HAL
open science

[introduction] L'écologie industrielle et territoriale, un modèle de durabilité forte

Manuel Morales, Arnaud Diemer

To cite this version:

Manuel Morales, Arnaud Diemer. [introduction] L'écologie industrielle et territoriale, un modèle de durabilité forte. L'écologie industrielle et territoriale, un modèle de durabilité forte : un regard écosystémique, Editions universitaires européennes, pp.6-48, 2016, 978-3-639-54647-7. hal-02539616

HAL Id: hal-02539616

https://hal.science/hal-02539616v1

Submitted on 10 Apr 2020

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.

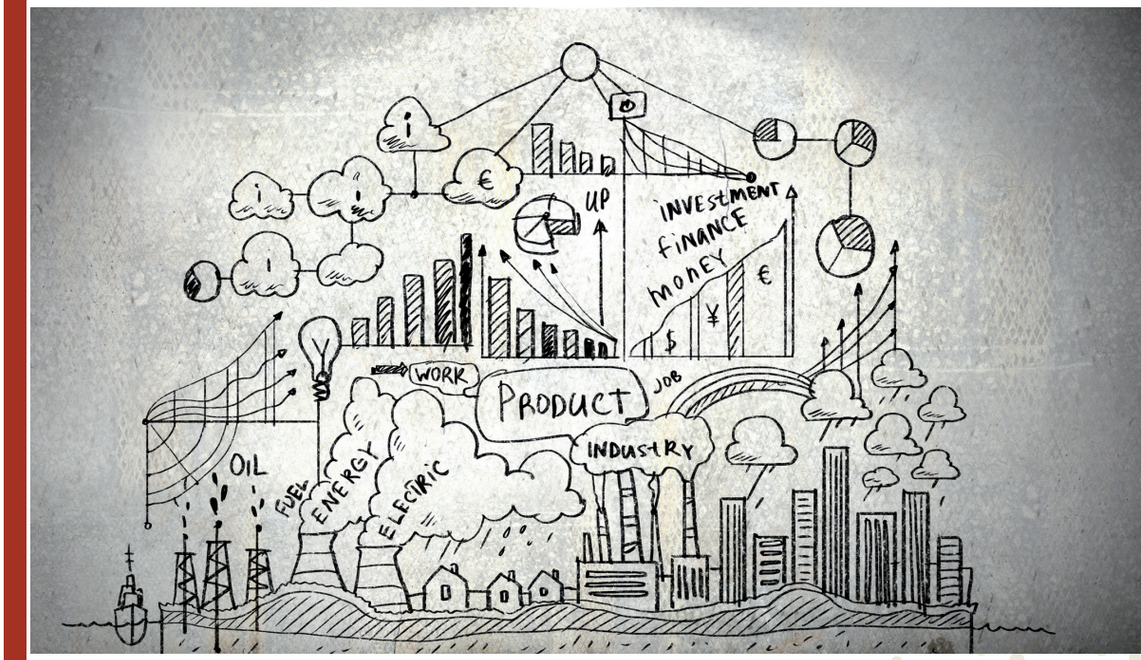
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Nous partons d'un modèle d'écologie industrielle et territoriale pour en faire une réelle opportunité en matière de développement territoriale. Nous insisterons plus précisément sur une forme particulière d'écologie industrielle et territoriale (EIT), comme modèle de durabilité forte centré sur la symbiose industrielle. Selon nous, elles illustrent d'une part, la nécessaire interdépendance entre plusieurs processus de production de différentes firmes et le bouclage des flux d'énergie et de matière à mettre en oeuvre à l'intérieur d'une zone d'activité industrielle territorialisée et d'autre part, l'avènement d'un modèle de durabilité forte en termes de développement socio-économique. Notre ouvrage serait structuré sur un cadre méthodologique d'interdisciplinarité systémique et complexe de l'étude d'une symbiose pour délimiter les contours du modèle de durabilité forte. Ce modèle s'appuie sur quatre piliers: l'éco-efficience, la coopération, la proximité et la résilience présentée comme la capacité de la symbiose à s'adapter aux chocs externes et internes en la construction des différents indicateurs et outils d'évaluation avec un portée multidimensionnelle.

Manuel MORALES est chercheur, professeur et consultant régional spécialisé en Amérique du Nord sur les questions de développement durable, métabolisme industrielle, écologie industrielle et territoriale, analyse et dynamique de systèmes. Doctorant en sciences de l'éducation en développement durable à l'Université Blaise Pascal.

978-3-639-54647-7

ÉDITIONS UNIVERSITAIRES EUROPÉENNES



Manuel Morales Rubio
Arnaud Diemer

L'écologie industrielle et territoriale un modèle de durabilité forte

Un regard écosystémique

Manuel Morales Rubio
Arnaud Diemer

L'écologie industrielle et territoriale un modèle de durabilité forte

Manuel Morales Rubio
Arnaud Diemer

L'écologie industrielle et territoriale un modèle de durabilité forte

Un regard écosystémique

Éditions universitaires européennes

Impressum / Mentions légales
Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.
Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Information bibliographique publiée par la Deutsche Nationalbibliothek: La Deutsche Nationalbibliothek inscrit cette publication à la Deutsche Nationalbibliografie; des données bibliographiques détaillées sont disponibles sur internet à l'adresse http://dnb.d-nb.de.
Toutes marques et noms de produits mentionnés dans ce livre demeurent sous la protection des marques, des marques déposées et des brevets, et sont des marques ou des marques déposées de leurs détenteurs respectifs. L'utilisation des marques, noms de produits, noms communs, noms commerciaux, descriptions de produits, etc, même sans qu'ils soient mentionnés de façon particulière dans ce livre ne signifie en aucune façon que ces noms peuvent être utilisés sans restriction à l'égard de la législation pour la protection des marques et des marques déposées et pourraient donc être utilisés par quiconque.

Coverbild / Photo de couverture: www.ingimage.com

Verlag / Editeur:
Éditions universitaires européennes
ist ein Imprint der / est une marque déposée de
OmniScriptum GmbH & Co. KG
Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Deutschland / Allemagne
Email: info@omniscriptum.com

Herstellung: siehe letzte Seite /
Impression: voir la dernière page
ISBN: 978-3-639-54647-7

Copyright / Droit d'auteur © Manuel Morales Rubio, Arnaud Diemer
Copyright / Droit d'auteur © 2016 OmniScriptum GmbH & Co. KG
Alle Rechte vorbehalten. / Tous droits réservés. Saarbrücken 2016

PROLOGO

Dans cette livre nous suggérons de partir du modèle d'écologie industrielle et territorial, non pas pour en tirer les quelques enseignements issues des expériences menées dans les pays développés et industrialisés, mais pour en faire une réelle opportunité en matière de développement des pays du Sud. Nous insisterons plus précisément sur une forme particulière d'écologie industrielle et territoriale (EIT), la symbiose industrielle. Selon nous, elles illustrent d'une part, la nécessaire interdépendance entre plusieurs processus de production de différentes firmes et le bouclage des flux d'énergie et de matière à mettre en œuvre à l'intérieur d'une zone d'activité industrielle territorialisée (Diemer, 2015, 2016), et d'autre part, l'avènement d'un modèle de durabilité forte en termes de développement socioéconomique.

Afin d'étayer cette hypothèse, notre papier sera structuré en trois chapitres. Le premier chapitre s'attachera à présenter l'origine conceptuelle et le cadre méthodologique dont on a besoin pour normaliser et institutionnaliser l'écologie industrielle et territoriale. Il s'agit de partir d'un ensemble de postulats visant à délimiter les contours d'un modèle de durabilité forte : l'éco-efficience issue du métabolisme territorial, la coopération (et non la concurrence) en tant que postulat d'efficience des relations marchandes, la proximité comme principe de synergie territoriale et la résilience présentée comme la capacité d'un territoire à s'adapter aux chocs externes et internes. Il essaie de prendre en compte aussi la recherche bibliographique descriptive et construction des différents indicateurs et outils d'évaluation avec un portée multidimensionnelle selon l'échelle territorial attiré (local, régional, national et global) et nécessaires pour développer une stratégie pour institutionnaliser et normaliser l'écologie industrielle et territoriale dans un effort d'interdisciplinarité et complexité systémique.

Le deuxième chapitre abord le cadre méthodologique de l'écologie industrielle et territoriale, spécifiquement l'étude d'une symbiose. Cette présentation définit un véritable programme de recherche pour les symbioses. Il s'agit de partir d'un ensemble d'hypothèses visant à délimiter les contours d'un modèle de durabilité forte. Ce modèle s'appuie sur une méthodologie partage par deux approches : l'analyse de la dynamique des systèmes territoriaux (Meadows, Meadows, & Randers, 1972), alignée à la tradition scientifique français d'entretiens ; et l'approche anglophone de « Social Network Analysis » représenté par une grille d'enquêtes (qualitatifs) auprès des différents acteurs d'une symbiose et de la théorie des cercles de soutenabilité formulée par (James, 2015). Il y a aussi une partie consacrée à l'étude de la symbiose de Tampico au Mexique. Si le mythe de la symbiose de Kalundborg continue à alimenter les débats (Chertow & Erhenfeld, 2012), le cas Tampico mérite qu'on s'y attarde quelque peu. C'est en effet l'une des premières expérimentations d'écologie industrielle (Duret,

2007). Elle a été initiée sur la zone industrielle de Tampico par la branche régionale du *Business Council for Sustainable Development* (Gulf of Mexico). Par la suite, ce projet a servi de modèle à de nombreuses autres expériences aux Etats Unis et au Canada. La symbiose industrielle de Tampico prendrait ainsi les traits d'un modèle de durabilité forte, ancré sur un territoire et donc, propice au développement local (et non national). Son succès pourrait « *tordre le coup* » aux politiques de libéralisation de l'économie préconisées par les grandes institutions internationales afin d'assurer le développement économique des pays du Sud. La symbiose serait en quelque sorte une forme de coopération (économique) décentralisée, dans laquelle les relations entre les différents acteurs d'un territoire s'appuient sur les synergies potentielles.

Le troisième chapitre est lié à la proposition d'implémentation qui serait carrément influence pour un modèle démocratique de décision et communication qui part du modèle d'écologie industrielle et territoriale, pour démontrer qu'il est possible de rapprocher conceptuellement différentes branches de l'écologie, avec un objectif commun : l'implémentation d'une stratégie de durabilité forte reposant sur les postulats[1] de métabolisme territorial, de coopération, de proximité et de résilience.

Deux pistes de réflexion sont présentées dans cet ouvrage par rapport à la normalisation et l'institutionnalisation de l'écologie industrielle et territoriale. D'abord l'importance de l'échelle territoriale dans les différents outils d'évaluation, sans oublier l'interdépendance entre les dimensions (ontologique, environnemental, social et économique) et la complexité d'analyse territoriale. Ensuite, le positionnement de l'enseignement de l'écologie industrielle et territoriale comme stratégie de durabilité forte qui privilège les principes de flexibilité, interdépendance, dynamique et complexité comme valeurs essentielles, proches de ceux du développement durable.

[1] La validation des hypothèses sera abordée sur le terrain grâce au travail de recherche associé au programme Franco-mexicain (CONACYT) et au programme européen Marie Curie - ADAPTECON II. Cette recherche vise à proposer une méthodologie (la dynamique des systèmes) pour appréhender les symbioses industrielles, trois études de cas sont proposées : Kalundborg (Danemark), Dunkerque (France) et Tampico (Mexique).

TABLE DES MATIERES

PROLOGO 1

INTRODUCTION 6

CHAPITRE 1

L'écologie industrielle et territoriale, un modèle de durabilité forte à la recherche d'une approche normative 9

1. Postulats concentriques de l'EIT 9

1.1. Coopération dans une logique marchande 10

1.2. Proximité géographique 12

1.3. Métabolisme territorial 13

1.4. Résilience 13

2. Echelles d'une Durabilité territoriale Forte 15

3. Méthodologie, indicateurs et outils d'évaluation des stratégies de durabilité forte 16

3.1. Indicateurs Ontologiques 16

3.2. Indicateurs Environnementaux 17

3.3. Indicateurs Sociaux 18

3.4. Indicateurs Economiques 18

4. Normaliser les dispositifs d'évaluation de l'EIT pour mieux comprendre les territoires 19

CHAPITRE 2

La symbiose industrielle une alternative de l'écologie industrielle et territoriale qui peut s'affirmer comme un modèle de développement durable fort 20

1. Postulats de la durabilité forte d'une symbiose industrielle 21

2. Leviers de la durabilité : une analyse méthodologique 24

3. La symbiose à Tampico, une illustration d'un modèle d'écologie industrielle et territoriale au Mexique 27

3.1. Histoire de l'écologie industrielle au Mexique 28

3.2. La symbiose industrielle Tampico, le modèle "By-product Synergy" 30

4. Perspectives de l'écologie industrielle et territoriale 35

CHAPITRE 3

Ecologie industrielle et territoriale un regard normatif et démocratique du développement durable.....36

1. Relation entre démocratie et écologie industrielle.....36
2. Eduquer a l'écologie industrielle et territoriale 37

2.1. Formation de formateurs en développement durable ; écologie industrielle et territoriale, un regard normatif.....41

CONCLUSION 43

REFERENCES 44

TABLE DES FIGURES

Figure 1. L'EIT en tant que composante de l'écologie familiale, industrielle et territoriale 7

Figure 2. *Les quatre postulats de la durabilité forte de l'écologie industrielle* 10

Figure 3. Dimensions et compréhension de la complexité d'un projet de développement durable par rapport aux échelles territoriales 15

Figure 4. *Les cercles de soutenabilité territoriale* 17

Figure 5 . *Les facteurs de succès de la symbiose industrielle de Kalundborg*....20

Figure 6 . *Les quatre leviers de la durabilité d'une symbiose* 26

Figure 7. *Diagramme de Flux de Recyclage Parc Industriel Tampico-Altamira 1997-1999* 33

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. *Les relations au sein d'un écosystème* 11
Tableau 2. Outils d'évaluation à appliquer au Cercles de Soutenabilité Territoriale selon les indicateurs correspondants 19
Tableau 3 . *Les relations au sein d'un écosystème* 23
Tableau 4. *Expériences de Parcs industrielles au Mexique*..... 30
Tableau 5. Principes d'apprentissage du développement durable appliqués aux postulats de l'Ecologie Industriel et Territoriale..... 40

INTRODUCTION

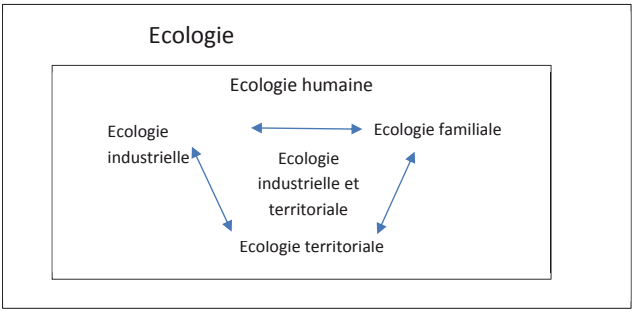
Il est généralement admis que l'acte fondateur de l'écologie industrielle revient à deux employés de General Motors, Robert Frosch, vice-président de la recherche et Nicholas Gallopoulos, responsable de la recherche sur les moteurs (Erkman, Vers une écologie industrielle, 2004). Tous deux ont émis l'idée selon laquelle il était nécessaire de passer d'une économie linéaire où les ressources sont extraites d'un écosystème, exploitées par des activités humaines et renvoyés à l'écosystème sous forme dégradée, à une économie circulaire puisant de façon marginale dans le stock de ressources naturelles, recyclant les biens usagés et limitant les déchets (Dannequin, Diemer, Petit, & Vivien, 2000). Les stratégies menant à cette transition, prirent ainsi quatre directions : la valorisation des déchets; le bouclage des cycles de matière et la minimisation des émissions dissipatives ; la dématérialisation des produits et des activités économiques ; la décarbonisation de l'énergie. Les sciences de l'ingénieur, les sciences économiques et sociales, les sciences de gestion furent ainsi mobilisées pour établir un' étude de faisabilité et analyser les facteurs de pérennité de l'écosystème industriel ainsi créé (Diemer & Labrune, 2007).

Par la suite, les géographes se sont emparés du sujet de « l'écologie industrielle » afin de lui donner une dimension territoriale (Buclet, Ecologie Industrielle et Territoriale: stratégies locales pour un développement durable, 2011). La recherche de synergies entre acteurs fût présentée comme un des moyens de réduire l'impact des activités humaines sur l'écosystème. Cette recherche de synergies présupposait des formes de coopération entre entreprises et collectivités territoriales, notamment au niveau de territoires au périmètre non déterminable. L'intérêt de l'écologie industrielle porta ainsi sur la création d'interactions entre acteurs relativement proches géographiquement, mais n'ayant pas toujours l'occasion d'échanger, faute d'intérêts communs (Diemer, Figuière, & Pradel, 2013). Le champ de l'écologie industrielle et territoriale était ainsi définie, et avec lui, l'importance dévolue aux acteurs territoriaux (collectivités locales) et aux flux d'interactions (écologie urbaine et métabolisme).

Chertow a défini la symbiose industrielle comme *"engaging traditionally separate industries in a collective approach to competitive advantage involving physical exchanges of materials, energy, water and/or by products. The keys to industrial symbiosis are collaboration and the synergistic possibilities offered by geographic proximity*" (Chertow M. , 2007) p. 12. Les symbioses industrielles sont porteuses de bénéfices environnementaux, économiques et sociaux pour les entreprises impliquées dans une relation de collaboration (Junqua & Brullot, 2015), (Buclet, Ecologie Industrielle et Territoriale: stratégies locales pour un développement durable, 2011).

Bien qu'encore largement méconnue par le grand public, l'écologie industrielle n'est pas seulement une affaire d'efficience de la production, elle peut aussi contribuer à recréer une part de confiance chez les consommateurs et les amener à devenir les parties prenantes d'une consommation responsable, à condition de mettre en œuvre les efforts nécessaires pour un rapprochement de l'écologie industrielle avec l'écologie familiale et l'écologie territoriale.

Figure 1. L'EIT en tant que composante de l'écologie familiale, industrielle et territoriale



Source : Adéquation fait de (Ribeyre, Gombert-Courvoisier, & Sennes, 2013)

Pour que cela fonctionne, il faut que les écologies industrielle et familiale puissent trouver un point d'ancrage commun entre ces différentes parties prenantes pour développer des liens avec les territoires sur lesquels elles sont mobilisées, qu'il s'agisse d'espace, de la qualité des milieux, mais également des dimensions culturelle et identitaire, ce qui conduit à l'émergence d'une autre branche de l'écologie : l'écologie territoriale.

L'écologie territoriale est considérée comme une véritable filiation de l'écologie humaine localisée dans un espace géographique bien déterminé, par exemple de l'ancrage de l'écologie territoriale sur les villes, se développe l'écologie urbain. Les services aux personnes résidents dans une ville, représentent l'objectif final de l'écologie urbain, ils se traduisent à la fois par une satisfaction des attentes des citoyens, mais également par des dégradations de leur cadre de vie individuel ou collectif, s'il est mal géré, suscitant des menaces pour leur santé physiologique, psychologique et sociale.

L'écologie familiale est un branche de l'écologie qui comprend les relations de consommation des ménages et leurs répercussions dans l'environnement immédiat des

familles (habitudes de consommations). (Ribeyre, Gombert-Courvoisier, & Sennes, 2013, pp. 321-337)

Le rapprochement entre écologie industrielle et écologie familiale, envisagé à l'échelle humaine, c'est-à-dire à celle d'un territoire de proximités, peut concourir à une meilleure compréhension des objectifs et des limites de chacun et favoriser l'acceptation de la mise en œuvre de décisions partagées. L'interdépendance et la démarche systémique prennent ici tout leur sens mais nécessitent un cadre visant à réduire la fracture entre sciences technologiques et sciences humaines, entre producteurs et consommateurs, ainsi qu'entre local et global, cette arène peut être très bien représentée par l'Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT). (Ribeyre, Gombert-Courvoisier, & Sennes, 2015, p. 344), une approche en mesure d'inspirer, à l'échelle de territoires un changement de paradigme.

CHAPITRE 1

L'écologie industrielle et territoriale, un modèle de durabilité forte à la recherche d'une approche normative

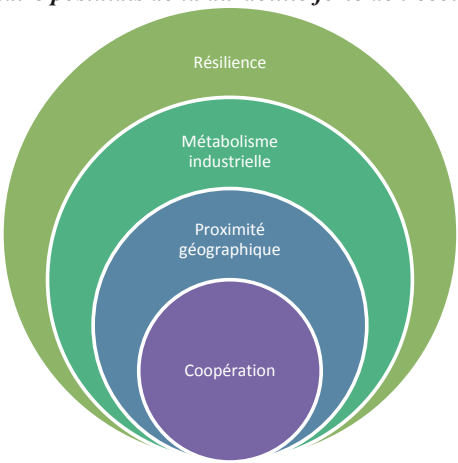
L'approche classique de l'Ecologie Industrielle consiste à se focaliser sur l'analyse des flux de matière et d'énergie afin de détecter des potentielles synergies éco-industrielles. Cependant, cette approche a montré ses limites, ne rendant que peu compte de la spécificité du contexte territorial, et en particulier du tissu d'interactions sociales qui fait actuellement l'objet de recherches en vue d'améliorer leur description et connaissance. (Cerceau, et al., 2015, p. 84)

C'est le cadre territorial qui génère des champs et des structures de représentations et qui donne à l'écologie industrielle l'accès vers un modèle de durabilité forte dans lequel il n'y a pas de substituabilité parfaite de chacune des ressources en matière de capitaux (naturels, sociales et économiques). C'est seulement au niveau local (microsocial), sur un réseau des valeurs partagées, que prend vraiment sens l'application de l'écologie industrielle et territoriale à travers de dispositifs de la gouvernance qui s'exercent sur des parties prenantes. (Joubert & Brullot, Etudes des dimensions sociales des démarches d'écologie industrielle et territorial. Quelle méthode pour quel type de résultats?, 2015, p. 39)

1. Postulats concentriques de l'EIT

Quatre postulats sont nécessaires pour le développement d'une durabilité forte de l'écologie industrielle et territoriale, tous sont bâtis à l'intérieur de la résilience comme postulat cadre de la dimension ontologique de façon concentrique, systémique, complexe et interdisciplinaire. Ces postulats ont été modifiés à partir des principes clés de succès d'une symbiose industrielle (Diemer, 2015), avec le but d'approfondir les aspects social et politique de cette science et ainsi surmonter les critiques des certains auteurs qui prennent l'Ecologie industrielle comme une science qui cherche seulement l'obtention d'une rentabilité économique avec l'application de certaines contraintes environnementales (éco-efficience), centrées sur l'idéalisation technologique.

Figure 2. ***Les quatre postulats de la durabilité forte de l'écologie industrielle***



Dans ce qui suit, nous souhaiterions focaliser notre attention sur le cadre méthodologique qui pourrait conduire à l'étude de l'écologie industrielle et territoriale. Notre démarche s'est décomposée en deux étapes : 1° La formulation de 4 postulats susceptibles de rendre compte de la durabilité forte d'un territoire; 2° La détermination d'une méthodologie et outils d'évaluation multidimensionnels à partir de chaque une des échelles du territoire.

1.1. Coopération dans une logique marchande

Le premier postulat et principal blocage à la mise en œuvre d'un modèle de durabilité forte, qui se produise à partir de l'écologie industrielle et territoriale, serait selon (Buclet, Ecologie Industrielle et Territoriale: stratégies locales pour un développement durable, 2011), la coopération entre acteurs. Le postulat de coopération agit sur la dimension économique tout en permettant à l'EIT d'élargir son environnement en intégrant des partenaires internes et externes (fournisseurs, clients). Pour mettre en place une relation de coopération inter firmes, il convient de prendre en compte la nature des activités des entreprises concernées, leur histoire et leur localisation dans la région et la présence d'un organe chargé de coordonner les acteurs. (Diemer, 2015, p. 175)

Ce postulat stipule que si l'entreprise s'inscrit dans ***une logique marchande,*** elle n'est pas obligée à faire de la concurrence une condition d'efficience. Bien au contraire, les relations marchandes au sein des entreprises s'appuient sur des synergies entre les acteurs qui préfèrent privilégier ***la coopération*** à la compétition.

Les écosystèmes naturels, proposent le meilleur exemple de coopération disponible pour l'être humain, d'un système vif, fort et résilient, toutes les caractéristiques qu'on cherche dans la notion de durabilité forte. Il n'y a pas d'autre source d'inspiration qui soit meilleure dans l'histoire de l'humanité. (Metereau & Figuière, 2015)

Dans le tableau ci-dessous on aperçoit que l'écosystème industriel doit s'inspirer des nombreuses relations entre les êtres vivants présentes dans l'écosystème naturel (*relation d'indifférence* avec le neutralisme et la synécie ; *relation antagonique* avec la compétition, l'amensalisme, la prédation et le parasitisme ; *relations favorables* avec le commensalisme, la synergie, l'aide mutuelle ou la coopération et la symbiose). La durabilité forte de la dimension économique d'un territoire renvoie ainsi à un changement de paradigme, un basculement de l'économie concurrentielle vers l'économie collaborative et l'économie coopérative. La première est un modèle économique basé sur l'échange et le partage de biens, de services, de temps et de connaissances entre les acteurs. La seconde consiste à concevoir et à produire des solutions intégrant des biens et des services selon deux types de dynamique : (i) passage de la vente de biens et de services à une contractualisation sur les valeurs d'usage ; (ii) approche systémique permettant de prendre en compte les externalités négatives (environnementales, sociales).

Tableau 1. ***Les relations au sein d'un écosystème***

Relations d'indifférence	*Relations antagoniques*	*Relations favorables*
Le neutralisme : absence de toute trace d'association ou d'antagonisme entre des espèces qui coexistent dans un même milieu. *La synécie* : c'est le cas de deux partenaires régulièrement associés sans que l'un soit pour l'autre source d'avantages ou d'inconvénients.	*La compétition* : il s'agit d'une lutte pour des ressources limitées. *L'amensalisme* : certains êtres vivants utilisent des substances toxiques pour lutter contre leurs rivales. *La prédation* : c'est l'utilisation d'un être vivant par un autre être vivant pour s'en nourrir. *Le parasitisme* : c'est l'utilisation d'un être vivant par un autre être vivant pour se nourrir ou se reproduire sans engendrer fatalement sa mort.	*Le commensalisme* : c'est une association qui ne profite qu'à l'un des deux êtres vivants associés, lequel vit difficilement ou ne peut vivre, hors de la présence de l'autre à qui il est indifférent. *La synergie* : c'est la stimulation de l'activité ou du développement d'un être vivant par la présence d'un autre. *L'aide mutuelle* (ou coopération) permet à de nombreux êtres vivants de s'associer entre eux pour en tirer un bénéfice réciproque. *La symbiose* est la forme la plus évoluée d'association entre des êtres vivants car les protagonistes y bénéficient d'avantages réciproques et ne pourraient pas subsister, ou alors très mal, hors de cette union.

On peut bien trouver des relations économiques favorables dans un écosystème industriel, par exemple, le commensalisme s'apparente à une relation de sous-traitance. La vie du sous-traitant dépend du bon vouloir du donneur d'ordre ; les incubateurs et les clusters sont symptomatiques des relations synergiques ; les partenariats d'entreprises, les coopératives et les créations de filiales communes s'inscrivent dans

une démarche coopérative et finalement la symbiose est l'idéal type du processus associatif. La mise en commun de ressources, de savoirs, de capitaux… et de compétences permet à la symbiose constituer une nouvelle entité.

Les relations favorables entre firmes plutôt que les relations antagoniques peuvent être ainsi présentées comme un vecteur de durabilité forte. Mais pour que cette transition prenne l'air d'un changement structurel et à long terme, il convient de dépasser deux difficultés principales : (1) tout d'abord, à long terme, les acteurs ont tendance à retomber dans leurs vieilles habitudes en raison de leur enracinement institutionnel. (2) Ensuite, pour assurer un changement du système plutôt que son optimisation, il faut sortir du système actuel. Ainsi, tous les acteurs du système doivent être impliqués dans le processus de changement, c'est-à-dire dans une gouvernance démocratique participative. (Diemer, 2015, p. 178)

1.2. Proximité géographique

Le deuxième postulat stipule que l'écologie industrielle et territoriale repose sur la dimension sociale, c'est à dire, une dimension territorialisée[2]. On parle du principe de proximité, comme principe clé, il s'agit à la fois d'un principe qui prend la distance géographique en termes économiques, en raison d'un analyse cout-bénéfice mais il privilège aussi la dimension social –termes communicationnels et de gouvernance – lieu de discussions et de rencontres. Le territoire insiste sur la capacité des acteurs à proposer de nouvelles formes de coopération qui, non seulement, peuvent engendrer des résultats économiques positifs, mais peuvent également et surtout contribuer à la résurgence de l'intérêt collectif à travers la démocratie participative entre acteurs inscrits dans un même territoire (dimension sociale).

D'une certaine manière, les citoyens en tant que tels doivent trouver dans l'écologie industrielle et territoriale, un terreau susceptible de promouvoir une certaine idée de la durabilité forte qui soit inclusive et participative. L'écologie industrielle et territoriale reste fondée sur une logique de bouclage de flux entrants et sortants (métabolisme industriel) mais aussi sur une question de gouvernance. Cette dernière est associée à l'ensemble des mesures, des règles, des organes de décision, de surveillance et d'information qui permettent d'assurer le bon fonctionnement d'une organisation et une communication transparente vis à vis des parties prenantes (Freeman, 1994; Dosse, 1995).

Tout démarche d'écologie industrielle entreprise sur un territoire, comme part d'un processus social va à faire face aux difficultés à trouver un consensus quant à un projet

[2]Le territoire peut être perçu comme un espace fonctionnel permettant de traduire des enjeux locaux (retraitement des déchets, assainissement de l'eau, dépollution de sites industriels, etc.)

commun, mais pourtant se révèle l'importance d'un processus de maturation collective permettant d'accompagner, par la concertation et le renouvellement de la gouvernance dont on a besoin. (Cerceau, et al., 2015, pp. 92-93).

1.3. Métabolisme territorial

Le troisième des quatre postulats associés à la notion de durabilité forte de l'EIT est contenu dans l'idée de métabolisme, chère aux ingénieurs. Il s'agit plus précisément de mesurer quantitativement et qualitativement la dimension physique et sociale, à savoir les flux et les stocks de matières, information et d'énergies inhérents à toute activité industrielle (Ayres, 1989).

Au sein même des entreprises, le métabolisme industrielle permet de contrôler les échanges, de connaître le niveau auquel ils se produisent, de savoir comment ils se structurent et comment ils déstructurent. Le métabolisme industriel comprend tous les flux de matière, information et d'énergie qui permettent au système industriel de fonctionner, c'est-à-dire de produire et de consommer. Il permet ainsi de changer notre perception de la valeur d'un bien (généralement associée au prix du marché) en incluant des facteurs environnementaux et sociaux via des flux de matières, d'énergies et d'informations (Passet R. , 2010)

L'étude du métabolisme territorial implique d'aller plus en avant dans l'étude du contexte social et territoriale. Ce qui nous amène à questionner les différents concepts et approches de la proximité, pas seulement d'un point de vue géographique mais également d'après les relations de spécialisation en savoir-faire, gouvernance et connaissance des partie prenantes publiques ou privées organisées en réseau qui détermine aussi la taille du territoire[3].

1.4. Résilience

Le dernier postulat, avec une origine en sciences physiques prendre relevance et intérêt appliquée aux dimensions ontologique des communautés et systèmes naturels ou sociaux à partir des préoccupations actuelles relatives aux changements « globaux » et à l'érosion de la biodiversité. Derrière cette préoccupation on trouve la quête d'un suppose équilibre ontologique de la nature, la recherche des conditions de stabilité, de constance des systèmes naturels et sociaux. Mais il s'agit toujours d'un équilibre dynamique qu'est un compromis entre une multitude d'interactions de compétition, de prédation, de parasitisme et de coopération (Barbault, 2013).

[3] « In this way, it is possible to question the concepts of proximity, both spatial and social; the governance of flows, including the role of lifestyle and urban practices in material exchanges; and the role of local and territorial stakeholders. To date, this field of interdisciplinary research is fragmentary". (Cerceau, et al., 2015)

Le succès de la notion de « résilience » semble symptomatique d'un contexte dans lequel les formes industrialisées des sociétés rencontrent des limites physiques à leur extension planétaire (Dron, 2013). La résilience est donc un concept intégrateur bien adapté qui gomme l'opposition entre la nature et le social dépendant des couplages d'échelles spatiales et des rythmes temporels à travers des facteurs positifs qui l'augmentent comme la diversité, l'auto organisation et l'apprentissage.

La résilience d'un système d'écologie industrielle et territoriale partage deux définitions liés au différents temps de action : 1) l'identification et analyse du seuil au-delà des chocs conduisent à une changement structural du système et 2) la description de son comportement après une perturbation, c'est-à-dire la description de la façon dont il reste autour de son état d'équilibre initial, évolue vers un autre état sous la forme d'un cycle stable, ou se place sur une trajectoire stable sans point d'équilibre. Il y a aussi une autre capacité des systèmes qui semble contradictoire dans laquelle les communautés partagent leurs efforts pour combattre les changements issue des chocs externes, mais a notre avis la résistance et la résilience sont complémentaires, et il est nécessaire pouvoir identifier quand l'intensité et vitesse du choc est tel que se résister n'a aucun sens mais aussi identifier le seuil au-delà duquel des chocs abrupts conduisent à une crise suivi d'un nouvel état stable même en utilisant la résilience.

L'émergence du concept de résilience ontologique se caractérise par quatre critères:

a) Un facteur du changement global est amplifié par des boucles de rétroaction positive ;
b) L'existence d'un seuil au-delà duquel survient un changement structural abrupt;
c) Les modifications provoquées par un changement sont de longue durée et difficiles à inverser ;
d) Enfin, l'existence d'un délai de réaction significatif entre facteurs de changement et impacts.

Le caractère transdisciplinaire de la résilience en écologie industrielle s'affirme non seulement dans les aspects ontologiques, organisationnels et techniques, mais aussi les composantes culturelles, déterminantes dans un système social, pour développer une capacité à subir des perturbations et se maintenir dans le changement (Dron, 2013).

On peut trouver un très bon exemple de résilience dans les cas des symbioses industrielles[4], où la présence de stabilisateurs devient plus importante que l'extrême

[4] Symbiose industrielle été défini comme "traditionally separate industries in a collective approach to competitive advantage involving physical exchange of materials, energy, water, and by-products. The keys to industrial symbiosis are collaboration and the synergistic possibilities offered by geographic proximity" (Chertow 2000)

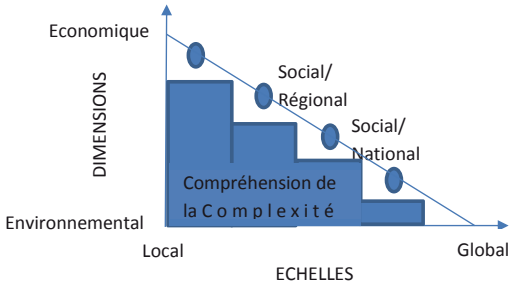
performance des entreprises en mode stable. L'objectif devient la sécurisation du fonctionnement social et physique en situation fortement perturbée.

2. Echelles d'une Durabilité territoriale Forte

Une typologie de différentes échelles par type de territoires permettra ainsi de mieux comprendre la notion de durabilité territoriale, et donc les mécanismes à engager pour promouvoir les démarches d'EIT. (Verger & Brullot, 2015, p. 321). L'échelle appropriée dépend du context économique, social et environnemental du territoire.

Le développement durable n'est pas une science statique : il faut faire attention aux changements d'échelles. La durabilité territoriale change selon l'échelle de territoire concernée. Ainsi la durabilité locale vise à conserver une qualité de vie et une attractivité soutenable, via les notions de pérennité, de résilience et de multi-fonctionnalité du territoire. Cette durabilité peut être appréhendée par des études systémiques, des méthodes participatives ou des analyses techniques. La durabilité régionale fait elle appel à la cohésion territoriale pour préserver son patrimoine naturel sans compromettre son développement économique lui permettant d'assurer attractivité et plein emploi. La durabilité nationale et globale fait elle appel à la notion de développement durable ; les études systémiques sont ici très difficiles, seules les analyses techniques peuvent donner une idée de son évaluation. (Verger & Brullot, 2015, p. 324)

Figure 3. Dimensions et compréhension de la complexité d'un projet de développement durable par rapport aux échelles territoriales



La figure ci-dessus développe une analyse territoriale par rapport aux échelles (locale, régionale, nationale et globale) qui permet d'aborder les problématiques à travers l'étude des pratiques, des espaces et de la régulation qui favorisent l'analyse dynamique et la coordination entre les dimensions (environnemental, social et économique) impliquées. La visualisation de la multi-dimensionnalité des relations et ses impacts par rapport au territoire déterminé du projet, couplé à une représentation

spatiale des proximités, permettrait de concevoir des scénarios heuristiques favorisant la mutualisation des ressources sur un plan bien défini en fonction des attentes. (Soulier, Neffati, Bugeaud, Calvez, & Leitzman, 2015). On peut apercevoir qu'il y a quelques relations que ne sont pas négligeables, car plus restreint devient le territoire, plus la compréhension de la complexité de l'analyse augmente ; de la même façon quand la comprehension de la complexite augmente plus on a besoin de nous approcher aux dimmensions étroits, comme par exemple l'économique et trouver des réponses à des questions sur la qualité de vie, attractivité et multi-fonctionnalité du territoire.

3. Méthodologie, indicateurs et outils d'évaluation des stratégies de durabilité forte

Dans la partie précédente, nous avons insisté sur les 4 échelles (locale, régionale, nationale et globale) que sous-tendait le territoire. Dans ce qui suit, nous souhaiterions réintroduire les quatre postulats susceptibles de positionner l'écologie industrielle et territoriale dans un cadre de durabilité forte. Ces quatre postulats renvoient directement aux interactions qui se développent au sein de l'écologie industrielle territoriale. Il s'agit notamment du ***métabolisme territorial*** (particulièrement active dans la comptabilisation des flux de matières, énergies et information au milieu de l'environnement naturel), de la ***proximité géographique*** (cadre social du territoire), de la ***coopération*** (propre à la dimension économique), et de la ***résilience*** (qui s'intègre dans une dimension ontologique).

On fait ici l'hypothèse que ces quatre postulats comprennent toutes les dimensions du développement durable et auto-renforcent la notion de durabilité forte ; et qu'un véritable travail de recherche[5] doit être entrepris pour définir quantitativement et qualitativement, d'une part les indicateurs susceptibles de rendre compte de cette durabilité et d'autre part un cadre méthodologique plus large, dans la même ligne de l'écologie urbaine, englobant toutes les dimensions mentionnées du développement durable.

3.1. Indicateurs Ontologiques

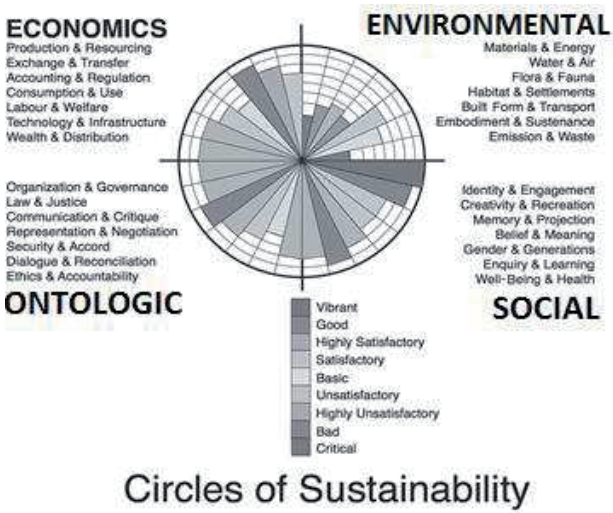
Ce sont les critères ontologiques à travers d'une étude de la résilience que permettent d'analyser le territoire d'une façon multidimensionnelle, multicritère et multi acteur. Les cercles de soutenabilité territoriale, une méthodologie modifié à partir de l'ouvrage « Urban Sustainability in theory and Practice » (James, 2015), est le seul outil, identifié jusqu'au maintenant qui permet détecter des manques, des opportunités, des pistes de

[5] Travail de recherche qui sera présenté au colloque « Europe and sustainable development » (octobre 2016) sous le titre « Sustainable Development toolbox evaluation in the Industrial Ecology » (co-écrit avec Julian Torres).

réflexion et de décision clés à partir de la description et modélisation d'un territoire, que le modèle économique dominant a appliqué sur la base d'un « business as usual ».

Les chercheurs déduisent trois indicateurs pour quantifier la résilience (1) La taille du bassin d'attraction, qualifiée de latitude (L), (2) La profondeur de l'attracteur (R), qui mesure sa puissance d'attraction, (3) Enfin la précarité (Pr) est égale à la distance qui sépare le point figurant l'état du système, à l'instant où il est atteint par une perturbation (Dauphine & Provitolo, 2007). Les trois indicateurs peuvent être identifiés et liés à chacune des dimensions (sociales et environnementales) qui ont montré qu'un territoire peut être analysé grâce à cette grille de lecture.

Figure 4. ***Les cercles de soutenabilité territoriale***



Source : Adéquation du modèle des cercles de soutenabilité de James (2015, p. VIII)

3.2. Indicateurs Environnementaux

Les critères environnementaux peuvent être évalués de manière claire à l'aide de concepts normés Analyse du cycle de vie (ACV), « Energy Return of Investment » (EROI), Analyse de Flux d'énergie et matière, les liens entre les performances de procès et les performances économiques peuvent être évalués et optimisés à l'aide d'outils d'optimisation de systèmes. Les critères inclus dans ce dimension sont :

matière & l'énergie ; l'eau & l'air ; la flore & faune ; l'habitat & établissements ; transport ; subsistance et déchets & pollution (Verger & Brullot, 2015, p. 328).

3.3. Indicateurs Sociaux

Les critères sociaux peuvent être évalués lors d'un prise en compte plus systématique qui permettre mieux diagnostiquer les évolutions des modes de consommation en cohérence avec les objectifs et les actions de consommation responsables mis en place sur le territoire. L'approche par le « Social Network Analysis » offre une grande puissance de corrélation et de généralisation mais le chercheur est incité à l'ethnocentrisme et risque de pratiquer une science analytique simplificatrice. Au contraire, l'approche par le territoire prend en compte la contingence inhérente à toute analyse complexe en sciences humaines et sociales, au risque d'un flou épistémologique et ainsi que d'une projection abusive des pensées du chercheur sur ses objets d'étude.

Les deux approches peuvent très bien être intégrées dans la méthodologie des cercles de soutenabilité pour étudier des territoires aux populations d'acteurs plus larges. Il s'agit alors de coupler l'approche par le territoire à des enquêtes qualitatives qui se concentreraient sur les acteurs principaux. Il serait également possible d'imaginer une analyse des réseaux sociaux dédiée à l'identification des acteurs principaux qui seraient ensuite interrogés lors d'entretiens. (Joubert & Brullot, Etudes des dimensions sociales des démarches d'écologie industrielle et territorial. Quelle méthode pour quel type de résultats?, 2015, pp. 35-42)

3.4. Indicateurs Economiques

Les critères économiques peuvent être évalués à partir de deux types d'inventaire du cycle de vie qui peuvent être mobilisés selon les activités étudiées, et après intégrés aux Cercles de Soutenabilité territoriale. Pour les activités de production et certaines activités de consommation, des ACV basées sur les processus physiques seront utilisées. Pour les autres activités de consommation (produits alimentaires, biens et services), il est conseillé de recourir aux ACV basées sur l'approche économique input-output (Loiseau, Junqua, Roux, Maurel, & Bellon-Maurel, 2015, p. 376). Les indicateurs des domaines de gestion comme la Chain de Gestion de l'Offre ou Chain Verte de la Gestion de l'Offre, sont très utilisées pour maitriser les donnes économiques au niveau local ou même régional, avec la problematique d'une logique linéaire de cause-effet.

4. Normaliser les dispositifs d'évaluation de l'EIT pour mieux comprendre les territoires

En utilisant le ou les indicateurs qui correspondent le mieux aux intérêts du projet selon l'échelle du territoire, on peut bénéficier d'approches scientifiques différentes, mais complémentaires (on arriverait à bénéficier des avantages agrégés des différents indicateurs selon leur niveau de complexité).

Pour les évaluations les plus complexes à l'échelle du territoire local ou régional, on favorise les bases liées à la dimension sociale et aux critères ontologiques, seuil de conformation d'un cadre de référence sur lesquelles viennent se construire les phénomènes dynamiques, scientifiquement plus solides dont permet s'extraire des illusions habituelles de la pensée analytique. En tant que pour les échelles mois complexes comme la global ou national ce même type d'évaluation n'a pas de sens, car les critères sont plutôt d'ordre environnemental et économique, donc la quantification des impacts, l'estimation des services rendus par un territoire suffit pour assurer une base fiable de comparaison de scénarios. Des indicateurs plus physiques et liés au produit comme l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) sont proposés intégrant un outil d'évaluation ad hoc pour ces types d'échelles. (Loiseau, Junqua, Roux, Maurel, & Bellon-Maurel, 2015, pp. 372-373)

Tableau 2. Outils d'évaluation à appliquer au Cercles de Soutenabilité Territoriale selon les indicateurs correspondants

POSTULAT	INDICATEURS	OUTIL D'EVALUATION
Résilience	Ontologique	Analyse multicritère et multi acteur dans la modélisation de Cercles de Soutenabilité
Métabolisme territorial	Environnemental	Analysis de Cycle de Vie (ACV), EROI, optimisation de systèmes, Energy Flow Analysys, Material Flow Analysis,
Proximité géographique	Social	Social Network Analysis, Analyse Sistèmique du territoire,
Coopération	Economique	ACV basée sur processus physiques et sur approche Input/Output, Supply Chain Mannagement et Green Supply Chain Mannagement

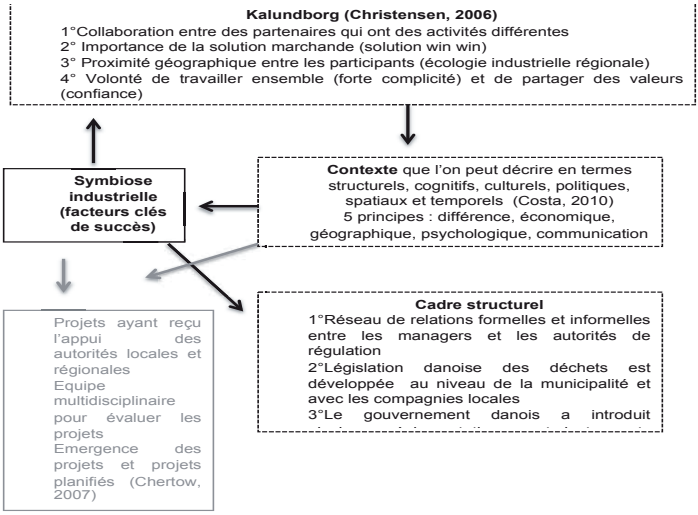
Le tableau ci-dessus a comme objectif nous démontrer que la perspective la plus cohérente serait alors de normaliser et de mutualiser ces outils d'évaluation dans une seule méthodologie, liées à toutes les dimensionnes et échelles territoriales pour accroitre la faisabilité, la cohérence, la lisibilité et l'efficience de l'évaluation des quatre postulats issues d'un modèle de durabilité forte des territoires, à travers les Cercles de Soutenabilité des territoires. (Gombert-Courvoisier, Sennes, & Ribeyre, 2015, p. 357)

CHAPITRE 2

La symbiose industrielle une alternative de l'écologie industrielle et territoriale qui peut s'affirmer comme un modèle de développement durable fort

Il existe une importante littérature sur les symbioses industrielles (Chertow M. , 2007), (Zhu, Lowe, Wei, & Barnes, 2007), si la plupart des travaux ont focalisé leur attention sur le modèle de Kalundborg (Doménech & Davies, 2011), certains ont cherché à définir les facteurs clés de cette *success story* (Christensen , 2006) (Diemer, Figuière, & Pradel, 2013; Buclet, Ecologie Industrielle et Territoriale: stratégies locales pour un développement durable, 2011)). Selon Christensen cinq facteurs seraient ainsi à l'origine du succès de Kalundborg: (i) la collaboration entre des participants opérant sur des secteurs d'activité différents, (ii) l'importance de la solution marchande, (iii) une proximité géographique entre les participants (écologie industrielle régionale); (iv) la volonté de travailler ensemble et de partager des valeurs, (v) la bonne communication entre les partenaires. Plus récemment (Diemer, 2015) ait revenu sur ce qu'il appelle les cinq principes susceptibles de produire une symbiose industrielle, à savoir le *principe de différence*, le *principe économique*, le *principe géographique,* le *principe psychologique* et le *principe de communication*.

Figure 5 . ***Les facteurs de succès de la symbiose industrielle de Kalundborg.***



Source : (Diemer, Figuière, & Pradel, 2013)

Dans ce qui suit, nous souhaiterions focaliser notre attention sur le cadre méthodologique qui pourrait conduire à l'étude d'une symbiose industrielle. Notre démarche s'est décomposée en deux étapes : 1° La formulation de 4 postulats susceptibles de rendre compte de la durabilité forte d'une symbiose industrielle ; 2° La détermination d'un cadre théorique de la durabilité (4 leviers) à partir d'une mobilisation de trois analyses méthodologiques complémentaires.

1. Postulats de la durabilité forte d'une symbiose industrielle

Le premier des quatre postulats associés à la notion de *durabilité forte* de la symbiose industrielle est contenu dans l'idée de ***métabolisme industriel,*** chère aux ingénieurs. Il s'agit plus précisément de mesurer quantitativement et qualitativement la dimension physique des activités économiques, à savoir les flux et les stocks de matières et d'énergies inhérents à toute activité industrielle (Ayres, 1989). Dans un ouvrage intitulé *Changer de Cap : Réconcilier le développement de l'entreprise et la protection de l'environnement*[6], Stephan Schmidheiny et le BCSD (Business Council for Sustainable Development) associent la méthodologie du métabolisme industriel au ***principe d'écoefficience***. Selon Erkman, cette méthodologie consiste « *à établir des bilans de masse, à estimer les flux et les stocks de matière, à retracer leurs itinéraires et leur dynamique complexes, mais également à préciser leur état physique et chimique* » (Erkman, 1998, p. 56). Au sein même des entreprises, cette comptabilisation est réalisée sous la forme d'une matrice input-output et d'une analyse du cycle de vie (ACV). Ces « bilans environnementaux » permettent de contrôler les échanges, de connaître le niveau auquel ils se produisent, de savoir comment ils se structurent et comment ils déstructurent l'environnement (Esquissaud, 1990). D'un point de vue économique, le métabolisme industriel comprend tous les flux de matière et d'énergie qui permettent au système économique de fonctionner, c'est-à-dire de produire et de consommer. Il permet ainsi de changer notre perception de la valeur d'un bien (généralement associée à la loi de l'offre et la demande, au prix du marché) en incluant des facteurs écologiques, sociaux et culturels via des flux de matières, d'énergies et d'informations (Passet R. , 1991).

Le deuxième postulat stipule que si la symbiose industrielle s'inscrit dans ***une logique marchande*** (création de valeur), elle ne fait pas de la concurrence, une condition d'efficience. Bien au contraire, les relations marchandes au sein de la symbiose s'appuient suivant sur des synergies entre les acteurs qui préfèrent privilégier ***la coopération*** et la collaboration à la compétition. L'écosystème industriel doit ainsi s'inspirer des nombreuses relations entre les êtres vivants présentes dans l'écosystème

[6] Cet ouvrage, qui n'est en fait qu'un rapport, a été présenté au sommet de la Terre (Rio, 1992).

naturel (*relation d'indifférence* avec le neutralisme et la synécie ; *relation antagonique* avec la compétition, la concurrence, l'amensalisme, la prédation et le parasitisme ; *relations favorables* avec le commensalisme, la synergie, l'aide mutuelle, la coopération et la symbiose). La durabilité « forte » de la symbiose renvoie ainsi à un changement de paradigme, un basculement de l'économie concurrentielle vers l'économie collaborative et l'économie coopérative. La première est un modèle économique basé sur l'échange et le partage de biens, de services, de temps et de connaissances entre les acteurs. La seconde consiste à concevoir et à produire des solutions intégrant des biens et des services selon deux types de dynamique : (i) passage de la vente de biens et de services à une contractualisation sur les valeurs d'usage ; (ii) approche systémique permettant de prendre en compte les externalités négatives (environnementales, sociales).

Tableau 3 . ***Les relations au sein d'un écosystème***

Relations d'indifférence	*Relations antagoniques*	*Relations favorables*
Dans un écosystème industriel, il peut s'agir de firmes qui se côtoient sans se porter grande attention (activités différentes). C'est le cas d'entreprises présentes dans une zone industrielle ou commerciale.	Dans un écosystème industriel, la compétition est liée au nombre de firmes, elle sera d'autant plus intense que ces dernières sont sur les mêmes marchés ou exercent la même activité. Des stratégies d'absorption, de scission et des OPA (offres publiques d'achat) hostiles peuvent prendre forme.	Dans un écosystème, le commensalisme s'apparente à une relation de sous-traitance. La vie du sous-traitant dépend du bon vouloir du donneur d'ordre. Les incubateurs et les clusters sont symptomatiques des relations synergiques. Les partenariats d'entreprises, les coopératives et les créations de filiales communes s'inscrivent dans une démarche coopérative. La symbiose est l'idéal type du processus associatif. La mise en commun de ressources, de savoirs, de capitaux… et de compétences permet à la symbiose. Les firmes peuvent être si imbriquées qu'elles constituent une nouvelle entité.

Le troisième postulat stipule qu'une symbiose industrielle repose sur des ***relations territorialisées.*** Le territoire peut être perçu comme un espace fonctionnel permettant de traduire des enjeux locaux (retraitement des déchets, assainissement de l'eau, dépollution de sites industriels…) et introduisant un principe clé, le ***principe de proximité*** (il s'agit à la fois d'une distance en termes économiques – coût de transport – et communicationnels – lieu de discussions et de rencontres). Le territoire insiste sur la capacité des acteurs à proposer de nouvelles formes de coopération qui, non seulement, peuvent engendrer des résultats économiques, environnementaux et sociaux positifs, mais peuvent également et surtout contribuer à la résurgence de l'intérêt collectif entre acteurs inscrits dans un même territoire (mise en place de schémas de cohérence territoriale ou d'agendas 21). D'une certaine manière, les symbioses industrielles trouvent dans l'écologie territoriale, un terreau susceptible de promouvoir une certaine idée de la durabilité. Selon (Buclet, 2015, p. 216), l'écologie territoriale trouve ses racines dans l'écologie urbaine (Wolman, 1965; Odum, 1976) ; et l'écologie industrielle (Billen, et al., 1983). Deux approches qui ont fondé leur analyse sur la méthodologie du métabolisme (établir et mesurer les flux entrants et sortants) et sur la question de la gouvernance locale. Cette dernière est associée à l'ensemble des mesures, des règles, des organes de décision, de surveillance et d'information qui permettent d'assurer le bon fonctionnement d'une organisation (ici la symbiose) et une communication transparente vis à vis des *parties prenantes* (Freeman, 1994; Dosse, 1995). D'un point de vue opérationnel, l'étude de la gouvernance locale suppose (i)

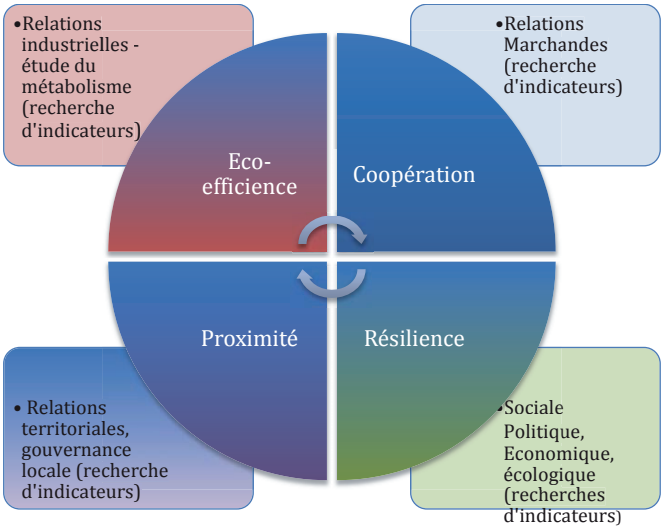
d'identifier les différents mécanismes et systèmes qui coexistent (entreprises capitalistes, associations, coopératives, collectivités publiques…) ; (ii) de comprendre leur mode de fonctionnement et d'évaluer les effets de leurs politiques en matière de durabilité (environnementale, sociale, culturelle, économique) ; (iii) puis de s'interroger sur les différents scénarios possibles en matière de coopération (répartition et partage des pouvoirs au sein d'une symbiose).

Le quatrième et dernier postulat suppose que la symbiose industrielle s'inscrive dans un système d'***interactions socio-politiques et socio-écologiques***. Ce dernier doit s'analyser sous plusieurs angles. Il s'agit tout d'abord de souligner le rôle joué par les pouvoirs publics, que ce soit l'Etat, les conseils régionaux ou les collectivités territoriales. L'autorité publique est à la fois (i) une force de propositions (cadre opérationnel pour la dépollution des sites industriels, financement de pipelines pour les échanges de flux d'énergie et de matière) ; (ii) un garant de certaines valeurs (justice, tolérance, respect d'autrui…) ou encore (iii) un animateur territorial (l'acteur public doit savoir mobiliser, susciter la participation, créer l'innovation sociale …). Il s'agit ensuite de comprendre comment la symbiose communique avec l'extérieur (création d'un Institut de la Symbiose, destiné à analyser les succès de ce modèle) et en son sein (communication formelle et informelle, place des conventions et de la confiance dans les relations humaines). Il s'agit enfin de mieux concevoir les interactions avec la société, c'est-à-dire de cerner les dimensions sociales (création d'emplois, dispositifs de réinsertion sociale…) et politiques (information des citoyens, processus de vulgarisation, notes d'informations, participation aux prises de décisions). Ainsi, les modèles de symbiose industrielle ne s'inscriront dans une démarche de durabilité forte qu'à la condition de susciter une véritable acceptabilité sociale (débats citoyens, culture de la concertation, projet éducatif…).

2. Leviers de la durabilité : une analyse méthodologique

Dans la partie précédente, nous avons insisté sur les 4 types de relations (industrielles, marchandes, territoriales et socio-politiques) que sous-tendait la symbiose industrielle. Dans ce qui suit, nous souhaiterions introduire quatre principes ou leviers susceptibles de positionner la symbiose dans un cadre de durabilité forte. Ces quatre leviers renvoient directement aux interactions qui se développent au sein de la symbiose. Il s'agit notamment de ***l'éco-efficience*** (particulièrement active dans la comptabilisation des flux de matières et d'énergies), de la ***coopération*** (propre à la dimension économique), de la ***proximité*** (cadre territorial) et de la ***résilience*** (qui intègre les dimensions socio-politiques tout en allant bien au-delà, puisqu'elle renvoie également aux dimensions écologique et économique).

Figure 6 . ***Les quatre leviers de la durabilité d'une symbiose***



Nous faisons ici l'hypothèse que ces quatre leviers auto-renforcent la notion de durabilité forte d'une symbiose industrielle et qu'un véritable travail de recherche doit être entrepris pour définir (quantitativement et qualitativement) les indicateurs[7] susceptibles de rendre compte de cette durabilité. Pour ce faire, nous aurons recours à deux différents approches qu'on trouve complémentaires : (i) l'approche internationale dominante (anglophone) emploie des méthodes d'analyse des phénomènes sociaux par des procédés inspirés du « Social Networking Analysis » dans une forme hypothético-déductive et linéaire, et (ii) une approche systématique des structures sociales dans leur contexte territoriale privilégié pour les chercheurs français (Joubert & Brullot, 2015).

Dans la méthodologie on va trouver deux outils compris dans l'approche dominant anglophone de « Social Networking Analysis » :

(i) une grille d'entretiens visant à appréhender les postures des acteurs (objectifs, attentes, stratégies, actions…) face aux décisions multicritère décryptés par une matrice SWOT[8], vise à enrichir les approches descriptives existantes pour faire passer le diagnostic territorial d'EIT à une approche davantage prescriptive qui permettrai analyser les discours des différents protagonistes[9] et cerner (chronologiquement)

[7] Ce travail est actuellement réalisé dans le cadre d'une thèse de Doctorat par l'auteur principal.
[8] Acronyme issu de l'anglais Strengths (forces), Weaknesses (faiblesses), Opportunities (opportunités), Threats (menaces)
[9] Utilisation d'un logiciel sémantico-statistique des textes (TROPES™)

l'histoire de la symbiose de Tampico en évaluant la mesure dans laquelle se conforme ce système de priorisation, puis de proposer pistes d'amélioration.

(ii) le recours aux cercles de soutenabilité de (James, 2015). Si cette approche relève principalement de l'écologie urbaine (titre de l'ouvrage *Urban Sustainability in theory and Practice)*, nous montrerons qu'une organisation comme la symbiose industrielle peut être analysé grâce à cette grille de lecture.

Dans l'approche traditionnelle française d'analyse systématique d'structures sociales on va trouver une analyse systémique reposant sur la dynamique des systèmes (initiée par les travaux de (Forrester, 1965)et (Meadows, Meadows, & Randers, 1972). Contrairement aux schémas de flux, couramment utilisés pour présenter les échanges de matières, d'énergies et d'eaux, la dynamique des systèmes insiste sur les boucles positives et négatives amplifiant ou régulant la symbiose[10].

En utilisant le deux approches scientifiques différentes, mais que nous semblent complémentaires, on arriverait à se bénéficier des avantages agrégés proposés pour chaque un. C'est-à-dire qu'on prendrait en compte les bases sociales liées à l'individu et au cadre de référence sur lesquelles viennent se construire les phénomènes sociaux, scientifiquement plus solides dont permet s'extraire des illusions habituelles de la pensée analytique pour pratiquer une pensée que comprend les phénomènes dans leur profondeur, et au même temps avoir des résultats plus satisfaisants car l'approche anglophone du « Social Network Analysis » offre des réponses claires et limitées, que seront approfondis et prendrait en compte la divergence grâce au analyse dynamique des systèmes.

3. La symbiose à Tampico, une illustration d'un modèle d'écologie industrielle et territoriale au Mexique

L'écologie industrielle n'est pas un luxe réservé aux pays riches. On peut avancer au moins trois arguments principaux conduisant à penser que l'écologie industrielle devrait être considérée comme une stratégie pertinente et prioritaire pour les pays dits en développement:

- La mondialisation de l'économie rend anecdotique toute tentative de transformation confinée aux pays riches, alors que ces derniers ont déjà transféré dans des pays en développement une bonne partie de leur activité industrielle (surtout celles nécessitant beaucoup de matières premières et d'énergie) ;

[10] On utiliserait le logiciel Stella pour décrire la dynamique de la symbiose de Tampico.

- La majeure partie de la population mondiale se trouve dans les pays en développement, et son poids démographique va encore s'accroître. De plus, le pouvoir d'achat de cette population augmente en moyenne, et surtout, son style de vie devient de plus en plus consumériste. Les problèmes des déchets et des ressources se posent donc de manière encore plus aiguë dans ces pays ;

- La trajectoire d'industrialisation des pays en développement diffère profondément de celle des pays riches. En Europe et aux Etats-Unis, le processus d'industrialisation s'est fait progressivement, laissant tant bien que mal la possibilité de corriger a posteriori les problèmes principaux. Les pays actuellement en voie d'industrialisation et d'intégration dans l'économie globalisée connaissent un processus beaucoup plus rapide. Il en découle que les approches préventives, telle que l'écologie industrielle et territoriale, deviennent des priorités urgentes, alors que le traitement traditionnel des déchets selon la philosophie end of pipe apparaît comme un luxe peu efficace.

Etant issue à l'origine, aux Etats-Unis et en Europe, de quelques cercles d'ingénieurs et de responsables d'entreprise, l'écologie industrielle a pu donner l'impression de ne concerner que les pays industrialisés. Mais il n'a pas échappé à un certain nombre de pays en développement, notamment en Asie, que le concept d'économie circulaire appliqué à l'écologie industrielle et territoriale était non seulement l'une des meilleures stratégies pour modérer les impacts négatifs de l'industrialisation, mais aussi un atout non négligeable pour accroitre la compétitivité de leurs économies (Erkman, Vers une écologie industrielle, 2004).

3.1. Histoire de l'écologie industrielle au Mexique

Alors que l'écologie industrielle a connu un essor rapide dès le début des années quatre-vingt-dix aux Etats-Unis, au Canada, au Japon et en Europe du Nord, l'intérêt pour ce nouveau champ de recherches, au Mexique, s'est d'abord caractérisé par une assez longue période de latence. Toutefois, cette latence semble devoir diminuer rapidement, compte tenu de l'attention croissante que rencontre actuellement l'écologie industrielle dans divers milieux économiques, politiques et administratifs du pays.

Mis à part les travaux précurseurs du *"Business Council pour Sustainable Development"* et du *"South Tamaulipas Industrial Association"* sur le site de Tampico en 1997, force est de constater que l'intérêt pour l'écologie industrielle est resté marginal au Mexique jusqu'au début du XXIème siècle. Le premier colloque éco-industrielle fût organisé à l'Institut Polytechnique National (IPN) en 2006, à l'initiative de Gemma Cervantes Torre-Marín.

En 2007, le Groupe de Recherche en Ecologie Industrielle (GIEI en espagnol) - en partenariat avec l'Unité Professionnelle Interdisciplinaire en Biotechnologie de l'IPN

et avec le soutien du Conseil National de la Science et la Technologie (CONACYT) - a développé quelques projets d'écologie industrielle relatifs aux agrosystèmes (Xochimancas, District Fédéral et Tochtli entre 2008 et 2009). Cette période coïncide avec la collaboration du groupe de Recherche AGSEO de l'Université Autonome Métropolitaine (2008). L'AGSEO héberge la première chaire doctorale d'écologie industrielle au Mexique (2006), via la réalisation de la thèse doctorale de la professeure Graciela Carrillo à l'Université de Barcelona. Depuis 2008, l'AGSEO propose une étude de cas du Parc Industriel Altamira-Tampico et du Parc Industriel Toluca 2000, qui malheureusement fermera ses portes l'année suivante, suite à des problèmes organisationnels.

En 2011, le GIEI a développé des projets d'écologie industrielle dans la gestion des déchets solides urbains dans la Vallée du Mexique. En 2012, un projet de biocarburants associé aux algues marines a vu le jour grâce au Groupe GEIC et le soutien financière du CONACYT.

En ce qui concerne la gestion environnementale des zones d'activités pour la valorisation et la mutualisation des ressources entre entreprises, le Réseau Mexicain d'écologie industrielle, sous l'impulsion du GIEI et notamment de Gemma Cervantes Torre-Marín, a favorisé dès 2010 la mise en œuvre de pratiques relevant de l'écologie industrielle dans les zones d'activité des Institutions membres: Université Autonome de Querétaro, Université de Guanajuato, Université Technologique de León, Université Autonome Métropolitaine et l'Institute Polytechnique National.

Parmi tous les projets d'écologie industrielle, il existe un champ de recherches et d'actions opérationnelles qui focalise l'attention des décideurs politiques. C'est la recherche de synergies entre acteurs, qui est présentée comme un des moyens de réduire l'impact des activités humaines sur l'écosystème (Buclet, 2011). Cette recherche de synergies présuppose des formes de coopération entre entreprises et collectivités territoriales, notamment au niveau de territoires au périmètre non déterminable. L'intérêt de l'écologie industrielle serait ainsi de créer des interactions entre acteurs relativement proches géographiquement, mais n'ayant pas toujours l'occasion d'échanger, faute d'intérêts communs (Diemer, Figuière, & Pradel, 2013). Le champ de l'écologie industrielle et territoriale était ainsi définie au Mexique et avec lui, l'importance dévolue aux pouvoirs publics (collectivités locales) en chaque une des quatre exemples de Parcs industrielles cibles et décrites ci-dessous.

Tableau 4. ***Expériences de Parcs industrielles au Mexique***

Code	Dates	Projet	Porteur du projet	Périmètre	Pour aller plus loin
1	1997-Aujourd'hui	*«By Productsinergy»*	*"Business Council for Sustainable Development"* et *"South Tamaulipas Industrial Association"*	*Corredor Industriel Tampico-Altamira*	*http://oldwww.wbcsd.org/DocRoot/VvYTNmsJuZwcZxjtYQI3/USBCSDBPSfullcasefinal.pdf, http://148.206.107.15/biblioteca_digital/capitulos/423-5762uki.pdf*
2	2010	Bouclage de flux	The Brownsville Economic Development Council (BEDC)	Corredor Industrial Matamoros-Bronsville	http://www.inge.nieroambiental.com/7/manual03.pdf
3	2007-2009	*Industrial Symbiosis Programme (NISP)*	Etat du Mexico gouvernement et l'Ambassade du Royaume Unis	Etat du Mexico	http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/medioambiente/Varios/Descargas_en_PDF/Concentrado%20sobre%20NISP%20Septiembre%202009.pdf, http://148.206.107.15/biblioteca_digital/capitulos/423-5768ozr.pdf,
4	2013	*Micro Parc Eco-Industrielle*	Université Autonome de l'état du Mexico en coopération avec le gouvernement de l'Etat du Mexico.	Tepeji del Río	http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/5570/3_micro_parque.pdf

En reprenant le cadre de l'écologie industrielle et territoriale défini précédemment, nous présenterons l'expérience mexicaine de la symbiose industrielle de Tampico, qui est l'une des premières expérimentations d'écologie industrielle dans les pays du Sud (Duret, 2007). Ce projet a été initié sur la zone industrielle de Tampico par la branche régionale du « *Business Council for Sustainable Development » (BCSD)*. Par la suite, ce projet a servi de modèle à de nombreuses autres expériences aux Etats Unis et au Canada.

3.2. La symbiose industrielle Tampico, le modèle "By-product Synergy"

Le projet de symbiose industrielle a été portée par le Business Council for Sustainable Development – Gulf of Mexico. Il a vu le jour en 1997 dans la ville de Tampico, Etat de Tamaulipas. Tampico est l'un des ports les plus actifs du Mexique et le site industriel de la région de Tampico-Altamira se prêtait particulièrement bien à une initiative de recherche de synergies de sous-produits (By-products synergy) :

• Les activités du site étaient liées aux secteurs de la chimie et de la pétrochimie dont les procédés de fabrication génèrent souvent des sous-produits réutilisables,

• La proximité des entreprises devait faciliter les échanges,

• La plupart des entreprises étaient membres d'une association locale d'industriels qui avaient déjà l'habitude de travailler ensemble,

• Enfin, 18 des 21 industries impliquées dans le projet étaient certifiées ISO 9000 et ISO 14000.

Tous ces aspects ont constitué des conditions favorables au lancement de ce projet. Il s'agissait tout simplement de mettre en place une dynamique visant à systématiser les échanges de matières et d'énergie sur le site existant.

Les motivations qui ont mobilisé les acteurs autour de ce projet, sont multiples : diminution des consommations énergétiques, réduction de l'impact environnemental de l'activité industrielle, opportunités en termes d'échanges, réduction des émissions de gaz à effet de serre (par la réduction de la demande en matériaux bruts et de la mise en décharge).

L'étude préalable d'identification des synergies potentielles s'est étalée entre octobre 1997 et janvier 1999. Les différentes phases du projet (prise de conscience - collecte des données - analyse et mise en œuvre - évaluation) ont permis de répertorier 373 flux de matières (199 entrants et 174 sortants) et d'identifier une douzaine de synergies potentielles.

La **premier étape** de *prise de Conscience et Collecte de données* Parmi l'ensemble des synergies répertoriées, seules trois d'entre elles ont été mises en place dont une partiellement. Les autres n'ont pas pu aboutir pour des raisons de rentabilité économique, de contraintes réglementaires ou techniques, d'éloignement géographique, ou encore suite à un manque de réactivité ou de confiance.

D'une manière générale, 21 entreprises de la zone industrielle de Tampico, parmi lesquelles on trouve 18 membres de l'Association d'Industrielle du Sud de Tamaulipas A.C. (AISTAC), présentent une réelle responsabilité individuelle et collective vis-à-vis de l'environnement et du développement durable et continuent d'être attentives aux opportunités d'optimisation de leurs ressources comme l'eau ou l'énergie. Elles communiquent bien entre elles, notamment grâce à l'association qui les rassemble, ce qui leur permet d'entretenir un bon niveau de confiance et d'échanger des bonnes pratiques. L'action de coordination et de lobby auprès du gouvernement mexicain du

bureau local du BCSD facilite grandement la réflexion et la mise en œuvre des principes de l'écologie industrielle à Tampico[11].

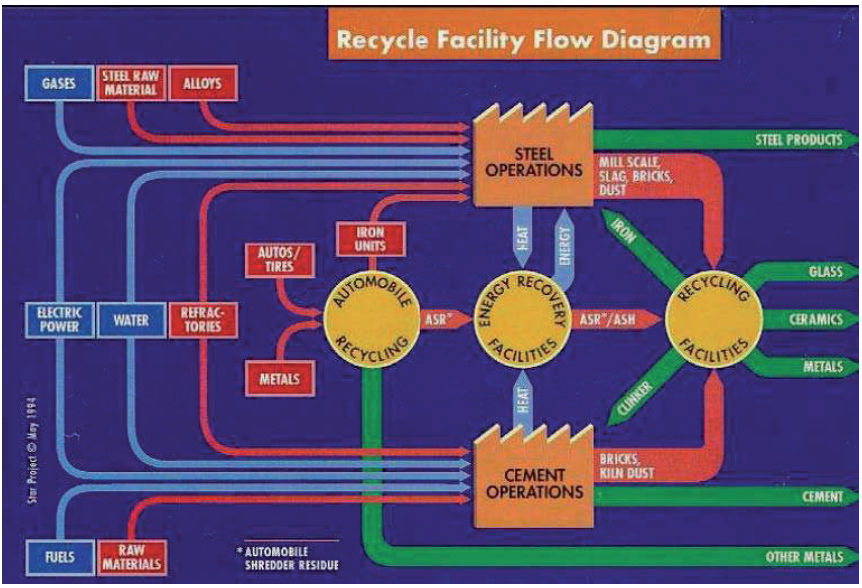
Le projet de symbiose industrielle à Tampico fût initié en 1990, sous la direction de Gordon Forward, chef de « Chaparral steel », membre du groupe « Texas Industries », et proche du secteur de la production de ciment via l'entreprise Portland ciment. Forward révéla un grand nombre de synergies potentielles entre l'industrie de l'acier et celle du ciment. La mise au grand jour des synergies potentielles entre les deux entreprises – notamment la gestion des flux matériels entre déchets et ressources comme intrants - fût rendu possible grâce à l'identification des contraintes techniques et des besoins en ressources humaines.

Au début du projet, la complexité des opérations et le sentiment de méfiance furent dominants, même lorsque les entreprises n'étaient pas en concurrence. Une fois ces obstacles tombés, les bienfaits de la coopération inter-entreprises se sont révélés être très importants, notamment via des échanges culturels et l'identification des synergies potentiels. Le passage de la posture d'isolement entrepreneurial à une nouvelle façon de faire des affaires (partage d'objectifs, échange d'information, recyclage de matériels fût ici déterminant (Business Council for Sustainable Dvelopement - US, 2008).

La synergie entre les deux entreprises a pris les traits d'un brevet et d'un nouveau procès (du nom de CemStar, qui utilise l'acier comme intrant pour la production des fours à ciment). Ce procès a permis l'obtention d'un ciment de haute qualité. En plus, l'entreprise Portland attend d'autres bénéfices (croissance de revenus), une réduction des besoins énergétiques (entre 10% et 15%) et une importante réduction des émissions de CO_2 (de 10% par tonne de production de ciment). Forward et Mangan ont partagé leurs résultats avec le BCSD, pour démontrer le potentiel de ce type de synergies à l'intérieur du Parc industriel d'Altamira (Business Council for Sustainable Dvelopement - US, 2008).

[11] Source : http://www.wbcsd.org
http://www.wbcsd.org/DocRoot/VvYTNmsJuZwcZxjtYQJ3/USBCSDBPSfullcasefinal.pdf

Figure 7. ***Diagramme de Flux de Recyclage Parc Industriel Tampico-Altamira 1997-1999***



Source: BCSD Gulf of Mexico, 1997

La **deuxième étape** *d'analyse et mise en œuvre* commença en 1998, elle fût caractérisée par la participation de deux groupes de recherches; celui de l'Université Autonome Métropolitaine, Analyse et Gestion Socioéconomique des Organisations (AGSEO) et celui de l'Institute Polytechnique National, Groupe de Recherche en Ecologie Industrielle (GIEI) dont les intentions premières étaient de multiplier le nombre de synergies développées sur le terrain. L'objectif du projet était l'identification des facteurs et des conditions nécessaires pour l'essor de stratégies d'innovation technologique et organisationnelle qui puissent à l'avenir amener des résultats positifs en termes d'écologie industrielle : éco-efficacité, recyclage de matériels et synergies industrielles (Lule Chable, Cervantes Torre-Marín, & Graciela, 2011)

Dans cette région, il y a plus de 30 installations industrielles avec une capacité de production de 3 millions de tonnes chaque année. Le pourcentage d'exportation est d'environ 50 ou 60% de la production vers 55 pays du monde. L'investissement est de plus de quatre milliards de dollars et les opportunités de création d'emplois y sont nombreuses. Ce sont aussi les principaux producteurs nationaux en matière de carbone,

résine thermoplastique, pigment blanc, PET, PVC et caoutchouc synthétique. La raffinerie, le port et les installations du parc Industriel d'Altamira soutiennent la distribution et production des entreprises membres (AISTAC, 2016). Les flux d'entrée et de sortie des matières, les outils et l'information sur les couts ont été estimés sur mesure. Lors de la première étude, l'eau résiduelle, le dioxyde de carbone et le carbone étaient les trois principaux déchets, avec une production respective de 44820, 44400 et 26720 tonne/année (Carrillo, 2005).

29 flux de matières avec 46 modes d'emploi différents ont été identifiés à travers l'étude du métabolisme industriel de l'écosystème Tampico-Altamira. 63 synergies ont été proposées. Après une évaluation technique, légale et financière, 13 d'entre elles (les plus viables) ont été mises en œuvre. Mettre en œuvre des synergies n'est pas une chose facile. Il y a beaucoup de contraintes économiques, normatives et géographiques. Certaines apportèrent de bons résultats alors que d'autres butèrent sur des contraintes technologiques. Un problème posé par le système économique fût clairement identifié, à savoir que le coût environnemental (ou coût dit de pollution) n'était pas inclus dans la structure organisationnelle, ce qui fait que les investissements synergétiques n'étaient pas économiquement viables la plupart de temps.

La distance et le coût de transport des matières identifiées dans les flux de la symbiose d'Altamira constituèrent une contrainte économique forte. La principale barrière normative fût une exigence de reclassification des matières de déchets en raison de ses fonctions potentielles (Lule Chable, Cervantes Torre-Marín, & Graciela, 2011).

Les points forts de la symbiose industrielle de Tampico et plus généralement ceux liés à la mise en place d'un parc éco-industriel ont pu être identifiés :

1. Un rôle important joué par les acteurs publics (ici, c'est la volonté des collectivités territoriales de redynamiser un territoire en difficulté économique) ;

2. Une participation des associations industrielles ou groupes sociaux et collectives ;

3. Une forte intégration de la population locale et des particularismes du territoire ;

4. L'existence de leaders très engagés et charismatiques ; avec compétences en communication et confiance des partenaires ;

5. Un investissement particulier dans tous les projets et une participation des ressources publiques, soit de la collectivité, à un niveau national ou international dans le cas *d'Industrial Symbiosis Programme*.

6. Une facilitation des aspects juridiques et réglementaires par rapport aux projets des entreprises individuelles.

7. Une forte capacité de résilience de la symbiose proprement dite (notamment par la prise en compte du facteur environnemental : volonté des entreprises locales de réduire la pollution et leurs émissions de gaz à effet de serre) ;

8. Une forte synergie entre les entreprises locales et les collectivités territoriales inscrite dans un processus de coopération décentralisée.

Un tel exemple comme Tampico démontrerait que l'écologie industrielle et territoriale s'inscrit dans les stratégies de développement durable des territoires tout en proposant un modèle de développement alternatif aux pays en développement. A l'heure où le Mexique ouvre son marché de l'énergie à la concurrence et envisage de développer les énergies renouvelables (principalement la biomasse), l'écologie industrielle et territoriale, calibrée sur la formule du « moins c'est mieux », pourrait de plus en plus s'imposer comme une stratégie viable pour le Mexique et les pays en développement plus généralement.

4. Perspectives de l'écologie industrielle et territoriale

Les auteurs ont présentée ici une partie de leurs travaux et méthodologie sur les quatre leviers (éco-efficience, coopération, proximité et résilience) qui devient clés pour le succès des symbioses industrielles potentiels dans une hypothèse d'écologie industrielle territoriale (EIT) avec une durabilité forte des processus socioéconomiques et sociopolitiques.

Nôtres deux cadres d'analyse permettraient d'aborder les problématiques territoriales à travers la prise en compte systématique des parties prenantes territoriales, et son échange de fluxes en matière, énergie et information à travers une coopération collaborative favorisé par l'analyse systématique des structures socioéconomiques et politiques territorialisé, mais aussi une analyse que même s'il est linéaire entant qu'hypothético-déductive peut offrir des réponses plus claires et limites dont pragmatiques et applicables au cas d'étude réelle.

Les deux cadres d'analyse sont complémentaires, car les avantages d'un soutiennent les faiblesses de l'autre; ils se présentent ici pour valider leur méthode auprès de cas de symbiose industrielle mexicaine de Tampico, en évaluant les quatre postulats identifiés dans cet article et aussi dans le cas de Dunkerque et Kalundborg qui permettra la mise en place des leviers de succès d'une symbiose dans une modèle qui permettra sa reproduction localisée de façon territorial.

CHAPITRE 3

Ecologie industrielle et territoriale un regard normatif et démocratique du développement durable

Dans chaque sphère de l'écologie industrielle se posent des questions clés, par exemple: comment prendre une décision, comment intégrer des phénomènes complexes et puis surtout comment intégrer les échelles locales/globales dans notre quotidien et gérer ainsi effectivement notre vie en société?

Les valeurs sont les principes sur lesquelles la société peut gérer effectivement le modèle du développement durable. Selon le dictionnaire Larousse : les valeurs sont ceux qui se posent comme vrai, beau ou bien d'un point de vue personnel ou selon les critères idéals d'une société.

A partir de l'interprétation de ce concept on peut comprendre que les valeurs sont les principes et représentations du développement durable sur lesquelles la société détermine la diversité de représentations sociales!

En tant que, la seule dimension qu'admet la richesse de cette diversité est la culture. La culture est perçue comme un composant aussi important que las dimensionnes économique, écologique et social. Notre basse culturelle a été posée comme un élément de réponse véritable à l'homogénéisation de nos modèles économiques, sociaux et environnementaux.

On ne peut pas concevoir un modèle de développement durable qui se centre seulement dans l'échelle global, et c'est grâce à la culture qu'on considère cette diversité comme une richesse importante qui peut répondre à des problématiques complexes.

1. Relation entre démocratie et écologie industrielle

Aujourd'hui on parle d'intégrer la diversité culturelle à la gouvernance comme la façon de gérer ensemble les **valeurs associées** au Développement durable (Diemer, 2015). Comment mettre en place la flexibilité, la complexité, l'interdépendance et la dynamique?

Les **valeurs associées** au développement durable sont nécessaires pour l'existence et le bon fonctionnement du développement durable mais ils ne sont pas forcément présentés comme sphères explicatives du modèle sociale.

D'une autre côte, les **valeurs constitutives** du développement durable sont ceux qui sont directement liées avec chaque une des sphères et ceux qui se trouvent dans une

position intermédiaire entre deux sphères ; sans lesquelles serait impossible à comprendre.

La démocratie est une valeur *sui generis* parce que on peut dire qui correspond aux valeurs constitutives et associatives et au même temps ne correspond pas à aucun catégorie sinon que fonctionne comme un levier transversal (Diemer, 2015).

La démocratie est une valeur constitutive de l'sphère culturel parce qu'elle doit s'implanter, non comme un système politique sinon comme la exigence d'une participation commun et responsable qui respect la diversité culturelle et le savoir-faire de tous les partie prenantes.

Ils sont les citoyennes de toutes les pays, soit occidentaux ou orientaux du nord ou sud, ceux qui déterminent la relation d'association global entre la démocratie, le développement durable et l'écologie industrielle et territoriale, parce-que comme valeur constitutive ou levier transversal doit apparaitre dans tous les modèles structurelles et fonctionnelles, soient locaux ou globales.

2. Eduquer a l'écologie industrielle et territoriale

Dans une situation d'épuisement de ressources naturelles et de problématiques environnementales croissantes, la proposition d'une éducation à l'écologie industrielle et territoriale est souhaitable et nécessaire. Elle s'inscrit dans un mouvement d'éducation au développement durable, celui-ci cherche à établir des bases scientifiques ciblées sur les sciences de l'ingénieur et les sciences sociales, en même temps qu'un bouleversement de paradigmes et des valeurs nécessaires pour que les futurs parties prenantes arrivent à réagir dans un contexte contradictoire entre une croissance économique soutenue et les problématiques environnementales que cette croissance amène (Geng, Mitchell, & Zhu, 2009)

De nature interdépendante, l'écologie industrielle et territoriale donne une vision flexible, dynamique, complexe et systémique des interactions entre la société industrielle et la biosphère. Elle doit s'appuyer principalement sur les postulats de résilience (capacité que permettent l'adaptation d'un système après l'affectation d'un choc exogène), métabolisme industriel (analyse des flux de matière, bilans matière-énergie, matrice input-output, évaluation du cycle de vie…), proximité territoriale (distance économique et social qui favorise ou pas les échanges entre acteurs du territoire), et coopération (comme moyen d'échange entre entreprises).

L'absence de compétences analytiques, systématiques, dynamiques et interdisciplinaires dans la plupart des cursus universitaires, rend difficile

l'incorporation dans son éducation quotidien des principes et valeurs sociales et ontologiques liées aux cinq principes du développement durable (Pellaud, 2011, pp. 53-68).

1. Le principe de la relativité. Ce principe fait appel à l'importance de la contextualisation, qui définit une compréhension ou des objectifs, non pas dans l'absolu, mais relatifs à un contexte particulier. Ce principe est facilement repérable à travers les notions de temps et d'espace, en économie le long terme corresponde de trois à dix ans ; dans le développement social il couvre une ou deux générations ; alors que dans le domaine de l'écologie peut s'étendre jusqu'au des millions d'années.
2. Le principe de non permanence. Ce principe se rattache à l'idée de processus dynamique, dans le sens où ce dernier nécessite de raisonner en termes de régulation et d'optimum. Par exemple, la conservation du patrimoine mondial en un monde d'évolution et rénovation constante se situe pas seulement au niveau de raisonnement, mais bien plus au niveau de nos valeurs.
3. Le principe d'ambivalence. Ce principe nous montre que nos modes de raisonnement les plus intimes ne sont pas toujours aussi binaires qu'on le souhaite. Ce n'est pas qu'en comprenant l'influence qu'exercent ces différents instances les uns sur les autres, ainsi qu'en percevant les réactions qu'une action, même localisée, peut avoir sur un ensemble plus grande, que on peut dépasser ce mode de pensée soumis à un découpage très cartésien.
4. Le principe de non-certitude. Il prendre en compte l'incertain et l'aléatoire, cela signifie qu'il faut savoir gérer l'inattendu, élément fortuit inhérent à tout processus, mais également le flou, le contradictoire. Par exemple, le principe de précaution dans le développement durable, il est évoqué dans des situations dont la complexité et l'incertitude ne permettent pas d'appréhender toutes les conséquences.
5. Le principe d'interdépendance. Ce principe inclus des interactions qui sont le fondement proprement dit de la complexité du développement durable. Tout comme les interdépendances, les interactions s'exercent entre plusieurs systèmes, chaque domaine appréhendé étant un système en soi.

Complétant cette réflexion sur les caractéristiques nécessaires à l'éducation de l'écologie industrielle et territoriale (EIT), donc nous avons relevé certains principes qui permettent également de mieux cerner les enjeux ontologiques en commun avec le développement durable (Pellaud, Bourqui, Gremaud, & Rolle, 2013) en traversant par les quatre postulats de l'EIT comme modèle de durabilité forte proposés dans cet article.

Tableau 5. Principes d'apprentissage du développement durable appliqués aux postulats de l'Ecologie Industriel et Territoriale

PRINCIPES D'EDUCATION AU DD –Francine PELLAUD	POSTULATS D'UN SYMBIOSE EN DURABILITE FORTE - MORALES	PRINCIPES D'EDUCATION D'EIT
De relativité	Coopération	Flexibilité
D'interdépendance	Proximité	Interdépendance
De non-permanence	Métabolisme territoriale	Dynamique
D'ambivalence	Résilience	Complexité
De non certitude		

En synthèse, le tableau ci-dessus nous propose quatre principes d'éducation en EIT : flexibilité, interdépendance, dynamique et complexité, que sont liées de façon systémique à chaque un des postulats de l'EIT en durabilité forte.

Le postulat de coopération dans une échelle locale de territoire va être lié au principe de flexibilité, un principe dans lequel on a une grande faiblesse dans les programmes de formation ingénieur et en sciences naturelles et économiques. La flexibilité en l'écologie industrielle et territoriale doit être contextualisé et ne va pas prendre la même forme en différentes endroits et à différents moments.

En deuxième position, le postulat de proximité serait directement lié au principe d'interdépendance, avec la même appellation que le principe d'éducation au développement durable de Francine Pellaud, 2011, propose de sortir des champs de compétences spécifiques, de ses problèmes immédiats, pour favoriser le regard systémique qui permet de mieux comprendre les liens qu'il y a entre le local et le global, ainsi qu'entre les différents acteurs, du supranational à l'individu.

Ensuite le postulat de métabolisme territorial va être lié au principe dynamique qui parle de l'effet que l'éducation en EIT est un processus, et que celui-ci nécessite des recherches d'optimum et des mises en place de régulation.

Finalement le postulat de résilience pour arriver au principe de complexité, l'écologie industrielle et territoriale se trouve obligé de décider dans le contradictoire, l'ambiguïté, l'incertain. Pour arriver à faire l'enseignement de l'écologie industrielle et territoriale, il faut privilégier l'effort des universités pour rendre l'enseignement flexible, interdépendante, dynamique et complexe et rendre l'étudiant capable de différencier chacune des échelles et des dimensions d'application de la science par rapport aux intérêts exprimés par les parties prenantes concernées. Cette approche

serait la seule façon d'avoir une performance[12] et une efficience dans le processus de production en même temps qu'on intègre aux objectifs fondamentaux, la protection et la conservation de l'environnement et de ses limites biophysiques, dans une nouvelle conception de consommation, non comme fin en soi même sinon bâti sur des valeurs partagées et qui puisse nous amener comme société vers une recherche de la satisfaction des nécessités avec la moindre consommation possible. (Ning, Chen, Wu, Cockerill, & Deng, 2007)

Il faut se poser la question ; est-on prêt à faire le pari d'une approche flexible, interdépendante, dynamique et complexe ? Une approche que puisse faire l'interconnexion entre les valeurs, nécessaires pour privilégier la résilience territoriale au lieu de la maximisation de profit et sa conséquente distribution inégalitaire. Ce défi s'avère crucial pour favoriser la transition vers un système viable de la société actuelle.

La question d'échelles, la conceptualisation des principes de l'enseignement de l'écologie industrielle et territoriale, la compréhension de l'information et de ses échecs; doivent être étudiés afin de fournir un véritable programme de formation d'écologie industrielle et territoriale aux universités.

2.1. Formation de formateurs en développement durable ; écologie industrielle et territoriale, un regard normatif

Le monde d'aujourd'hui a besoin d'une révolution structurelle et toute révolution, soit scientifique ou sociale, est consécutive à des changements des paradigmes. Le développement durable, ainsi comme l'écologie industrielle et territoriale implique un changement ontologique de valeurs, principes et bouts, pour arriver ainsi à une nouvelle perception du monde, de modèles didactiques et d'enseignement pour arriver à une nouvelle compréhension du monde dont on a besoin pour rendre l'éducation durable et perdurable.

L'apprentissage de l'écologie industrielle et territoriale n'est pas seulement une compréhension intellectuelle de ce que signifie ce processus. Il est avant tout un état d'esprit, une façon d'être qui s'appuie sur un étique tant individuel que collective, dans laquelle les postures qu'un professeur aie sur l'enseignement influence aux élèves a un nouveau rôle de auteur de l'éducation.

On est au courant que faire une proposition normative d'un programme de formation universitaire, emporte aussi des influences contextuelles et relativistes, par exemple la façon dans laquelle les croyances et profil des enseignantes, leur théorie pédagogique,

[12] La définition de performance entre ici dans la conception d'une performance globale (environnementale, sociale et économique) et pas seulement dans une logique de maximisation du profit.

le contexte idéologique de l'université dans laquelle ils travaillent, que pourraient influencer le processus d'éducation. Mais même quand on est au courante des limites, les avantages de l'institutionnalisation de cette d'éducation qu'ai pour objectif la identification des facteurs, relations et conceptions qui participaient à la création des stratégies en représentant une alternative pour l'amélioration du model d'apprentissage transversale et interdisciplinaire ne sont pas négligeables.

La formation cherche à rapprocher les différents stratégies sociales et des sciences de l'ingénieur ; les uns basées sur l'éco-efficience et la technologie et les autres en développant une nouvelle approche systémique et holistique de variables sociales (ontologique, environnemental, social et économique) pour promouvoir l'élaboration d'une vision commune et la mobilisation des parties prenantes, la consultation démocratique participative, la détermination des partenaires et réseaux nécessaires, le renforcement des capacités et formation des enseignantes, l'utilisation des technologies de l'information et communication (TIC) à disposition de l'éducation pour l'écologie industrielle et territoriale, ainsi comme l'inclusion d'un bonne suivi et l'adéquat évaluation des actions.

CONCLUSION

Dans un monde où les crises, les dysfonctionnements de la régulation marchande, la course à la productivité et l'aliénation au travail sont présents partout, une proposition de ré-encastrement de l'économie dans la société et dans le territoire en respectant les limites naturels, a été lancée par l'écologie industrielle et territoriale. L'écologie industrielle et territoriale est le produit d'un rapprochement entre l'écologie industrielle, l'écologie familiale et l'écologie territoriale ; elle se développe dans un contexte territorial où les facteurs humains et organisationnels s'avèrent essentiels.

Deux conclusions méritent une attention particulière. D'une part, l'écologie industrielle et territoriale se développe dans la conception d'un modèle de développement associé à quatre postulats (résilience, métabolisme territorial, proximité et coopération) qu' à côté d'une correcte identification et utilisation des échelles de territoire (local, régional, national, global), ad hoc avec les intérêts du projet en question est des parties prenantes concernés, devient clés pour le succès d'une modèle de durabilité forte des processus socioéconomiques et sociopolitiques…

D'autre part, la normalisation et l'institutionnalisation de l'écologie industrielle et territoriale devient nécessaire comme stratégie pour coordonner et implémenter ce modèle de durabilité forte. Les deux cadres d'normalisation qui deviennent essentiels et complémentaires, sont : (1) la constitution et accès à une méthodologie que prend en compte la dimensionne écologique, social, économique et la résilience, en considérant la circonscription de l'échelle territoriale du projet ainsi comme son niveau de complexité ; (2)l'éducation en écologie industrielle et territoriale aux élèves comme stratégie de rapprochement entre les sciences de l'ingénieurs et les sciences sociales, permettra aux prochaines générations se assembler aux principes de flexibilité, interdépendance, dynamique et complexité dans un modèle de durabilité forte que serait capable de se reproduire de façon territorial.

REFERENCES

AISTAC. (15 de 11 de 2016). *AISTAC*. Obtenido de Asociación de Industriales del Sur del Estado de Tamaulipas: www.aistac.mx

Ayres, R. (1989). Industrial metabolism and global change. *International social science Journal*(121).

Barbault, R. (2013). Résilience et Adaptabilité des Ecosystèmes. (ESKA, Ed.) *CAIRN.Info, 4*(72), 54-58.

Billen, G., Toussaint, F., Peeters, P., Sapir, M., Steenhout, A., & Vanderborght, J.-P. (1983). *L'écosystème Belgique. Essai d'écologie industrielle.* Bruxelles: Centre de recherche et d'information socio-politiques (CRISP).

Buclet, N. (2011). *Ecologie Industrielle et Territoriale: stratégies locales pour un développement durable.* Villeneuve d'Ascq: Presses Universitaires du Septentrion.

Buclet, N. (2015). *Essai d'écologie territoriale – L'exemple d'Aussois en Savoie.* Paris: CNRS Editions.

Business Council for Sustainable Dvelopement - US. (2008). *By Product Synergy Program.* US-BCSD.

Carrillo, G. (2005). *Ecología Industrial y Sustentabilidad. El proyecto de sinergia de subproductos en Altamira-Tampico.* Barcelona: Universidad de Barcelona.

Cerceau, J., Imoussaten, A., Junqua, G., Mat, N., Montmain, J., & Gonzalez, C. (2015). Mise en oeuvre de l'écologie industrielle et territoriale par une aide multicritère à la décision de groupe. En G. JUNQUA, & S. BRULLOT, *Ecologie industrielle et territoriale COLEIT 2012.* Paris: Presse des MINES.

Chertow, M. (2007). "Uncovering" Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11-30.

Chertow, M., & Erhenfeld, J. (2012). Organizing Self-Organizing Systems: Toward a Theory of Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 13-27.

Christensen , J. (2006). *The history of Industrial Symbiosis at Kalundborg, Denmark.* Lausanne : Workshop GSE .

Dannequin, F., Diemer, A., Petit, R., & Vivien, F.-D. (mai de 2000). La nature comme modèle? Ecologie industrielle et développement durable. *Cahiers du CERAS*(38), 62-75.

Dauphine, A., & Provitolo, D. (2007). La résilience: Un concept pour la Gestion des Risques. *Annales de Geographie, 2*(654), 115-125.

Diemer, A. (2015). Qu'avons-nous appris des symbioses industrielles? En G. JUNQUA, & S. BRULLOT, *Ecologie industrielle et territoriale COLEIT 2012.* Paris: Presses des MINES.

Diemer, A., & Labrune, S. (2007). L'écologie industrielle : quand l'écosystème industriel devient un vecteur du développement durable. *Développement durable et territoires*.

Diemer, A., Figuière, C., & Pradel, M. (2013). *Ecologie Politique Vs Ecologie Industrielle: Quelles strateégies pour le Devéloppement Durable?* Clermont-Ferrand: Editions Oeconomia.

Diemer, A., Figuière, C., & Pradel, M. (2013). *Ecologie Politique Vs Ecologie Industrielle: Quelles strateégies pour le Devéloppement Durable?* Clermont-Ferrand: Editions Oeconomia.

Doménech, T., & Davies, M. (2011). The role of Embeddedness in Industrial Symbiosis Networks: Phases in the Evolution of Industrial Symbiosis Networks. *Business Strategy and the Environment*, 281-296.

Dosse, F. (1995). *L'empire du sens. L'humanisation des sciences humaines.* Paris: La Découverte.

Dron, D. (2013). La résilience: un objectif et un outil de politique publique son apparition en France, et quelques perspectives. (ESKA, Ed.) *CAIRN.Info, 4*(72), 12-16.

Dron, D. (2013). La résilience: un objectif et un outil de politique publique son apparition en France, et quelques perspectives. (ESKA, Ed.) *CAIRN.Info, 4*(72), 12-16.

Duret, B. (2007). *Premiers retours d'expériences en écologie industrielle.* Paris: Cahier.

Erkman, S. (1998). *Vers une écologie industrielle : comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle.* Paris: Editions Charles Leopold Mayer.

Erkman, S. (2004). *Vers une écologie industrielle.* Paris: Editions Charles Léopold Mayer.

Esquissaud, P. (1990). *Ecologie Industrielle.* Paris: Editions Hermann.

Figuière, C., Boidin, B., & Diemer, A. (2014). *Economie politique du développement durable.* Bruxelles: De Boeck.

Forrester, J. (1965). A new corporate design. *Industrial Management Review*, 5-17.

Freeman, R. (1994). The politics of Stakeholder Theory. *Business Ethics Quarterly* , 409-421.

Geng, Y., Mitchell, B., & Zhu, Q. (2009). Teaching Industrial Ecology at Dalian University of Technology. *Journal of Industrial Ecology*, 978-989.

Gombert-Courvoisier, S., Sennes, V., & Ribeyre, F. (2015). Proposition d'indicateurs écologiques de consommation responsable. En G. JUNQUA, & S. BRULLOT, *Ecologie industrielle et territoriale - COLEIT 2012.* Paris: Presses des MINES.

Gugerli-Dolder, B., & Frischknecht-Tobler, U. (2011). *Umweltbildung Plus.* Impulse zur Bildung.

James, P. (2015). *Urban Sustainability in theory and practice - Circles of sustainability.* New York: Routledge.

Joubert, J., & Brullot, S. (2015). *Etudes des dimensions sociales des démarches d'écologie industrielle et territorial.* Paris: Presses des Mines.

Joubert, J., & Brullot, S. (2015). Etudes des dimensions sociales des démarches d'écologie industrielle et territorial. Quelle méthode pour quel type de résultats? En G. JUNQUA, & S. BRULLOT, *Ecologie industrielle et territoriale COLEIT 2012.* Paris: Presses des MINES.

Junqua, G., & Brullot, S. (2015). *Ecologie industrielle et territoriale.* Paris, France: Presses des Mines.

Loiseau, E., Junqua, G., Roux, P., Maurel, P., & Bellon-Maurel, V. (2015). Evaluation environnemental des territoires. En G. JUNQUAT, & S. BRULLOT, *Ecologie industrielle et territoriale - COLEIT 2012.* Paris: Presses des MINES.

Lule Chable, D., Cervantes Torre-Marín, G., & Graciela, C. (30 de janvier de 2011). *La implementación de la ecología industrial.* Obtenido de Biblioteca digital: http://148.206.107.15/biblioteca_digital/capitulos/423-5762uki.pdf

Meadows, D., Meadows, D., & Randers, J. (1972). *The Limits to Growth.* Universe Book.

Metereau, R., & Figuière, C. (2015). Ecologie industrielle. Le secteur agroalimentaire comme point de départ pour une organisation écosystémique des activités humaines. En G. JUNQUA, & S. BRULLOT, *Ecologie industrielle et territoriale COLEIT 2012.* Paris: Presses des MINES.

Ning, W., Chen, P., Wu, F., Cockerill, K., & Deng, N. (2007). Industrial Ecology Education at Wuhan University. *Journal of Industrial Ecology, 11*(3), 147-153.

Odum, H. (1976). Macroscopic minimodels for balance of man and nature. *Systems Analysis and Simulation in Ecology*, 250-280.

Passet, R. (1991). *La gestion des ressources de la planète: l'approche économique.* Paris: Cahiers français.

Passet, R. (2010). *Les grandes représentations du monde et de l'économie à travers l'histoire. Les liens qui liberent.*

Pellaud, F. (2011). *Pour une éducation au développement durable.* Paris: Editions Quae.

Pellaud, F., Bourqui, F., Gremaud, B., & Rolle, L. (2013). L'éducation en vue d'un développement durable dans la formation des enseignants en Suisse: entre directives ministérielles et mises en oeuvre pratiques. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*.

Ribeyre, F., Gombert-Courvoisier, S., & Sennes, V. (2013). L'écologie politique au coeur des dispositifs de réduction des impacts écologiques de la consommation des ménages. En A. DIEMER, C. FIGUIERE, & M. PRADEL, *Ecologie Politique Vs Ecologie Industrielle: Quelles stratégies pour le développement durable?* Clermont-Ferrand: Editions Oeconomia.

Ribeyre, F., Gombert-Courvoisier, S., & Sennes, V. (2015). La consommation responsable des ménages en tant qu'élément d'ancrage territorial de l'écologie industrielle. En G. JUNQUA, & S. BRULLOT, *Ecologie industrielle et territoriale - COLEIT 2012.* Paris: Presses des MINES.

Soulier, E., Neffati, H., Bugeaud, F., Calvez, P., & Leitzman, M. (2015). Agencements territoriaux et gouvernance. En G. JUNQUA, & S. BRULLOT, *Ecologie industrielle et territoriale - COLEIT 2012.* Paris: Presses des MINES.

Verger, Y., & Brullot, S. (2015). La durabilité territoriale des démarches d'écologie industrielle et territoriale. En G. JUNQUA, & S. BRULLOT, *Ecologie industrielle et territoriale - COLEIT 2012.* Paris: Presses des MINES.

Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific America, 213*, 179-190.

Zhu, Q., Lowe, E. A., Wei, Y.-A., & Barnes, D. (2007). Industrial Symbiosis in China: A Case Study of the Guitang Group. *Journal of Industrial Ecology*, 31-42.

More Books!

I want morebooks!

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at

www.get-morebooks.com

Achetez vos livres en ligne, vite et bien, sur l'une des librairies en ligne les plus performantes au monde!
En protégeant nos ressources et notre environnement grâce à l'impression à la demande.

La librairie en ligne pour acheter plus vite

www.morebooks.fr

OmniScriptum Marketing DEU GmbH
Bahnhofstr. 28
D - 66111 Saarbrücken
Telefax: +49 681 93 81 567-9

info@omniscriptum.com
www.omniscriptum.com

OMNIScriptum