HAL open science

Écologie industrielle et territoriale : quels outils d'aide à la décision ? De l'analyse des flux à l'approche intégrée

Cyrille Harpet, Emilie Gully

▶ **To cite this version:**

Cyrille Harpet, Emilie Gully. Écologie industrielle et territoriale : quels outils d'aide à la décision ? De l'analyse des flux à l'approche intégrée. Environnement, Ingénierie & Développement, 2013, N°63 - mars 2013, pp.44-50. 10.4267/dechets-sciences-techniques.2580 . hal-01686048v2

HAL Id: hal-01686048

https://hal.science/hal-01686048v2

Submitted on 8 Apr 2021

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.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

RESUME

L'écologie industrielle et territoriale est une approche systémique et intégrée de gestion des flux de matières et d'énergies issus de l'ensemble des activités humaines, à l'échelle de systèmes industriels, de territoires urbains ou ruraux. La recherche systématique des possibilités de voies et filières d'optimisation, de valorisation des sous-produits et déchets des activités peut s'effectuer de manière empirique mais rencontre des écueils liés à la multiplicité des flux et à leurs quantités. Des outils informatiques ont été conçus depuis une dizaine d'années pour procéder à l'inventaire exhaustif des matières résiduelles ou plus généralement de l'ensemble des flux de matières et d'énergies, à leur enregistrement dans des bases de données. Les nouvelles générations d'outils numériques au service d'une démarche d'écologie industrielle et territoriale peuvent-ils favoriser la recherche de synergies entre les organisations (entreprises, industries, services) pour la valorisation de ces ressources et matières résiduelles ? Cet article propose un panorama des outils existants d'AFME (analyse de flux matières-énergies) en signalant leurs avantages et limites, puis apporte un éclairage sur les possibilités de conception d'outils plus intégrés et performants quant à l'identification des synergies entre les activités.

MOTS-CLÉS : *écologie industrielle et territoriale, outils d'aide à la décision, flux matières-énergies, synergies interentreprises, gestion intégrée des données.*

ABSTRACT

Industrial and territorial ecology is a systemic and integrated approach to management of material and energy flows from all human activities across industrial, urban or rural areas. The systematic search for ways and possibilities of networks optimization, use of by-products and waste activities can be done empirically, but meeting the pitfalls associated with multiple streams and their quantities. Some tools have been developed over the past ten years to complete the comprehensive inventory of waste or more generally of all material and energy flows, their registration databases. New generations of digital tools are designed to serve an industrial and territorial ecology approach. Can these tools promote the search of synergies between the organizations (companies, industries, services) in order to make systematic opportunities for enhancement of these resources and waste? This article provides an overview of existing tools to MFA (material flows analysis) by pointing out their advantages and limitations, and sheds light on the possibilities of designing more integrated and efficient tools for the identification of synergies between activities.

KEYWORDS : *industrial and territorial ecology, decision support tools, material and energy flows management, synergy, integrated approach and management of data.*

Ecologie industrielle et territoriale : quels outils d'aide à la décision ? De l'analyse des flux à l'approche intégrée

HARPET Cyrille,
EHESP, École des Hautes Études en Santé Publique, Rennes-Sorbonne-Paris-Cité; UMR 5600, Environnement Ville et Société Lyon, France.
GULLY Émilie,
INSA Lyon, Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, France.

Auteur/s à qui la correspondance devrait être adressée : cyrille.harpet@ehesp.fr

1. Les enjeux de l'écologie industrielle et territoriale

L'écologie industrielle n'est pas une simple figure de style ni un concept révolutionnaire. Derrière ce qui semble être, à première vue, un oxymore, transparaît l'idée que l'écologie scientifique, c'est-à-dire l'étude des écosystèmes, peut s'appliquer à des systèmes complexes, comprenant la société industrielle dans son environnement.
En s'inspirant du fonctionnement des écosystèmes, l'écologie industrielle et territoriale vise à faire évoluer le système industriel, qui comprend les industries mais également les aires urbaines, les milieux agricoles et toutes les activités humaines, vers un fonctionnement éco-compatible et viable sur le long-terme avec les équilibres dynamiques des milieux. La démarche peut consister à boucler les flux de matières et d'énergie au sein du système de production d'un territoire, à opter pour des substitutions de ressources, à mutualiser certains produits ou procédés, en vue de préserver les ressources limitées et de réduire les pressions sur l'environnement local et global (Bourg, Erkman, 2003).

Le terme « écologie industrielle » s'est popularisé à la suite de la publication, en 1989, d'un article dans la revue Scientific American par Robert Frosch et Nicholas Gallopoulos. Le premier, vice-président de la Recherche industrielle, et le second, directeur de la Recherche sur les moteurs chez General Motors, affirment que le modèle actuel d'activité économique n'est pas viable (modèle linéaire, dans lequel les ressources sont prélevées, transformées, utilisées puis rejetées dans l'environnement). Ils proposent alors un modèle selon lequel les flux d'effluents, rejets et résidus sont autant de ressources. Une approche intégrée conçoit les entités par analogie comme formant un écosystème dit industriel, favorisant des échanges soutenus entre les industries. L'écosystème le plus abouti serait, selon les termes de l'écologie scientifique, une symbiose, désignant une association constante, obligatoire et spécifique entre deux ou plusieurs organismes hétérospécifiques (espèces différentes) s'apportant mutuellement des bénéfices. Le plus haut niveau d'intégration des relations d'échanges entre entités industrielles serait une « symbiose industrielle » (Allenby, 1999).

L'originalité de l'approche proposée réside dans la systématisation de ces valorisations, qui s'inscrivent dans un territoire donné. Les effluents et déchets de production deviennent ainsi des ressources potentielles pour d'autres activités (moyennant, en général, une remise à niveau du flux, par exemple, en régénérant un solvant usagé) ; les flux d'énergie rejetés dans le milieu (vapeur excédentaire, effluents gazeux ou liquides chauds…) deviennent des sources d'énergie potentielles pour des entreprises ou bâtiments voisins ; des mutualisations peuvent également permettre de rationaliser approvisionnement et traitement de certains flux. « Potentiel » signifie que la réalisation de ces synergies demande un véritable travail d'analyse des flux, d'identification des pistes de synergies intéressantes et techniquement réalisables, et surtout, une analyse approfondie des enjeux à la fois réglementaires, économiques, environnementaux, sanitaires et sociaux des pistes retenues.
Au premier abord, en associant gains économiques, sociaux et environnementaux, les symbioses industrielles deviennent des moteurs d'un développement durable des territoires.

- Bénéfices économiques potentiels : par l'achat de matières premières secondaires, par mutualisation des équipements, des services, des utilités, en évitant des coûts d'enlèvement et de traitement de déchets, voire vente de sous-produits ;
- Bénéfices sociaux potentiels : par la création d'activités d'interface, relocalisation et ancrage territorial, mais également amélioration des conditions de travail en proposant des services mutualisés entre entités locales (restauration, services postaux, transports, etc.) ;
- Bénéfices environnementaux potentiels : par la réduction des ponctions sur les ressources naturelles et d'origine fossile, par l'optimisation et la récupération de calories, par la réduction d'émissions polluantes ;
- Pour les entreprises comme pour les territoires, le bénéfice en termes d'image peut également être très avantageux. Ainsi, l'écologie industrielle et territoriale est en mesure d'apporter des réponses aux diverses attentes de l'ISO 26 000 sur la responsabilité sociétale des organisations.

Deux points supplémentaires sont à surveiller attentivement : la réglementation et notamment les obligations liées aux installations classées pour l'environnement représentent parfois des freins pour la mise en place de synergies ; le bénéfice

environnemental n'est jamais évident à évaluer, car de nombreux paramètres doivent être pris en considération. Il faut donc rester vigilant et ne pas exposer les populations (humaines, animales, végétales) à de nouveaux risques sanitaires, directs ou indirects.

Les cas de synergies sont encore rares, mais pourraient être amenés à se multiplier, si une politique publique venait à les encourager. Pour les faciliter, il apparaît intéressant de dégager un schéma organisationnel favorisant la mise en place de démarche d'écologie industrielle, notamment au travers des méthodes et outils d'aide à la décision (Brullot, Blavot, Harpet, Adoue, 2010).

2. Ingénierie en écologie industrielle et territoriale

L'écologie industrielle et territoriale propose d'intensifier les échanges entre les différents acteurs d'un territoire, de façon à limiter les quantités de déchets ou de résidus industriels et à limiter les rejets et ponctions dans les milieux naturels (Harpet, Blavot, 2011). Pour ce faire, il est indispensable d'avoir une connaissance suffisamment détaillée et fiable des flux de matière et d'énergie entrant et sortant de tout système inclus dans le territoire, au premier rang desquels figurent les industries. La connaissance des matières premières et des utilités requises pour les procédés industriels constitue un premier niveau d'information indispensable pour établir le bilan quantitatif et qualitatif des intrants. Le même niveau de connaissance est exigé en termes de déchets, sous-produits et effluents générés par les activités dans l'établissement du bilan global des flux d'activités. L'inventaire de ces intrants et sortants (inputs / outputs) constitue une base de données conditionnant la recherche des opportunités de synergies entre entités industrielles.
La circulation des informations relatives à ces flux matières-énergies résulte d'accords formels et de négociations commerciales entre partenaires des synergies.
Sur un mode opportuniste, tel celui illustré par la symbiose industrielle de Kalundborg au Danemark, ou structuré par l'ingénierie des procédés d'une plate-forme intégrée dans un secteur d'activité unique (plate-forme chimique française de Roussillon en Isère, usine chimique intégrée de BASF à Ludwigshafen en Allemagne), l'identification des synergies s'appuie sur une méthode d'inventaire, de caractérisation et d'analyse des flux.

Les outils traditionnels de l'ingénierie s'intéressent à la modélisation et à l'optimisation des flux de matière et d'énergie à l'intérieur d'un processus ou d'un équipement (la méthode de pinch, par exemple, permet d'optimiser la consommation énergétique des procédés, en analysant les échanges de chaleur possibles entre des fluides de température différente) (Staine, 1995). Le bilan et l'analyse des flux de matière et d'énergie à l'échelle de différents processus, de différentes infrastructures et sur des niveaux d'échelles géographiques distincts (de l'unité industrielle à une plate-forme, voire une région industrielle) posent un nouveau défi à ce type d'outils, en termes de quantité de flux impliqués et d'opérations à évaluer, et de critères à prendre en compte. La multiplicité et la diversité des acteurs contribuent à rendre la tâche plus ardue encore. Aussi, différents types d'outils se sont développés pour faciliter ces étapes indispensables dont les principaux sont présentés, en précisant leur vocation et leurs limites.

3. De l'analyse des flux à l'approche intégrée : revue des outils

L'approche en écologie industrielle et territoriale se base sur une vision systémique et intégrée des activités à différentes échelles et requiert une méthode rigoureuse d'analyse des chaînes trophiques en vue d'établir des synergies formant un écosystème industriel durable. Des outils informatiques de plus en plus sophistiqués contribuent à traiter une masse d'informations complexes et dispersées. Nous en présentons une revue suivant le degré d'intégration des informations et de structuration de synergies entre entités et activités. Il est utile de rappeler que les éco-parcs ou parcs éco-industriels peuvent être classés selon des niveaux d'intégration des échanges et synergies entre les entités (Chertow, 2000).

3.1. Outils de bilan et d'analyse de flux

La plupart des grands projets d'écologie industrielle débutent avec la constitution d'une base de données, qui recense (pas nécessairement de façon exhaustive) les flux d'eau, d'énergie et de matière : Écosite (Erkman, 2005) pour le canton de Genève en Suisse (7 ressources étudiées), Kwinana et Gladstone en Australie (Van Beers, Corder, Bossilkov, Van Berkel, 2007), Becancour (Markewitz, Maheux-Picard, Gignac, 2009), au Québec (sur la base de la Bourse aux Résidus Industriels, BRIQ), NISP (National Industrial Symbiosis Programme au Royaume-Uni, (études commandées par les entreprises volontaires), en Inde (Erkman, Ramaswamy, 2003), au Swaziland (Dlamini, 2005). Cette base de données structure et rend accessible puis transmissible la masse d'informations requises pour établir les voies d'échanges entre entités. Si la symbiose industrielle danoise de Kalundborg a pu se mettre en place spontanément, c'est grâce à un contexte favorable à la circulation de l'information, dans une petite ville industrielle (vingt mille habitants) « où tout le monde se connaît » (Erkman, 2009), contexte qu'une base de données cherche à recréer. Le bilan des flux permet de disposer des informations relatives aussi bien aux importations qu'aux exportations, aux stocks de matières premières

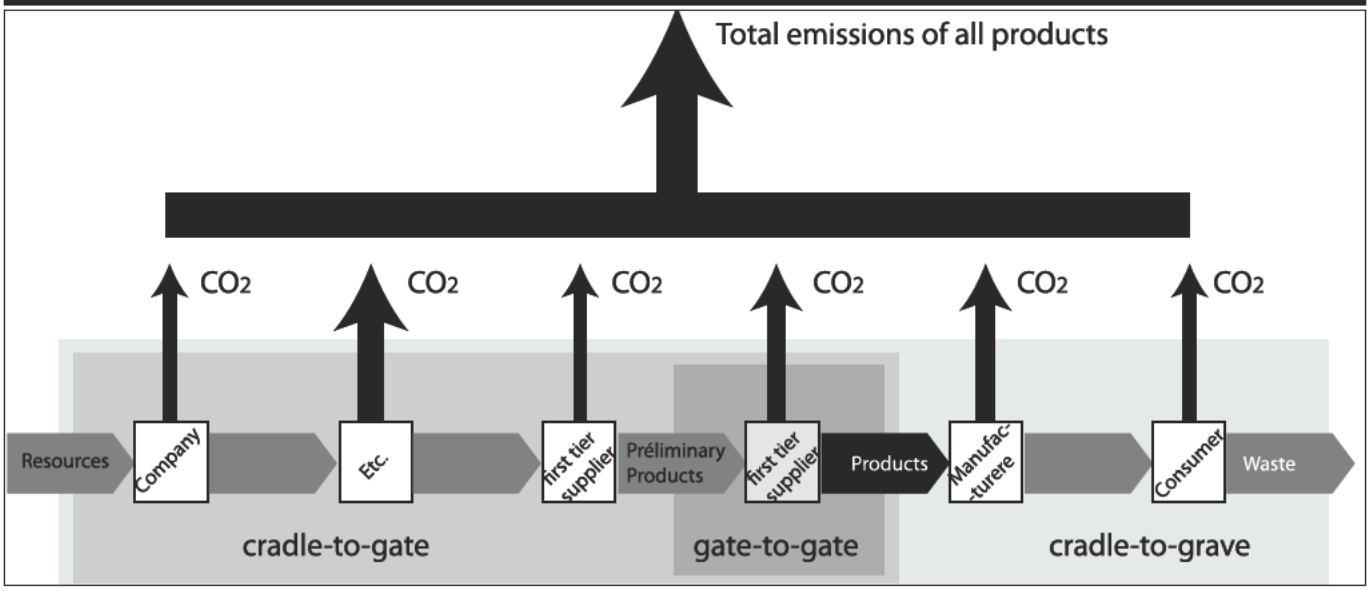
3.1.1. Représenter des flux : diagramme de Sankey

Un premier niveau d'outils est celui de la représentation des flux et des synergies entre les différents systèmes du territoire (industries, entreprises de services, bâtiments publics, habitat, agriculture…). Les diagrammes de Sankey sont la forme la plus courante de représentation des flux. Ils permettent de visualiser rapidement les échanges grâce à des flèches dont l'épaisseur reflète l'importance relative du flux par rapport aux flux de même nature. Ils sont particulièrement utilisés pour visualiser les quantités de flux de matière ou d'énergie à l'intérieur d'un procédé ou d'un système, mais peuvent également l'être pour suivre un flux à travers une chaîne de procédés.
Différents logiciels permettent de créer des diagrammes de Sankey : e-Sankey !, Ommi (Harpet, Méhu, 2008), Finéo (logiciel gratuit, accessible sur internet)…

interface en anglais. La Commission Européenne a recensé une soixantaine d'outils d'ACV aujourd'hui identifiés pour constituer une base de données accessible et ouverte sur l'ensemble des activités (bâtiment et construction, métallurgie, agriculture, etc.) (Commission européenne, liste des logiciels d'ACV).

Pour résumer, la vie du produit, du service ou du procédé, est divisée en processus élémentaires, puis pour chacun d'eux, une analyse des flux de matières et d'énergie est réalisée, dans le but de mener une évaluation des impacts environnementaux. Ces outils reposent sur d'importantes bases de données qui permettent d'associer des impacts environnementaux à chaque étape de transformation, de transport et de stockage des ressources. Ils peuvent bien sûr être utilisés de façon plus limitée, en se focalisant sur une étape du cycle de vie.

Figure 1 : Diagramme de flux réalisé avec e!-Sankey : émissions de CO_2 d'un produit au long de son cycle de vie



Ces logiciels permettent de représenter une situation, existante ou fictive, à l'échelle d'un procédé, d'une chaîne de procédés, d'une entreprise ou du territoire. Bien que les graphiques soient appréciés pour leur caractère pédagogique, ce type d'outil est limité par la perte de lisibilité des flux avec des systèmes complexes. En effet, la représentation exhaustive de tous les flux entrant et sortant d'un système complexe devenant illisible, il est inutile de chercher à atteindre un niveau de détail trop élevé, qui nuit à la compréhension. L'intérêt est surtout « graphique » et donc visuel sur un nombre de flux limité.

3.1.2. Suivre un produit : analyse du cycle de vie (acv)

Les outils d'ACV permettent de quantifier l'impact d'un produit, d'un service ou d'un procédé sur la base d'un inventaire des flux de matière et d'énergie impliqués à chaque étape de sa vie, depuis l'extraction des ressources jusqu'au traitement du ou des déchets (cradle to grave, cf. Figure 1).
Les logiciels d'ACV les plus courants en langue française sont SimaPro et Wizard. Umberto est également répandu, avec une

Ce type d'outils peut être tout à fait intéressant pour évaluer l'impact environnemental d'une synergie, et vérifier que sa mise en place diminue effectivement l'impact global du produit, service ou procédé. Toutefois il n'est pas pensé pour identifier des correspondances entre des flux entrant ou sortant d'un processus. Les outils d'ACV ne permettent pas de voir si les flux de matière et d'énergie intervenant dans une étape du cycle de vie du produit pourraient provenir ou être utilisés par un autre système voisin.

3.1.3. Intérêt et limites des outils de bilan et d'analyse de flux

Lorsque les données sont disponibles et accessibles, la réalisation du bilan comptable des flux en tant que tel ne pose pas de problème, bien qu'elle puisse être fastidieuse. Il s'agit d'un inventaire dont l'intérêt est de permettre de repérer les pertes ou excédents d'un système en vue de l'optimiser ou d'évaluer son impact environnemental. Il se construit donc logiquement en fonction du but recherché, à savoir celui d'une maîtrise des

coûts relatifs aux achats et de la gestion des stocks d'approvisionnement (analyse des flux économiques), d'une maîtrise des émissions et impacts sur l'environnement dans le processus (analyse des flux dits élémentaires).
Si le but recherché de l'écologie industrielle et territoriale est de trouver des correspondances entre les flux entrant et sortant des différents systèmes du territoire, les outils précités peuvent être utiles au cours de la démarche, mais ne sont pas optimaux pour l'initier.
Dans le cas où l'on dépasse l'échelle d'une entreprise pour s'intéresser aux flux transitant par un territoire (flux entrant et sortant des différents systèmes, dont les industries), la difficulté réside dans l'accessibilité et la circulation des données entre les différents acteurs du territoire. Ensuite vient s'ajouter la variété et complexité des systèmes techniques (produits, sous-produits, procédés), lesquels n'ont pas été conçus et installés préalablement dans le sens d'une optimisation des flux par des bouclages hors de leur périmètre de production. Pourtant, c'est à l'interface des systèmes que se présentent les opportunités de synergies.

3.2. Outils spécifiques de recherche de synergies

Différentes approches peuvent être mises en œuvre pour rechercher des synergies matières-énergie entre des entités distinctes. L'approche empirique consiste à avancer « à tâtons », mais reste limitée à quelques ressources matérielles et énergétiques selon les circonstances ou conjonctures. L'approche déductive vise à détecter les synergies théoriquement ou techniquement possibles en se basant sur les flux majeurs courants de telle ou telle activité. L'approche systématique revient à répertorier et analyser un ensemble de flux du système concerné, de l'entité industrielle à des entités présentes sur un périmètre prédéfini (territorial par exemple). Différents outils ont été mis en place pour détecter des synergies, selon l'une ou l'autre de ces approches. L'objectif est de produire l'information indispensable à la concrétisation d'une synergie ou les conditions de développement de mutualisations, de substitutions de flux entre des entités ou des activités (Adoue, 2007).

3.2.1. Approche empirique

Les bourses aux déchets ou résidus industriels (Industrial Materials Exchange) s'apparentent à une approche empirique. Il s'agit de rechercher une possible synergie pour un flux donné, lorsqu'un ou plusieurs acteurs qui le produisent ou le nécessitent en ont exprimé la volonté. À différentes échelles, des réseaux d'échanges peuvent s'organiser, via des plates-formes virtuelles, des sites Internet avec des publications d'annonces pour rechercher, vendre ou céder un sous-produit, un résidu ou un déchet. Ce système a notamment été mis en place au Royaume-Uni dans le cadre du National Industrial Symbiosis Programme (NISP), et de nombreux exemples existent (Bourse des Résidus Industriels du Québec, BRIQ, Canada); Bourse des Déchets Industriels (CCI de Paris) en France…).
En général, les bourses aux déchets suscitent l'intérêt d'entreprises déjà conscientes du potentiel de synergies de leurs flux de matières et d'énergie, ce qui a pour conséquence une offre largement supérieure à la demande. Par ailleurs les échanges sont limités par des irrégularités dans le temps (saisonnalité) et les délais courts d'attente des réponses. Les liens entre fournisseurs et bénéficiaires sont occasionnels et ponctuels.

3.2.2. Approche déductive

Facility Synergy Tool (Outil de facilitation des synergies, FaST, développé par l'US-EPA en 1997) a pour but d'aider les utilisateurs à identifier des synergies potentielles entre leurs sortants et les besoins en matière et en énergie de processus industriels courants. Cet outil a notamment été utilisé dans la conception et la planification des parcs éco-industriels américains (UCSC) de Devens (Massachussetts), de Londonderry (New Hampshire), de Boston, de Burlington (Vermont). La recherche des synergies repose sur une approche déductive à partir des profils d'activités contenus dans la base de données. L'intérêt porte essentiellement sur l'aide à la décision que présente cet outil accessible et ergonomique dans la phase de conception de parcs éco-industriels. La principale limite de cette base de données est le nombre réduit (35) de bilans intrants/sortants prédéterminés.

3.2.3. Approche systématique

L'Industrial Ecology Planning Tool (Van Beers, Corder, Bossilkov, Van Berkel, 2007) (Outil de planification pour l'écologie industrielle, Nobel, 1998) se focalise sur l'examen systématique d'un seul flux : l'eau. Il contient un système d'informations géographiques (SIG) et permet d'identifier des réseaux de réutilisation de l'eau envisageables, les coûts de transport étant explicitement inclus dans l'optimisation de ces réseaux. Il a été utilisé pour la première fois aux États-Unis pour identifier et optimiser l'usage et le « ré-usage » de l'eau dans un complexe d'une vingtaine de sites industriels à Baytown Industrial Complex, à Pasadena (Texas). Il s'agit là d'un outil extrêmement spécialisé, utile dans des situations où les économies d'eau constituent un enjeu majeur.
Le progiciel français Prestéo (Adoue, 2004) a été développé dans le but de faciliter l'initiation de démarches d'écologie industrielle et territoriale en créant l'information sur le potentiel de synergies entre des entités d'un territoire (entreprises, équipements publics…). Cet outil permet à des entreprises volontaires de saisir leur bilan de flux complet via une plateforme sécurisée sur Internet. Le progiciel permet une application de recherche systématique des correspondances entre les flux saisis par les différents acteurs par l'intermédiaire d'un administrateur (les données de l'un ne sont pas accessibles pour les autres utilisateurs, sauf l'administrateur). Chaque correspondance entre deux flux donne lieu à une piste de synergie de substitution ou de mutualisation, qu'un expert pourra étudier. Il a été utilisé en France entre autres pour la recherche

de synergies sur les départements de l'Aube, de l'Allier, de la Creuse, de la Lozère, sur les agglomérations de Vitré, de Dunkerque et également en Suisse (canton de Genève, ville de Lausanne…).

L'efficience de cet outil puissant se trouve toutefois limitée par son utilisabilité. Les phases de saisie des données et d'exploitations des résultats sont longues et les entreprises ne sont pas prêtes à assumer elles-mêmes ces tâches au regard des résultats escomptés (Gully, 2012). À titre d'illustration, le repérage automatique de 2 000 lignes de correspondances de flux inventoriés sera ramené à 200 lignes de synergies réalistes, puis à 20 synergies réalisables, sous condition d'entente et de négociation entre les partenaires de l'écosystème industriel, de conformité réglementaire, de faisabilité technique, de bénéfice économique, de sécurité et de maîtrise des risques sanitaires, technologiques et industriels.

3.2.4. Synthèse

Quelque soit l'approche utilisée, la réalisation du bilan de flux est le facteur limitant. Les acteurs, au premier rang desquels se trouvent les représentants des entreprises, ne jugent pas toujours suffisantes les opportunités que pourrait apporter une telle opération pour engager du temps et des moyens. Ainsi, l'approche empirique se cantonne à un petit nombre de flux ; l'approche déductive souffre du manque de données statistiques pertinentes ; et l'approche systématique peine à trouver sa justification auprès des acteurs économiques, étant perçue comme chronophage.

En termes pratiques, l'appropriation d'un outil d'aide à la décision dans une démarche d'écologie industrielle et territoriale requiert de commencer par un faible nombre de flux, en ne retenant que les flux « importants ». Les synergies a priori les plus simples à mettre en œuvre pourront être repérées. Un flux peut être qualifié d'« important » par la communauté des utilisateurs soit par le volume concerné, soit par sa fréquence d'utilisation (typiquement l'eau, l'électricité, les effluents gazeux, le gaz, les emballages…), soit enfin par son coût ou sa valeur économique. Ces flux prioritaires sont aussi les plus courants, puisque presque toutes les entreprises les mobilisent. Plus spécifiquement, dans le milieu de la chimie, il s'agira des acides et bases, avec par exemple le recours à des procédés éprouvés pour des substitutions (par exemple la chaux utilisée pour neutraliser les eaux dans une station d'épuration) (Harpet, 2013). ou des solvants pouvant être régénérés. Enfin, des flux peuvent être qualifiés d'importants pour leur fonction, s'ils entrent dans un procédé transversal (par exemple, un fluide caloporteur mobilisé pour un procédé de chauffage est important quelle que soit sa nature).

Se focaliser sur des flux à forts enjeux signifie que le bilan de flux ne doit pas être la première étape de la recherche de synergies, mais être précédé d'une ou plusieurs études, qui montreront l'intérêt de s'orienter vers une recherche de synergie pour tel flux stratégique.

La contrainte stratégique alors pesant sur l'établissement de bilans des flux prioritaires tient à l'échange d'informations relatives aux procédés et aux produits de l'activité. La culture du secret et la pression de la concurrence sont ainsi des facteurs dissuasifs d'une démarche comptable des flux notamment dans des secteurs très sensibles à la compétitivité (secteurs de la chimie ou de la pharmacie). Les clauses et garanties de confidentialité des données peuvent lever les blocages, mais un système sécurisé d'accès et de traitement des données sensibles ou stratégiques doit être prévu. Le développement de l'écologie industrielle et territoriale à un niveau plus important repose en partie sur le niveau de protection des données (ce qui relève de l'intelligence économique) et sur la capacité d'adapter les outils spécifiques de recherche de synergies à des outils existants dans l'industrie (les systèmes de gestion des données).

4. Vers un progiciel de gestion intégrée ?

Pour éviter la multiplication des interlocuteurs et des outils, une possibilité serait de pouvoir utiliser directement les bilans de flux issus d'un système déjà existant, tel qu'un Progiciel de Gestion Intégrée (PGI, ou Entreprise Ressource Planning, ERP) (Bordage, 2009). Ce type de progiciel a connu un fort essor dans les années 2000, et toutes les grandes entreprises en disposent. Leur lourdeur en fait un outil moins adapté aux petites et moyennes entreprises, mais le développement de modules spécifiques aux besoins de ces entreprises tend à résorber ce problème.

Un PGI ou ERP est un « progiciel qui intègre les principales composantes fonctionnelles de l'entreprise : comptabilité, contrôle de gestion, paie, ressources humaines, logistique, gestion commerciale, gestion de production. À l'aide de ce système unifié, les utilisateurs de différents métiers travaillent dans un environnement applicatif identique qui repose sur une base de données unique. Ce modèle permet d'assurer l'intégrité des données, la non-redondance de l'information, ainsi que la réduction des temps de traitement » (Bordage 2009). Plusieurs applications peuvent alors partager une seule et même base de données.

Un certain nombre d'applications sont proposées aux entreprises par les éditeurs de PGI, pour répondre à leurs besoins spécifiques, qui évoluent avec le marché et la réglementation. Entre autres, des applications permettant une gestion intégrée du développement durable dans l'entreprise sont actuellement en développement (Bordage, 2009). Il s'agit d'une application indépendante, interfacée avec le noyau du PGI, et bien entendue utilisant la même unique base de données. Ceci est possible grâce à une architecture de type Intégratrice d'Applications d'Entreprise (IAE), architecture intergicielle (de l'anglais middleware, logiciel servant d'intermédiaire de communication entre plusieurs applications, généralement complexes ou distribuées sur un réseau informatique) permettant à des applications hétérogènes de gérer leurs échanges.

Ce type d'application devrait permettre aux entreprises de suivre automatiquement leurs indicateurs de Développement Durable, de calculer l'empreinte carbone de chaque action saisie dans le PGI (achat/vente, notes de frais, consommation de ressources et de matières), de produire des statistiques de façon simplifiée, y compris dans la dimension sociale du Développement Durable (statistiques sur les conditions de travail, l'équité, l'absentéisme, les accidents du travail, la formation…). La complexité de ces progiciels et le coût élevé à l'achat, mais également en maintenance et en formation du personnel, limitent la diffusion de ce système. Cependant, pour des groupes disposant d'un PGI, cette voie semble tout à fait intéressante. Bien que le passage de l'échelle intra à inter-entreprises paraisse délicat pour des raisons de confidentialité des données, l'utilisation de tout ou partie (par exemple, en supprimant les flux, comme les catalyseurs, dont la masse relative est inférieure à une certaine valeur) des bilans de flux saisis par les entreprises elles-mêmes dans ce type de progiciel pour la recherche systématique de synergies apparaît prometteur.
L'intérêt d'un tel progiciel intégré relève aussi des possibilités d'interfaçage entre bases de données distinctes, et notamment relatives aux aspects économiques (coûts des produits, matières, etc.), techniques, réglementaires, environnementaux et sanitaires. Pour ne prendre que ce dernier point, les exigences réglementaires actuelles (règlement REACH, sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et les restrictions sur les produits chimiques) vont dans le sens d'une traçabilité forte de toutes les substances utilisées, consommées, produites et commercialisées. La prise en compte des risques sanitaires est encore dissociée des aspects environnementaux, soit du fait de bases de données distinctes, soit du fait d'outils non intégrés. Il est vrai que la convergence entre des analyses de type ACV et EQRS (évaluation quantitative des risques sanitaires) est particulièrement difficile (Boize, 2008), alors que tout projet en éco-conception, en écologie industrielle et territoriale devrait comprendre l'évaluation des risques environnementaux et de santé publique.

Références bibliographiques

ADOUE C. (2004). Méthodologie d'identification de synergies éco-industrielles réalisables entre entreprises sur le territoire français. Thèse Spécialité études environnementales. Troyes : Université de Technologie de Troyes, 224 p.

ADOUE C (2007). Mettre en œuvre l'écologie industrielle. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 106 p.

ALLENBY R.B. (1999), Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation, Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

BOIZE M. & al (2008). Pertinence de l'analyse de cycle de vie (ACV) pour l'évaluation des impacts sanitaires : comparaison avec l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS). Environnement, risques et santé (ERS), John Libbey Eurotext, vol. 7, n°4, pp. 265-277.

BORDAGE F., Prod'Sustainability : L'ERP développement durable de Prodware. GreenIT.fr [en ligne]. 03/07/2009. Disponible sur http://www.greenit.fr/article/logiciels/ prodsustainability-lerp-developpement-durable-de-prodware/ (consulté le 26/08/2011).

BOURG D., ERKMAN S (2003). Technology, global change and industrial ecology. In Perspectives on industrial ecology. Sheffield, UK, 384 p.

BRULLOT S., BLAVOT C., HARPET C., ADOUE C. (2012). Projet EITANS, Écologie industrielle et territoriale : Analyse des facteurs socio-économiques et anthropologiques. Rapport intermédiaire de recherche, Université de Technologie de Troyes, École des Hautes Études en Santé Publique, EIConseil, Systèmes durables, programme de recherche ADEME « Déchets et société », 2010-2013 ; juin 2012, 228 p.

CHERTOW M (2000). Industrial Symbiosis: literature and taxonomy. Annual Review Energy and Environment, Vol. 25: 313-337.

COMMISSION EUROPEENNE, Centre de recherche de la Commission Européenne, liste des logiciels d'ACV, disponible sur <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/toolList.vm>, consulté le 25/08/2011.

DLAMINI M.Z. (2005). Opportunities for the Use of Industrial Ecology principles for Environmental Management in Developing Countries: A Case Study of Matsapha Industrial Estate in Swaziland. Faculty of Engineering and the Built Environment. Johannesburg : University of the Witwatersrand, 149 p.

ERKMAN S., RAMASWAMY R. (2003). Applied industrial ecology: a new platform for planning sustainable societies; focus on developing countries with case studies from India. Aicra Publishers. Bangalore, India. 160 p.

ERKMAN S. (2005). Écologie industrielle à Genève : premiers résultats et perspectives. GEDEC. Imprimerie Genevoise SA. Genève. 27 p.

ERKMAN S. (2009). Vers une écologie industrielle. Éditions Charles Léopold Mayer, Paris, 251 p., pp.28-32.

GULLY E. (2012). Un outil d'aide à la décision en écologie industrielle et territoriale : analyse critique du progiciel Prestéo©. Contribution au projet de recherche EITANS. Rapport de recherche INSA Lyon et EHESP de Rennes, 69 p.

HARPET C., MEHU J. (2008), Intelligence territoriale sur la vallée de la chimie au sud de Lyon. Rapport de Recherche INSA Lyon, pour DRIRE Rhône-Alpes et Région Rhône-Alpes, septembre 2008, 100 p.

HARPET C., BLAVOT C. (2011). Écologie industrielle et territoriale, cadre théorique, concepts clés, principes méthodologiques, applications industrielles, références et bibliographie. In Revue Techniques de l'Ingénieur, Base documentaire Environnement, Rubrique Déchets, dossier «Écologie industrielle : la gestion des matières premières secondaires dans le métabolisme territorial ; illustrations », 24 p.

HARPET C., GULLY E., BLAVOT C., BONNET J., MEHU J., « Seeking industrial synergies and cooperations research program on a territory : the case of Chemichal Valley in France", in Progress in Industrial Ecology, An International Journal (PIE), A special issue "The Role of Environmental Management in Industrial Ecology, Inderscience publishers. Parution pour juin 2013.

MARKEWITZ K., MAHEUX-PICARD C., GIGNAC H. (2009). Symbiose industrielle : une première au Québec ! CTTEI. Vecteur environnement. 42, 5, pp 34-36.

STAINE F. (1995). Intégration énergétique des procédés industriels par la méthode du pincement étendue aux facteurs exergétiques. Lausanne, École Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL, 154 p.

VAN BEERS D., CORDER G.D., BOSSILKOV A., VAN BERKEL R. (2007). Regional synergies in the austrian minerals industry: case-studies and enabling tools. Minerals Engineering, 20, pp 830-841.

CENTRE D'EXPERTISE DES PROGICIELS (CXP), Disponible sur : http://www.cxp.fr/domaine-expertise_ERP-industrie.htm (consulté le 26/08/2011).

UCSC (University of California, Santa Cruz), Liste systématique des éco-parcs américains, Disponible sur http://www2.ucsc.edu/gei/eco-industrial_parks.htm; consulté le 12 février 2012.

USA-EPA, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Policy Planning and Evaluation, Washington, D.C. FaSt, Facility Synergy Tool : http://www.e-sige.ensmp.fr/uved/ecologieIndustrielle