Journal of Cleaner Production*, vol. 5, n° 1-2, p. 1-10.
- ERKMAN S.** [1998], *Vers une écologie industrielle, comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper industrielle ?*, Institut Charles Léopold Mayer, Lausanne, 252 p.
- FIGUIERE C., METEREAU R.** [2012], « Au carrefour de l'écologie industrielle et du Syal. Faire progresser la durabilité d'un développement rural localisé », XXVIII^{èmes} journées du développement ATM "Mobilités internationales, déséquilibres et développement : vers un développement durable et une mondialisation décarbonée ?", Orléans, 11-13 juin, 17 p.
- FOURCADE C., MUCHNIK J., TREILLON R.** [2010], *Coopération, territoires et entreprises agroalimentaires*, Édition Quæ, Collection Update Sciences & Technologies, Montpellier, 135 p.
- FROSCHE R.A., GALLOPOULOS N.E.** [1989], "Strategies for Manufacturing", *Scientific American*, vol. 261, Special Issue «Managing Planet Earth », September, p. 144-152.
- GODARD O.** [2005], « Du développement régional au développement durable : tensions et articulations », *Chaire développement durable*, Cahier n°2005-16, Mai, 13 p.
- GOMIERO T., GIAMPIETRO M., MAYUMI K.** [2006], "Facing complexity on agro-ecosystems: a new approach to farming system analysis", *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, Vol. 5, n°2-3, p. 116-144.
- HESS G.** [2009], « L'écosystème industriel. Difficulté épistémologique d'une telle analogie », *Natures Sciences Sociétés*, n°17, p. 40-48.
- HILL S. B.** [2006], "Redesign as deep industrial ecology: lessons from ecological agriculture and social ecology", in. CÔTÉ R., TANSEY J., DALE A. (eds.) *Linking Industry & Ecology: A question of design*, UBC Press, Vancouver, p. 29-49.
- HOFFMAN A. J.** [2003], "Linking social systems analysis to the industrial ecology framework", *Organization & Environment*, vol. 16, n°1, mars, p. 66-86.
- INTERNATIONAL PLANNING COMMITTEE FOR FOOD SOVEREIGNTY (IPC)** [2006], « Réforme agraire dans le cadre de la souveraineté alimentaire, du droit à l'alimentation et de la diversité : Terre, Territoire et Dignité », *FAO*, Conférence internationale sur la réforme agraire et le développement rural, Document thématique, n°5, Porto Alegre, mars, 42 p.
- ISENMANN R.** [2003], "Further Efforts to Clarify Industrial Ecology's Hidden Philosophy of Nature", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 6, n° 3-4, p. 27-48.
- ISENMANN R.** [2003], "Industrial ecology: shedding more light on its perspective of understanding nature as model", *Sustainable Development*, vol. 11, p. 143-158.
- JORDA H., VIVIEN F.D.** [2005], « L'écologie industrielle : une stratégie pour le développement durable ? », in MARECHAL J-P., QUENAULT B. (coord.) *Le développement durable, une perspective pour le 21^{ème} siècle*, Presses Universitaires de Rennes, p. 287-302.
- KAPP K.W.** [1970], "Environmental disruptions and social costs: a challenge to economists", *Kyklos*, n° 23, p. 833-847.

- LAGANIER R., VILLALBA B., ZUINDEAU B.** [2002], Le développement durable face au territoire : éléments pour une recherche pluridisciplinaire, *Revue développement durable et territoire*, dossier 1, Septembre, 16 p.
- LARROA R. M.** [2010], « El SIAL y sus diferencias con el enfoque del desarrollo territorial en América Latina », *16th EAAE Seminar: "Spatial dynamics in agri-food systems: implications for sustainability and consumer welfare"*, Parme (Italy), 27-30 Octobre, 9 p.
- LE CACHEUX J.**, [2012], « Agriculture mondiale et européenne : défis du XXI^e siècle », *Revue de l'OFCE*, n° 120, p. 195-234.
- MAILLEFERT M., SCHALCHLI P.** [2012], « Ecologie industrielle et développement territorial : des dynamiques multiformes », *Colloque de l'AFEP*, 5-7 juillet, Session Régulations sectorielles et territoriales et développement durable, 16 p.
- MUCHNIK J.** [2006], « Les Systèmes agroalimentaires localisés », *Cirad*, Séminaire GIS-Syal Spécificité des Syal, Montpellier, 7 juillet, 10 p.
- OPOKU H. N., KEITSCH M. M.** [2006], « Une approche objective de la durabilité ? Théories des implications scientifiques et politiques de l'écologie industrielle », *Ecologie et politique*, n°32, p. 141-152.
- PRETTY J., MORRISON J.I.L., HINE R.E.** [2003], "Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in the development countries", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 95, p. 217-234.
- ROOME N., BOONS F.** [2000], "Industrial Ecology as a Cultural Phenomenon: On Objectivity as a Normative Position", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 4, n° 2, p. 49-54.
- ROSSET P.** [2003], "Food Sovereignty: Global Rallying Cry of Farmer Movements", *Backgrounder*, Institute for Food and Development Policy, vol. 9, n° 4, 4 p.
- SACHS I.** [1980], *Stratégies de l'écodéveloppement*, Éditions Économie et Humanisme, Paris, 140 p.
- SACHS I.** [1990], "Desarrollo sustentable, Bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones rural-urbanas. Los casos de India y Brasil", *Pensamiento Iberoamericano*, n° 16, p. 235-256.
- SACHS I., SILK D.** [1990], *Food and Energy: Strategies for sustainable development*, United Nation University Press, Tokyo, 83 p.
- SPASH C. L.** [2011], "Social Ecological Economics: Understanding the Past to See the Future", *American Journal of Economics and Sociology*, Vol. 70, n° 2, p. 340-375.
- TRITZ Y.**, [2012], « Le Système énergétique agri-territorial : les bioénergies comme outil de développement local », *Géographie, économie, société*, Vol. 14, p. 31-52.
- YAMI S.** [2006], « Fondements et perspectives des stratégies collectives », *Revue Française de Gestion*, n° 167, p. 91-104.