

Ecologie industrielle et territoriale à l'heure de la transition écologique et sociale de l'économie

Territorial and industrial ecology at the time of the socio-ecological transition of the economy

Sabrina DERMINE-BRULLOT

CREIDD, Université de Technologie de Troyes

sabrina.brullot@utt.fr

Guillaume JUNQUA

Laboratoire Génie de l'Environnement Industriel, IMT Mines Alès

guillaume.junqua@mines-ales.fr

Bertrand ZUINDEAU

zuindeau.bertrand@orange.fr

Mots-clés : économie circulaire, écologie industrielle et territoriale, transition socio-écologique

Keywords : circular economy, territorial and industrial ecology, socio-ecological transition

Classification JEL: Développement durable, économie en transition

Résumé

L'écologie industrielle et territoriale (EIT) fait l'objet de nombreux travaux scientifiques s'inscrivant dans diverses disciplines allant des sciences de l'ingénieur aux sciences humaines et sociales. La focalisation sur le territoire, ses enjeux et ses acteurs, comme objet d'étude ou encore comme dimensions à considérer dans la mise en œuvre de démarches d'EIT, caractérise les travaux menés en France dans ce domaine. Afin de faciliter la constitution de la communauté scientifique multidisciplinaire naissante autour de l'EIT, et le développement de travaux interdisciplinaires, deux colloques ont été organisés par l'Université de technologie de Troyes et l'IMT Mines d'Alès à Troyes en 2012 et 2014. Cet article vise à introduire le numéro spécial résultant de la seconde édition du colloque (COLEIT 2014), portant sur la problématique de la contribution de l'EIT à la transition écologique et sociale de l'économie.

Introduction

L'Université de technologie de Troyes et l'IMT Mines Alès ont organisé deux colloques interdisciplinaires sur l'écologie industrielle et territoriale à Troyes en 2012 (COLEIT 2012, JUNQUA et BRULLOT, 2015) et 2014 (COLEIT 2014, BRULLOT et JUNQUA, 2017). L'objectif de la première édition était de permettre à des chercheurs issus de différentes disciplines d'échanger sur de nouvelles approches et méthodologies et d'ouvrir de nouvelles pistes de recherche dans le domaine de l'écologie industrielle ; elle a également permis d'initier la création d'une communauté scientifique multidisciplinaire dont les travaux et réflexions se rejoignent autour de la question de l'écologie industrielle. La seconde édition visait, de manière plus concrète, à initier des réflexions interdisciplinaires entre les chercheurs de cette communauté naissante, sans en sous-estimer cependant les difficultés. Le questionnement central autour duquel les propositions de communications devaient porter s'appuyait, d'une part, sur la contribution théorique, stratégique et opérationnelle de l'écologie industrielle (EI) à la question de la transition écologique et sociale de l'économie. Il s'agissait de porter un regard critique sur les enjeux de la transition tels qu'ils sont considérés au niveau institutionnel, et sur son potentiel à inscrire véritablement les dynamiques territoriales qui en résultent dans une logique de durabilité forte. D'autre part, l'appel à communications s'intéressait également à la contribution possible de l'EI à la construction d'un projet de territoire répondant à des enjeux de durabilité, en faisant notamment référence aux aspects de gouvernance, de méthodologies, d'outils, ou encore d'évaluation.

Ce numéro spécial intitulé « Ecologie industrielle et territoriale à l'heure de la transition écologique et sociale de l'économie » repose sur cette seconde édition du colloque COLEIT 2014. Vingt-six communications ont été présentées au cours des deux journées de colloque, permettant de nombreux échanges interdisciplinaires autour de la question de l'écologie industrielle, des modalités de sa mise en œuvre, de sa contribution à la construction de projets de territoire cohérents et de son potentiel à inscrire ces derniers dans une logique de transition écologique et sociale. Une sélection de huit articles représentatifs de la diversité des débats sur les enjeux considérés a été réalisée afin de constituer ce numéro spécial. La transition écologique et sociale (TES) de l'économie¹ est considérée comme incontournable par les différentes institutions nationales, européennes et internationales. Les institutions et nombre de chercheurs du courant de la modernisation écologique identifient cette transition comme l'unique voie permettant de faire coexister croissance économique, équité sociale et préservation de la planète, par la promotion de l'innovation technologique. C'est ainsi que s'exprime notamment le Programme des Nations Unies pour l'Environnement. L'Organisation Internationale du Travail estime que « l'économie verte » a généré des dizaines de millions d'emplois et permettra de créer 15 à 60 millions d'emplois supplémentaires dans le monde. Au niveau européen, le Commissaire Européen pour l'Environnement Janez Potocnik insiste sur le leadership des entreprises européennes dans le domaine des écotecnologies et sur l'intérêt pour les entreprises d'améliorer l'efficacité dans l'utilisation des ressources. Il insiste aussi sur la nécessité de crédibilité des « allégations environnementales des produits et services » pour que l'économie verte soit une réussite. On retrouve bien ici la vision gagnant-gagnant des tenants de la modernisation écologique. Cette transition ne semble pas constituer une rupture, mais une continuité des politiques publiques, notamment européennes, consacrant l'innovation technologique comme moteur d'une économie de marché « verte », fournisseuse d'emplois et préservant l'environnement. La partie sociale semble en particulier réduite à la

¹ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Qu-est-ce-que-la-transition.html>

création d'emplois. Cependant, il est intéressant de voir de quelle manière des acteurs locaux peuvent s'approprier la TES pour proposer un développement durable de leur territoire.

Le discours assez récent, devenu par ailleurs dominant, indique notamment que cette transition passe par le développement et la mise en œuvre de l'économie circulaire (EC), *via* le découplage entre la satisfaction des besoins et la consommation de ressources non renouvelables et l'émissions de polluants. Synonyme pour certains d'Écologie Industrielle (EI), l'économie circulaire est vue par d'autres comme incluant l'EI. Le ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie définit l'économie circulaire comme un "modèle de développement basé notamment sur une réduction et une meilleure réutilisation de nos déchets pour épargner les ressources naturelles".

L'écologie industrielle constitue un mode de réflexion et d'analyse des sociétés humaines qui semble pertinent face aux enjeux du développement durable. Fondée sur une approche systémique, l'écologie industrielle s'inspire du fonctionnement des écosystèmes naturels pour opérer une transformation de la société industrielle en un écosystème industriel (FROSCHE et GALLOPOULOS, 1989). Considérée comme une « science de la durabilité » (ALLENBY, 1992), l'écologie industrielle dispose d'un cadre d'analyse systémique qu'est le métabolisme industriel (BACCINI et BRUNER, 1991), autrement appelé métabolisme territorial ou encore bilan de flux de matières. Son objectif est de modéliser les interactions entre les activités de la société industrielle, sur un périmètre donné, et la biosphère, afin d'identifier les déséquilibres et les réduire par des stratégies d'écologie industrielle. Celles-ci peuvent reposer sur des innovations technologiques mais également organisationnelles, institutionnelles et environnementales.

Tant pour des raisons théorique, analytiques et opérationnelles, le caractère territorial de l'EI constitue l'entrée privilégiée des recherches françaises dans ce domaine. Un glissement sémantique s'opère : certains chercheurs vont parler d'écologie industrielle et territoriale (EIT) (avec un focus sur les chaînes d'extraction et de transformation industrielle des matières premières) et d'autres d'écologie territoriale (où le territoire est l'objet d'étude). Tout d'abord, l'EI n'a de sens que si elle est considérée à une échelle locale, le positionnement géographique précis étant l'une des caractéristiques des écosystèmes naturels, car il conditionne les modalités d'interaction dont on s'inspire pour envisager la transformation de la société industrielle en un écosystème industriel (KORHONEN, 2001). De plus, le territoire possède un ensemble de facteurs endogènes qui influence le type d'écologie industrielle qui va pouvoir être déployé. En retour, les démarches d'écologie industrielle constituent des dynamiques vertueuses sur les territoires (BEURAIN ET BRULLOT, 2011). La notion de territoire fait référence à un périmètre géographique aux frontières plus ou moins floues sur lequel se déploie une démarche d'EI. Un territoire, c'est également un ensemble d'acteurs publics et privés aux enjeux particuliers et communs (DI MEO, 1998). C'est aussi un espace de ressources potentielles qui peuvent être révélées par ces acteurs dans une logique de développement territorial (COLLETIS, 2010 ; LELOUP ET AL., 2005, COURLET ET AL., 1993). Au sein d'un territoire, les acteurs ont un destin commun, de fait, mais également une existence propre (autant de sources potentielles de projets collaboratifs et de conflits). Ils ont plus ou moins l'habitude de travailler ensemble, échantant de l'information, créent des alliances, ou au contraire envisagent leur déploiement centré sur leur site ou la politique du groupe auquel elle appartient le cas échéant. Le territoire a une histoire, des caractéristiques physiques et économiques qui se traduisent en enjeux et contraintes propres au territoire et que les acteurs partagent, consciemment ou non, de manière subie ou non. Une démarche d'écologie industrielle nécessite donc de prendre connaissance du territoire dans ces multiples facettes, afin d'envisager collectivement un développement plus durable de celui-ci. La démarche consiste à optimiser la gestion des flux de matières et d'énergie afin de réduire l'impact lié

aux interactions entre le système industriel et les écosystèmes naturels. Elle repose sur une action collective intentionnelle dont les caractéristiques du territoire en termes de gouvernance des acteurs sont centrales (Brullot et al, 2014). Ainsi, le lien entre les démarches d'EI et le territoire peut s'analyser de deux manières. Après avoir discuté des distinctions qu'il est possible de relever entre les différentes notions d'EI, d'EIT, d'ET ou encore d'EC, sur le plan épistémologique et méthodologique (partie 1), il est pertinent de s'interroger sur ce qui caractérise les spécificités d'un territoire qui vont influencer les modalités de mise en œuvre, objectifs et typologies de démarches d'écologie industrielle (partie 2). Enfin, si les démarches d'EI inscrivent le territoire dans une dynamique vertueuse du point de vue de sa durabilité, il convient d'en étudier les formes et les conditions et de s'interroger quant à la contribution de l'écologie industrielle à la TES des territoires (partie 3). Les communications incluses dans ce numéro spécial contribuent aux discussions des parties 1, 2 et 3 de cette introduction.

-2-

Epistémologie de l'Écologie Industrielle

L'expression **Écologie Industrielle** est une traduction littérale du terme anglais *Industrial Ecology*. Le terme « Industrial » renvoie à l'ensemble des activités humaines consommatrices ou génératrices de biens et/ou de services. C'est bien de l'ensemble des acteurs économiques de la société industrielle dont il est question. Cependant, dans la langue française, le terme « industriel » renvoie à l'image d'industrie de transformation², ce qui a eu pour effet d'orienter les premiers travaux sur ces seuls secteurs d'activité. Ainsi, afin de sortir de cette logique et de préciser les fondements théoriques sous-jacents, une définition a été proposée dans le cadre de l'Atelier de Réflexion Prospective sur l'écologie industrielle (ARPEGE, 2009) soutenu par l'ANR en 2009 :

" L'Écologie Industrielle s'inscrit dans l'Écologie des sociétés industrielles, c'est-à-dire des activités humaines productrices et/ou consommatrices de biens et de services. L'Écologie Industrielle porte une attention particulière à l'analyse des échanges entre les sociétés et la nature et à la circulation des matières et de l'énergie qui les caractérisent, ou qui caractérisent les sociétés industrielles elles-mêmes. Ces flux sont analysés d'un point de vue quantitatif (métabolisme industriel) voire naturaliste, mais aussi d'un point de vue économique et social, dans une perspective systémique. L'Écologie Industrielle constitue ainsi un champ de recherche pluri et interdisciplinaire, mais aussi une démarche d'action dans la perspective d'un développement durable. Sa mise en œuvre vise à rendre compatible les actions humaines avec les capacités de la biosphère. En ce sens, l'Écologie Industrielle appelle un changement de paradigme et de représentation. L'Écologie Industrielle peut porter sur une filière, une entreprise, un établissement industriel, une zone industrielle, un territoire, une région, une matière... etc. Elle se réfère à des méthodes propres à l'écologie scientifique, à la thermodynamique, à la sociologie des organisations, etc."

² D'après le CNRTL "industriel" définit quelque chose de produit par l'industrie de l'homme, et l'industrie se définit comme une habilité/faculté à réaliser un travail dans son sens premier, ou encore, désigne l'application de cette faculté à l'ensemble des activités économiques. En ces termes, l'expression " Écologie Industrielle " est très proche de celle employée en anglais "Industrial Ecology".

Cette définition résulte de l'interprétation partagée et consensuelle qu'ont les acteurs scientifiques et opérationnels de la définition anglo-saxonne de l'EI en France en 2009, dont la majorité ont participé à l'ARPEGE. L'écologie industrielle constitue alors un champ scientifique interdisciplinaire mobilisant l'approche systémique comme cadre d'analyse dans un but descriptif et analytique. Ce champ scientifique s'articule et peut être mobilisé dans le cadre de démarches opérationnelles d'EI dans un but normatif. Le terme de symbiose industrielle est alors privilégié dans les pays anglo-saxons (BOONS ET ROOME 2001; CERCEAU, 2013).

Malgré cette définition, la notion d'Écologie Industrielle rencontre plusieurs barrières sémantiques dès lors qu'une mise en œuvre opérationnelle de ses principes est expérimentée. Tout d'abord, l'expression évoque une contradiction dans les termes, un oxymore qui véhicule à la fois l'idée de protection de l'environnement et l'idée de sa détérioration (ERKMAN 2004; ADOUE 2007). Les chercheurs en Écologie Industrielle ont relevé plus d'une fois le besoin de justification et de définition de l'expression auprès des acteurs publics et privés qui en ont une interprétation souvent erronée. Des réflexions ont alors été menées pour faire évoluer cette terminologie. Ainsi une partie des chercheurs en Écologie Industrielle ont proposé d'ajouter le terme "territoriale" pour donner **l'Écologie Industrielle et Territoriale (EIT)**.

Plusieurs raisons expliquent ce choix. D'une part, la majorité des chercheurs français en écologie industrielle s'intéresse aux interactions entre la société industrielle et la nature et notamment aux échanges de flux de matières et de substances avec les écosystèmes naturels et à l'intérieur de la société industrielle, sur un périmètre donné, soit un territoire. L'EI désigne, en pratique et dans l'espace francophone, des travaux portant sur une zone géographique (zone industrielle, territoire, ville, département, région), voire sur une entreprise. Cependant, les travaux relatifs à l'analyse de flux particuliers (matière, énergie, substance) sont quant à eux définis directement par les termes des outils méthodologiques utilisés : Analyse de Flux de matière et d'énergie (AFME), analyse de flux de substances (SFA : Substance Flow analysis). Ils restent le plus souvent rattachés à l'étude d'une région particulière.

Les stratégies d'EI renvoient par ailleurs à la notion de localité, si l'on se réfère à l'analogie faite avec les écosystèmes naturels. Son opérationnalité n'a donc de sens qu'à l'échelle d'un territoire même si le périmètre de celui-ci peut être variable (BRULLOT, 2009; BUCLET, 2011). D'autre part, en rajoutant le terme "territorial", il est fait référence au fait que l'Écologie Industrielle ne s'intéressait pas qu'au secteur de l'industrie, mais à une pluralité d'acteurs et d'espaces de déploiement et comprenant des acteurs aux intérêts variés, qu'ils soient industriels, urbains ou encore agricoles (BARLES 2010; BUCLET 2011).

Au niveau systémique, le caractère ouvert d'un territoire est assumé, que ce soit vers d'autres territoires ou vers les systèmes naturels³. Ce caractère ouvert, déjà évoqué par un des pères fondateurs de l'Économie Circulaire, Kenneth Boulding (BOULDING, 1966), implique pour les sociétés humaines de ne pas chercher à s'isoler de la biosphère, mais au contraire à mieux comprendre les interrelations complexes nous reliant à elle de manière à garantir le bon fonctionnement des écosystèmes et à trouver la place de l'homme dans les cycles écologiques. S'inspirant d'une géographie vidalienne, Cerceau propose une « [...] écologie industrielle mettant l'accent sur les interactions entre les systèmes anthropiques et biologiques, inscrit les premiers au sein des lois de la biosphère tout en leur accordant la possibilité de déviance échappant à un déterminisme radical, et en admettant par conséquence l'existence de voies

³ Reprenant la définition « Les systèmes sociaux et les systèmes spatiaux sont essentiellement des systèmes complexes ouverts (CHARRON 2006) mettant en évidence les échanges avec d'autres systèmes ou avec l'environnement (LUGAN, 2006) », dans Fléty, 2014.

multiples et indéterminées » (CERCEAU, 2013). Ce cadre systémique implique aussi l'étude des interrelations existant entre les dimensions matérielles, organisationnelles et identitaires d'un territoire (CERCEAU ET AL. 2014a).

Selon Victor Petit⁴, l'EIT relève de l'écologie du milieu. Sa base conceptuelle s'appuie sur les travaux d'André Gorz, mettant en lumière deux conceptions distinctes de l'écologie (GORZ, 1975). L'écologie de l'environnement est universaliste, se focalise sur les impacts environnementaux en cherchant à les évaluer par une modélisation des flux de matière et d'énergie et sur la modification des technologies permettant de les réduire. Elle considère l'environnement comme un objet. L'écologie du milieu considère le milieu comme étant « [...] relatif au vivant qui l'habite ». Cette écologie cherche donc à modifier les modes de consommation et de production, « est à l'écoute des innovations socio-techniques et travaille à la capacité des acteurs ». Cette écologie permet une entrée par les « communs » vus « comme un principe d'organisation de quelques-uns qui découle d'une activité commune ».

Depuis 2013, le terme d'EIT a été institutionnalisé via l'institut de l'économie circulaire, créé en 2013, et l'ADEME qui en proposent une définition opérationnelle et restreinte aux bouclages de flux de matières et d'énergie, en oubliant même la notion de localité. Si sur le plan académique, le recours à l'expression EIT avait du sens tel qu'évoqué précédemment, la distorsion qui existe aujourd'hui entre la définition de l'EIT sur le plan scientifique et la définition donnée par l'ADEME et l'Institut nous amène à re-questionner ce choix sémantique. Ne serait-il pas finalement plus lisible de s'en tenir à la traduction de l'expression originelle « Industrial ecology », soit « écologie industrielle » lorsqu'on parle du champ scientifique et de mobiliser l'expression EIT lorsqu'il est fait référence à son opérationnalisation sur les territoires, même si là encore la définition proposée par l'ADEME est très réductrice ?

En effet, dans l'espace francophone, l'EIT désigne la mise en œuvre opérationnelle des principes de l'EI (au premier rang desquels le bouclage des flux de telle sorte que le déchet de l'un devienne une ressource pour l'autre), sur une zone géographique définie (zone industrielle, ville, zone portuaire, etc., voire au sein d'une entreprise). Les travaux relatifs à l'analyse des flux de matières et de substances, le métabolisme industriel (MFA : material flow analysis et SFA Substance flow analysis), font partie intégrante du corpus scientifique anglo-saxon de l'écologie industrielle. Au sein de la communauté francophone, ils ont tendance à constituer une catégorie « à part » visant l'évaluation ou le diagnostic environnemental d'un système territorial, donc l'objectif est de générer de la connaissance sur celui-ci sans forcément poursuivre un objectif de transformation de celui-ci. Ainsi, l'EIT passe aujourd'hui par une phase d'adaptation des méthodologies et des outils de l'EI à l'objet territoire afin de mieux le décrire (CERCEAU, 2013).

Certains chercheurs issus de l'aménagement du territoire ont récemment créé un nouveau champ qu'est **l'Écologie Territoriale** (BARLES, 2010). Dans son article, Sabine Barles⁵ propose une définition de l'écologie territoriale et mobilise le concept de métabolisme territorial afin d'étudier la transition socio-écologique des espaces urbains. L'écologie territoriale reste très proche de l'Écologie Industrielle puisqu'il s'intéresse à la circulation des flux de matières et d'énergie sur un espace donné, mobilisant pour cela la notion de métabolisme territorial, et croisant ses données à l'analyse des interactions entre acteurs. Les

⁴ PETIT V, Transition écologique et numérique. Vers des territoires communs ? page XX de ce numéro spécial.

⁵ BARLES S, Écologie territoriale et métabolisme urbain : quelques enjeux de la transition socio-écologique, page xx de ce numéro spécial.

flux analysés sont donc matériels mais également immatériels. Cependant, si l'écologie industrielle adopte une vision techno-centrée afin de transformer la société industrielle en un écosystème industriel, les aspects relatifs aux acteurs et au territoire étant essentiellement analysés afin de créer des conditions favorables à l'émergence et à la mise en œuvre des stratégies d'EI, l'écologie territoriale semble s'en démarquer par l'adoption de visions spatiales et sociales beaucoup plus larges. Ce n'est pas le système industriel d'un territoire qui constitue l'objet d'étude (comme c'est le cas en EI), mais le territoire et ses acteurs impliqués dans la gouvernance des flux. Enfin, l'intention de l'ET est davantage analytique, l'enjeu de la construction de connaissance primant sur l'action. Lorsqu'elles sont un préalable à l'action, les démarches opérationnelles résultant d'un métabolisme territorial s'inscrivent dans un processus de co-construction d'un territoire (CERCEAU, 2013) là où l'écologie industrielle s'intéresse à la co-construction de solutions centrées sur la gestion des flux matériels du territoire. L'Écologie Territoriale a donc une vocation d'abord descriptive et analytique et tend à questionner les interactions homme/nature (BUCLET, 2015) de la société industrielle mais également de la société pré-industrielle (BARLES, 2005). Cependant, dans ce numéro spécial, Sabine Barles revient sur les difficultés scientifiques posées par l'écologie territoriale, en raison d'une part à l'approche interdisciplinaire qui la sous-tend, et des questions épistémologiques liées au concept même d'écologie territoriale qui restent à consolider.

Enfin, la notion **d'économie circulaire** s'impose de manière progressive en France, notamment en raison de la création de l'Institut de l'Economie Circulaire et de l'institutionnalisation du terme par l'ADEME qui en donne une définition opérationnelle. Cependant, si le terme d'économie circulaire est facilement compréhensible et s'impose comme étant unificateur de nombreuses approches relatives à la gestion des déchets ainsi qu'à la production et à la consommation responsable, l'économie circulaire ne renvoie pas réellement à un concept théorique initial déclinable en solutions concrètes (GROSSE, 2015), telle que définie par l'ADEME.

En effet, la notion d'économie circulaire a été pour la première fois formalisée dans un essai de BOULDING (1966), économiste précédemment connu pour ses travaux sur la théorie du système général. Usant de plusieurs analogies expressives entre la biologie et l'économie, illustrées par le titre de cet essai, « The economics of the coming spaceship earth », il introduit plusieurs idées fondatrices de l'économie de l'environnement, en considérant le système « terre » comme un système quasiment fermé (excepté l'apport extérieur en énergie solaire). Il présente ainsi les limites physiques et thermodynamiques auxquelles sont confrontées les sociétés humaines et propose le concept d'une économie circulaire en cycle fermé, s'opposant à une économie linéaire. Dans cet écrit originel, il s'agit bien de considérer le système « terre » dans son ensemble, l'homme devant trouver sa place dans un système écologique cyclique, qui va recycler continuellement les formes de matière en utilisant seulement les apports énergétiques externes (solaire), et non de refermer l'économie sur elle-même en l'isolant de l'environnement. Boulding a une vision universaliste, basée sur un optimisme technologique et sur une substitution partielle des différents capitaux (matériels, énergétiques et de connaissances).

Durant cette période, d'autres chercheurs comme René Passet et Bertrand de Jouvenel (DE JOUVENEL, 2002) en France, ainsi que Robert U. Ayres ou Nicholas Georgescu-Roegen, insistent sur cette vision du système « Terre » comme système fermé, et la nécessité de prendre en compte le caractère fini des ressources et de la capacité d'assimilation de la pollution par l'environnement. De Jouvenel propose de réduire au minimum la consommation de ressources, mais aussi de faire en sorte que les rejets vers l'environnement soient «

digérables par les agents naturels ». Ayres développera avec Kneese et d'Arge (KNEESE, AYRES ET D'ARGE, 1970) une théorie expliquant les relations entre l'économie et l'environnement par une approche basée sur les bilans de matières. Il contribuera ainsi à développer l'écologie industrielle et notamment le concept de métabolisme industriel ou encore de *Material and substance Flow Analysis* (Analyse de flux de substances et de matières (SPLASH, 2013). Georgescu-Roegen explorera les limites de l'économie d'un point de vue thermodynamique. Plus tard, en 1990, deux économistes anglais, Pearce et Turner, proposeront sur la base des travaux de Georgescu-Roegen un modèle « d'économie circulaire », c'est-à-dire des interactions entre l'environnement et l'économie⁶.

Cependant, le véritable développement du concept d'économie circulaire s'inscrit au niveau des « policy-makers ». À la fin des années 1970 et au début des années 1980, plusieurs chercheurs vont s'approprier ce concept, en le désignant nommément ou pas, afin de l'introduire dans des politiques publiques, dans le cadre d'une mouvance naissante, la modernisation écologique.

Ainsi, les travaux de STAHEL ET REDAY (1976) s'appuient sur les travaux du Club de Rome dans le cadre d'un rapport commandité par la DG Affaires Sociales de la Commission Européenne (Halte à la croissance, 1972), faisant l'hypothèse d'un développement pour les différents pays du monde dont les étapes sont similaires : la cueillette, l'agriculture, industrialisation, l'économie de service). Ils introduisent le concept « d'économie en boucles », mais relie la mise en œuvre de ce dernier à la création de nouveaux emplois. Stahel poursuivra cette réflexion pour aboutir à la prise en compte de l'environnement dans le cycle de vie des produits et à l'économie de fonctionnalité.

Des sociologues allemands de l'environnement Huber, Jänicke (RUDOLF, 2013), vont aussi proposer au début des années 1980 des politiques publiques de préservation de l'environnement fondées sur l'économie de marché et l'innovation technologique. Ces différents travaux vont avoir une influence importante dans les politiques publiques relatives à l'environnement au niveau européen et plus particulièrement de certains pays comme l'Allemagne. Le Gouvernement Fédéral d'Allemagne a engagé à partir de 1986 une politique volontariste en matière d'environnement aboutissant à la mise en œuvre du principe « pollueur-payeur » par une ordonnance de 1991 relative à la prévention et le recyclage des déchets d'emballage. Cette démarche s'est poursuivie par le vote en 1996⁷ de la loi sur la responsabilité étendue du producteur de déchet. Elle définit les modalités de fin de vie des déchets, favorisant les cycles fermés de matière, c'est-à-dire, le recyclage. Finalement, en 2012, une loi sur l'économie circulaire a été promulguée.

Le Japon a aussi introduit le concept d'économie circulaire dans ses politiques publiques, car il a dû faire face à une augmentation des émissions polluantes et à un manque de ressources nécessitant des importations : d'où l'idée d'explorer une transition vers une économie circulaire. Les chercheurs semblent tout d'abord s'être notamment inspirés des travaux de Boulding (1966) et de Pearce et Turner (1990) (GAO, 2016). Après une première loi sur le recyclage en 1991 mettant en œuvre le principe des 3R, le gouvernement japonais a édicté une série de lois à portée générale ou spécifiques à des filières (recyclage des

⁶ Ce cadre décrit les facteurs clés de génération d'aménités positives ou négatives : l'utilisation de ressources épuisables, l'utilisation de ressources renouvelables au-dessus de leur taux de régénération, ainsi que l'émission de polluants au-dessus de la capacité d'assimilation de l'environnement vont générer des aménités négatives sur les ressources (époussement et/ou dégradation). L'environnement est considéré comme ayant deux fonctions matérielles : fourniture de ressources et « assimilation » de la pollution. Une troisième fonction immatérielle peut toutefois être définie comme une fonction d'utilité de confort spirituel, de plaisir esthétique.

⁷http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/kreislaufwirtschaftsgesetz_en_bf.pdf

emballages usagés, électroménager, déchets de la construction, aliments, produits électroniques de type smartphone, automobile).

La Chine s'est ensuite inspirée de l'exemple de ces deux pays (SHI LEI ET AL., 2006 GENG AND DOBERSTEIN, 2008), d'abord au niveau académique en 1998, puis très rapidement au niveau institutionnel. L'Agence environnementale chinoise a œuvré dès 1999 pour promouvoir la mise en œuvre de ce concept qui s'est traduit par la réalisation d'actions concrètes dès le début des années 2000 et ce, à 3 niveaux différents : à une échelle micro, l'usine ; méso, l'écoparc ; puis à une échelle macro (ville, région, pays) (SHI LEI ET AL., 2006). Le concept a été formellement accepté par le Gouvernement central comme une nouvelle stratégie de développement en 2002, dans le but de concilier une croissance économique rapide et une tension sur les matières premières et l'énergie (SU AND ZHOU, 2005, In SHI LEI ET AL., 2006).

L'économie circulaire a finalement fait irruption brutalement dans la société française au début des années 2010. Ce concept était déjà connu en France dans les milieux académiques, notamment grâce à la thèse de XIAOHONG FAN (2008) de l'Université de Technologie de Troyes, qui a analysé la construction du cadre réglementaire et normatif lié à la mise en œuvre du concept d'économie circulaire en Chine, ainsi que les expériences pilotes chinoises menées à l'échelle de parcs industriels ou de villes. La diffusion du concept de l'économie circulaire, en France, vers un public plus large, a été marquée par la conjonction de plusieurs initiatives à l'échelle européenne et à l'échelle française : création de la Fondation Ellen Mac Arthur en 2010, publication d'une feuille de route par la Commission Européenne en 2011 puis d'une plateforme « European Resource Efficiency Platform » en 2012, et pour finir, la création de l'Institut de l'Economie Circulaire en 2013.

L'ensemble de ces actions a visé à intégrer, à la fois aux niveaux européen et national, des principes de l'économie circulaire dans les politiques publiques, faisant intervenir différentes personnalités issues du monde politique ou des ONG, avec un soutien financier d'entreprises. Cet engagement important a induit une diffusion très rapide de l'économie circulaire en France.

La définition de l'économie circulaire proposée par l'ADEME en France suit cette logique fondée sur le développement technologique et l'économie de marché, en proposant trois domaines d'action qui se décomposent en sept piliers⁸. Dans sa logique englobante, l'économie circulaire a incorporé la notion d'EIT comme l'un des piliers du domaine d'action de la gestion des déchets. Au-delà du fait qu'il s'agit d'une réduction du concept d'EIT à celui de symbiose industrielle sans nécessairement insister sur l'importance du local, ce pilier est positionné au même niveau que le réemploi, la réutilisation et le recyclage, alors que d'un point de vue conceptuel ces actions peuvent tout à fait s'inscrire dans le cadre d'une symbiose industrielle. Les échelles/niveaux d'action sont donc confus, tout comme l'idéologie portée par l'économie circulaire. Ce flou a toutefois l'avantage de laisser libre cours à diverses réappropriations et interprétations du concept.

Ainsi, l'économie circulaire semble largement se répandre en France au travers d'un courant "politico-administratif" qui, tel qu'il est défini aujourd'hui, tend à optimiser le système économique dominant en proposant de rompre avec la linéarité inhérente à celui-ci, mais dont les fondements ne sont pas questionnés. Dès lors, même si le système tend à être plus efficace que par le passé, il risque de s'enfermer dans un schéma immuable qui sera confronté à des problématiques similaires à celles rencontrées aujourd'hui (BUCLET, 2015). En effet, le

⁸ Les trois domaines d'action sont : la gestion des déchets, l'offre des acteurs économiques, la demande et le comportement des consommateurs. Les sept piliers sont : l'écoconception, l'écologie industrielle et territoriale, l'économie de fonctionnalité, le réemploi, la réparation, la réutilisation et le recyclage. (GELDRON, 2014)

paradigme économique et social dominant, axé sur la production et la consommation de masse, n'est finalement pas remis en cause.

-3-

La diversité des démarches et leur relation avec le territoire

La question du territoire le plus pertinent pour mettre en œuvre des démarches d'EI a souvent été posée (BRULLOT, 2009). Cependant, il est clair qu'il n'existe pas de territoire unique et encore moins de territoire idéal. Les démarches d'écologie industrielle sont menées à des échelles variées. Les modalités de mise en œuvre en termes de gouvernance, les résultats obtenus et les formes que prennent ces démarches le sont tout autant. Certaines sont initiées sur des espaces juridico-administratifs tels que des communautés de communes, des départements ou encore des régions. Cette approche se justifie par le fait que ce type de territoire correspond en général au périmètre sur lequel s'exerce la compétence de l'acteur porteur qui légitime l'initiative (développement économique le plus souvent). C'est le cas de la démarche du Club d'Ecologie Industrielle de l'Aube dont le champ d'action se situe à l'échelle du département, principalement en raison du fait que le porteur de la démarche n'est autre que le Conseil Départemental. L'enjeu sur ce territoire est de promouvoir l'écologie industrielle comme une stratégie potentielle de développement économique, de différenciation, sans cibler spécifiquement des actions sur des périmètres restreints de type zone d'activité. L'action du Club repose sur la sensibilisation et l'échange de bonnes pratiques entre acteurs afin que l'écologie industrielle soit mobilisée de manière naturelle par les acteurs publics et privés du territoire, en réponse à des problématiques de gestion de ressources, de déchets, ou encore de planification du territoire.

La question de la pertinence de l'échelle d'action est également posée par Stéphane Esparon⁹ dans ce numéro spécial. Il s'intéresse à la mise en place de démarches d'écologie industrielle et territoriale afin d'assurer la gestion durable de la filière bois en Aquitaine. En effet, celle-ci a été déstabilisée en raison des trois tempêtes consécutives qui se sont abattues sur le massif forestier des Landes entre 1999 et 2009, faisant craindre des pénuries de bois de 2015 à 2025. Le postulat de l'auteur consiste à dire qu'une intensification de la coopération entre les différents acteurs de cette filière, directs (industries de première et de seconde transformation, papeteries) et indirects (gestion des déchets produits par la filière) pourraient permettre de diminuer la vulnérabilité du territoire face à de tels chocs. Cependant, si l'EIT peut constituer une démarche permettant d'améliorer cette coopération, elle suscite une modification de l'organisation des réseaux des différents acteurs de la filière et pose la question de l'échelle d'action. Souhaitant inclure l'ensemble des acteurs impliqués directement dans la filière-bois, de la ressource au produit, ainsi que dans la gestion des déchets générés par cette activité, et disposer des moyens d'action nécessaires, c'est finalement le périmètre de la communauté de communes qui a été retenu dans le cadre de ce projet. Comme l'explique S. Esparon, cet échelon dispose de moyens d'actions indispensables à la réalisation de telles démarches (compétences légales en termes de gestion des déchets par exemple), réunit une diversité conséquente d'acteurs et reste suffisamment localisé pour générer des relations de proximité entre les acteurs.

De nombreuses démarches en France sont menées à l'échelle des zones d'activités, non pas qu'il s'agisse d'un périmètre dont la pertinence ait été particulièrement démontrée, mais parce

⁹ ESPARON S, La communauté de Communes comme système pilote pour l'étude d'un réseau de création de valeurs forestières élargies, page XX de ce numéro spécial.

que les zones d'activités concentrent un nombre important d'entreprises qui génèrent et consomment des flux de matières et d'énergie. Intuitivement, le potentiel de mise en œuvre de synergies d'écologie industrielle y semble important. On suppose par ailleurs qu'appartenant à la même zone d'activités, la proximité entre les entreprises n'est pas que géographique mais peut être également organisationnelle, surtout s'il existe une association de zone ou si celle-ci est gérée par un syndicat d'économie mixte. La démarche d'écologie industrielle menée sur les zones industrielles de Grande Synthe et Petite Synthe, et animée par l'association Ecopal, illustre parfaitement bien ce cas de figure (DECOUZON ET MAILLEFERT, 2012 ; BRULLOT ET AL., 2014). Pour les mêmes raisons, des démarches peuvent également être conduites à l'échelle de zones portuaires (CERCEAU ET AL., 2014b). C'est le cas des démarches du Port Autonome de Strasbourg, sur lequel s'appuient Romuald Lacoste et Antoine Beyer¹⁰ dans leur article, ou encore du Port autonome de Marseille (ALIX ET AL., 2016). Ces territoires possèdent des activités de production et de consommation à proximité les unes des autres, avec des interfaces multiples telles que des friches industrielles, portuaires, agricoles, ou urbaines. La requalification de ces interfaces fait l'objet de multiples attentions, soit dans un esprit de compétition, afin de permettre à une activité en croissance de disposer de foncier pour se développer, soit dans une logique de relations renouvelées entre les différentes composantes, notamment énergétiques et matérielles (MAT ET AL., 2016). De plus, ces territoires subissent des mutations industrielles importantes : certaines activités traditionnelles telles que celles liées à la production de produits pétrochimiques de base, connaissent des difficultés financières et sont concurrencées par des installations plus modernes et plus proches des lieux d'extraction de matière première. Des unités de production disparaissent ou s'adaptent pour être en mesure de fournir des produits à plus forte valeur ajoutée ou élaborés et/ou fonctionnant à partir de sources de matière et d'énergie renouvelables et/ou récupérées et valorisées. Dans ces territoires, un des enjeux est donc de voir de quelle manière on peut maximiser l'utilisation des ressources jusqu'à présent délaissées : les friches, mais aussi des sources énergétiques et matérielles non conventionnelles.

Si l'écologie industrielle est souvent mise en œuvre à l'échelle de ce type de territoire dans le cadre de démarches dites planifiées, ou « top-down » et à l'initiative, généralement, d'un acteur public, on observe également un nombre grandissant de projets d'écologie industrielle dits « spontanés », ou encore « bottom-up », à l'échelle de territoires qui ne sont ni des ports, zones d'activités ou zones industrielles, ni des territoires juridico-administratifs. À la différence des démarches dites planifiées, celles-ci mobilisent le principe de l'écologie industrielle pour apporter une réponse technique, organisationnelle ou économique à un enjeu ressenti par les acteurs impliqués (publics et privés). L'écologie industrielle n'est donc plus un objectif en soi (comme cela a souvent été le cas lors des nombreuses expérimentations menées en France), mais elle constitue une solution innovante pour résoudre un problème relatif à la gestion d'un déchet, d'une ressource, de production d'énergie, ou encore de développement économique du territoire. Cette hypothèse a été en partie validée par l'analyse des données recueillies dans le cadre du projet EITANS¹¹ (BRULLOT ET GOBERT, 2017). Dans le cadre de démarches de type top-down, ces auteurs recommandent d'identifier les enjeux majeurs des acteurs ou du territoire lui-même afin d'y répondre en mettant en œuvre une démarche d'EI, laquelle peut alors prendre des formes très différentes selon la problématique à résoudre et les acteurs concernés, et donc selon le champ d'intervention dans lequel elle

¹⁰ LACOSTE R, BEYER A, La symbiose industrielle au sein des villes portuaires : les enseignements de la démarche de contractualisation engagée entre la communauté d'agglomération et le port de Strasbourg, page XX de ce numéro spécial.

¹¹ Projet financé par l'ADEME dans le cadre du programme Déchets et Société, 2010-2013.

s'inscrit. Comme le souligne également Stéphane Esparon dans sa communication, dans le cas du Massif des Landes, l'équilibre de la filière bois est fragilisé en raison des tempêtes successives, et le risque de pénurie de la ressource bois est réel. L'enjeu est majeur pour l'économie du territoire et l'écologie industrielle semble constituer une innovation organisationnelle pertinente pour répondre à cet enjeu.

Le contexte organisationnel et la nature des relations qui préexistent entre les acteurs sont également des éléments déterminants. En effet, un territoire comprend des acteurs porteurs d'enjeux, de visions et d'intérêts variés (LEVY ET LUSSAULT, 2003), même s'ils partagent de fait les enjeux relatifs à l'avenir de leur territoire. Bon nombre de chercheurs s'accordent sur le fait que le déploiement efficace de démarches d'EI ne repose pas uniquement sur la considération des spécificités techniques et économiques liées aux synergies d'EI (CHERTOW, 2000, 2007 ; MIRATA, 2004, DESROCHERS 2000, 2004, JACOBSEN ET ANDERBERG, 2004). Elles reposent sur l'existence d'un contexte territorial favorable sur le plan économique, social, politique et surtout organisationnel (CHERTOW ET EHRENFELD, 2012, MIRATA 2005, COSTA ET FERRAO 2010). Ainsi, un grand nombre d'éléments de contexte vont influencer la manière dont les démarches EI vont se structurer sur les territoires. Boons et Howard-Grenville (2009) décrivent ce phénomène grâce à la notion d'encastrement social qu'ils déclinent comme suit. L'encastrement cognitif et culturel fait référence à un certain nombre de mécanismes individuels et collectifs et aux représentations sous-jacentes qui influent sur la prise de décision des acteurs et sur leur capacité ou leur volonté de s'engager dans des actions collectives. L'encastrement structurel renvoie à la nature des interactions sociales, économiques ou encore politiques qui existent sur les territoires et qui constituent un contexte organisationnel plus ou moins favorable à l'action collective. On s'intéresse par exemple ici à l'existence de conflits, de réseaux formels ou informels d'acteurs, ou encore au fait que les acteurs ont l'habitude ou non de coopérer au travers d'actions collectives. L'encastrement politique s'intéresse à la manière dont l'Etat et les institutions publiques s'impliquent ou s'invitent de manière plus ou moins forte dans la constitution des échanges marchands et non marchands de l'écologie industrielle. La politique publique en matière de développement économique, de développement durable, de protection de l'environnement ou encore en matière de production de l'énergie, sont également des éléments significatifs de l'encastrement politique qui vont influencer la manière dont la démarche d'écologie industrielle va émerger, puis se consolider. L'encastrement spatial renvoie à la notion de proximité géographique dont on considère qu'elle constitue un préalable catalyseur des interactions en facilitant la création de confiance. Enfin l'encastrement temporel évoque la capacité à conjuguer les temporalités d'acteurs qui peuvent être différentes (entre des acteurs publics et privés par exemple, ou encore entre une PME et un grand groupe, un agriculteur et un industriel) autour d'une temporalité commune et partagée qui s'inscrit nécessairement sur le long terme. Julie Gobert et Sabrina Brulot¹², dans ce numéro spécial, s'inspirent de cette notion d'encastrement et proposent une typologie de capitaux territoriaux qui constituent à la fois des ressources que les acteurs d'un territoire sont susceptibles de mobiliser dans le cadre d'une démarche d'EI, et des nouvelles ressources territoriales résultantes des dynamiques collectives induites par l'écologie industrielle. De même, Muriel Maillefert et Isabelle Robert¹³, dans leur article, considèrent que l'écologie industrielle, l'économie de la fonctionnalité ou encore plus globalement l'économie circulaire constituent de nouveaux modèles économiques soutenables qui se développent grâce à la captation de ressources

¹² GOBERT J, BRULLOT S, La mobilisation du capital territorial pour le développement d'une logique d'EIT, page XX de ce numéro spécial.

¹³ MAILLEFERT M, ROBERT I, Nouveaux modèles économiques et création de valeur territoriale autour de l'économie circulaire, de l'économie de la fonctionnalité et de l'écologie industrielle, page xx de ce numéro spécial.

territoriales immatérielles (construites notamment par l'action collective des acteurs), et en même temps, contribuent à renforcer ses ressources territoriales.

Le contexte du territoire va donc influencer le type de démarches à mettre en œuvre sur le plan thématique, mais aussi la gouvernance associée. S'il existe des méthodes et outils afin d'en faciliter le déploiement, il n'en reste pas moins que chaque démarche est unique, répondant à des enjeux spécifiques du territoire, partagés par les acteurs mais qui en même temps font sens pour eux et nécessitent la mise en œuvre de modalités de gouvernance adaptées.

-4-

La contribution de l'écologie industrielle à la transition écologique et sociale de l'économie

La réflexion menée par les acteurs dans le cadre d'une démarche d'écologie territoriale peut permettre de comprendre les mécanismes liés à la transition écologique et sociale d'un territoire (BUCLET, 2015). Cette meilleure compréhension peut ensuite favoriser l'utilisation d'une démarche d'EIT comme processus de co-construction territoriale dans un contexte de TES, par une connaissance des flux de matière, d'énergie, de la cartographie des acteurs et de leurs relations, ainsi que par la caractérisation des différentes perceptions possibles de ces acteurs. Ce processus de co-construction va engager plusieurs horizons spatiaux (du site au réseau) et poursuivre des objectifs tant opérationnels de court terme que stratégiques de long terme, dans des initiatives faisant participer ces acteurs à des degrés différents et dans un collectif plus ou moins étendu (CERCEAU, 2013, CERCEAU ET AL., 2014b).

Se pose alors la question de savoir de quelle manière les différents acteurs de ce territoire peuvent s'approprier et mettre en œuvre l'objectif d'assurer la transition écologique et sociale d'un territoire. L'EIT peut contribuer à cette transition. Elle peut permettre, à un niveau plutôt stratégique, de faire émerger une vision commune acceptée par les différents acteurs territoriaux. À un niveau plus opérationnel, elle peut permettre de décroisonner, de relier entre elles des démarches industrielles, portuaires, urbaines ou agricoles qui ont été initiées de manière séparée. Le cas du Port de Strasbourg, présenté par Antoine Beyer et Romuald Lacoste dans ce numéro spécial, centré autour de la question énergétique et du foncier, illustre bien les points de divergence et de convergence des différents acteurs. Si une vision commune semble émerger au niveau stratégique, les initiatives opérationnelles restent encore cloisonnées. Le même constat apparaît pour la métropole d'Aix Marseille Provence (CERCEAU, 2013, CERCEAU ET AL., 2017). Si les proximités organisationnelles et institutionnelles permettent la création de liens entre les différents acteurs et aident à améliorer la gouvernance de la démarche, la trop grande proximité spatiale entre composantes portuaire, industrielle et urbaine est au contraire source de conflit, pouvant conduire à des déconnexions physiques entre ces composantes (MAT ET AL., 2016). Une autre limite bien mise en évidence est liée aux fortes incertitudes économiques et techniques favorisant une attitude attentiste.

Comme évoqué en introduction, la transition écologique et sociale est un concept dont se sont emparés acteurs politiques et institutionnels pour résumer la nécessaire transformation que doit opérer la société face aux enjeux de développement durable. Elle renvoie à la nécessité de découpler la satisfaction des besoins des individus de l'impact environnemental généré par l'activité humaine. Cependant, elle s'appuie essentiellement sur l'innovation

technologique et sa capacité à générer de l'activité économique nouvelle, encore appelée « croissance verte », et dans une moindre mesure sur l'innovation organisationnelle et sociale qui permettrait de transformer la société en profondeur. Ainsi, la TES telle que définie par les institutions politiques est assez différente de ce qu'elle peut être dans certains écrits. Edgar Morin par exemple, dans son ouvrage « *La voie. Pour l'avenir de l'humanité* », paru en 2011 (MORIN, 2011), en appelle à une transformation de nos modes de fonctionnement techniques, sociaux mais également de pensée pour assurer cette nécessaire transition vers une société plus durable.

La littérature scientifique définissant l'EI explique que celle-ci implique une éco-structuration de la société industrielle en un écosystème industriel plus durable (ALLENBY, 1992). Cependant, la durabilité est principalement de nature environnementale, le principe étant de réduire l'intensité matérielle et énergétique des systèmes productifs, tout en maintenant une forme de croissance. Cette approche techno-centrée et reposant sur le libéralisme de marché (OPOKU ET KEITSCH, 2006) relèverait davantage des principes d'une durabilité faible, pouvant aller jusqu'à l'artificialisation de la nature, substituant ainsi une partie du capital naturel. Cette vision de l'EI pourrait être assimilée à celle de l'économie circulaire, telle que définie par les institutions politiques (cf. partie 1). De même, elle contribuerait assez bien à la TES telle que définie dans les feuilles de route de ces mêmes institutions politiques. Cependant, le bouclage de flux à l'infini entraîne une dégradation irréversible de la matière (O'ROURKE, 1996). Goergescu-Roegen démontre que cette approche, aboutit à la dissipation importante de l'énergie en raison du phénomène d'entropie associé à la circularité des flux, et notamment à leurs transformations successives (GOERGESCU-ROEGEN, 1979). Le bouclage des flux de matière à l'infini demande un accroissement important de la consommation en énergie, ou une diminution progressive de la qualité des matières (O'ROURKE, 1996 ; GOERGESCU-ROEGEN, 1979). Cette balance entre qualité du recyclage et dissipation énergétique peut être réduite grâce à une conception appropriée des biens produits ou à leur dématérialisation.

En réponse à ces limites, Ehrenfeld (2004) revisite le concept d'écologie industrielle. Sans renoncer complètement aux nécessaires innovations technologiques, il en appelle à un changement de repères en profondeur afin d'opérer une véritable transition écologique et sociale, proche de la définition d'Edgar Morin (date), et reposant davantage sur les principes d'une durabilité forte. Selon lui, la transformation de la société repose sur la remise en cause du modèle économique et social dominant, basé sur la production et la consommation de masse, et nécessite des innovations technologiques, mais également organisationnelles et institutionnelles (EHRENFELD, 2004). Cette vision, beaucoup plus ambitieuse que la précédente sur le plan de la durabilité, est également beaucoup plus difficile à mettre en œuvre tant les transformations qu'elle préconise sont profondes. Aujourd'hui, force est de constater que peu de démarches d'écologie industrielle et territoriale ne parviennent à opérer véritablement la transition écologique et sociale des territoires, et plus globalement, de l'économie. Néanmoins, certaines démarches expérimentent des innovations organisationnelles ou institutionnelles permettant d'initier des transformations de la société de manière plus ou moins profonde, et avec plus ou moins de succès.

Sur la base de l'étude du Mouvement Coopératif Paysan (MCP) au Nicaragua, Metereau et Figuière¹⁴ interrogent le rôle que peuvent avoir l'agroécologie et les démarches d'EI dans le cadre d'une stratégie d'écodéveloppement, ainsi que les « fécondations réciproques » entre

¹⁴ METEREAU R, FIGUIERE C, Système coopératif localisé, stratégies collectives paysannes et agroécologie au Nicaragua. Prétexa pour une économie politique de l'écologie Industrielle. Page XX de ce numéro spécial.

ces deux types de démarches. Ces auteurs montrent qu'il est nécessaire de prendre en compte des spécificités écologiques, culturelles et sociales locales, et de choisir judicieusement les techniques et les technologies qui seront déployées afin d'assurer la transition de systèmes agroalimentaires. Dans cette « culture coopérative », les membres de ce système ont une proximité cognitive avec des objectifs non seulement d'efficacité économique pour chacun, mais aussi une finalité éthique et sociale. Ce coopérativisme très marqué a aussi conduit à la mise en œuvre de systèmes de coordination et au renforcement d'une proximité organisationnelle. Au final, les dimensions socio-économique et environnementale sont étroitement liées dans cette stratégie collective. La dimension environnementale est intégrée via l'agro-écologie, afin de répondre à deux préoccupations principales : l'adaptation aux effets des changements climatiques et la diversification de la production ; ainsi que le renforcement de l'autonomie des exploitations agricoles. Ceci se traduit par une volonté de boucler les flux de matière et d'énergie au sein des agroécosystèmes.

Evoquer la TES des territoires renvoie également à la question de son évaluation, de sa mesure, ou plus simplement de sa détection. Les approches permettant de mesurer les bénéfices d'une démarche d'EI en matière de développement durable sont aujourd'hui assez limitées. Elles s'appuient souvent sur des méthodes de comptabilité quantitative d'éléments (mesure des flux échangés, des impacts environnementaux générés, des bénéfices réalisés par les entreprises, du nombre d'emplois créés, etc.) mais donnent peu d'indication sur les dynamiques des processus à l'œuvre.

Selon Petit, il est difficile de disposer d'indicateurs quantitatifs permettant d'évaluer les effets de ce type de démarche collective. Elle édicte des principes, mais la proposition d'indicateurs, qui pourrait résulter d'études de cas, est prématurée car ces dernières sont encore « embryonnaires au regard d'une logique de développement territorial ». Muriel Maillefert et Isabelle Robert introduisent néanmoins la notion de valeur territoriale, considérant que les nouveaux modèles d'affaires soutenables que sont l'écologie industrielle, l'économie de la fonctionnalité ou encore l'économie circulaire contribuent à générer de la valeur pour l'entreprise mais également pour le territoire. Ces modèles d'affaires innovants cherchent à concilier une croissance économique alternative, une forme de développement social, et une limitation de l'impact environnemental. La contribution des différentes parties prenantes à la construction de cette nouvelle valeur soutenable apparaît comme un point essentiel, nécessitant de nouvelles structures d'intégration et de nouveaux systèmes de gouvernance. Les auteurs qualifient l'émergence de la valeur territoriale comme résultante d'une hybridation des formes d'action collectives territorialisées. De même, la définition de la valeur territoriale nécessite une prise en compte élargie des enjeux de l'entreprise. Elles évoquent la notion de « reconnexion de l'entreprise avec son environnement » qui peuvent conduire à des changements socio-économiques structurels et culturels.

Il y a donc un grand intérêt à multiplier le nombre d'études de cas rétrospectives analysées par une équipe interdisciplinaire, et permettant de comprendre les mécanismes liés à la transition écologique et sociale d'un territoire (BUCKET, 2015, MAT ET AL., 2016, MAT ET AL., 2017). Dans ce numéro spécial, Sabine Barles s'intéresse à la transition socio-écologique des espaces urbains, et notamment à l'objectif de dématérialisation, grâce au métabolisme territorial. Les enjeux qui en découlent concernant les cycles biogéochimiques et la production d'externalité matérielle sont discutés. L'auteur montre que sur l'agglomération parisienne, il existe une distance importante entre les politiques engagées dans l'économie circulaire et les enjeux de dématérialisation des sociétés. Les politiques mises en œuvre sont limitées en raison de la difficulté à corréliser les intérêts économiques et les impératifs

écologiques. De même, l'article de Bonaudo et al.¹⁵, s'intéressant à la modification durant le XXème siècle du système agro-alimentaire (dans ses dimensions de production et de consommation) d'une vallée des Alpes, l'Aussois, apporte un éclairage nouveau sur une transition passée ayant entraîné un découplage progressif entre activités de production classiques agricoles et activités de consommation alimentaires, par l'analyse des flux et des stocks d'azote et de monnaie. Ce territoire est ainsi passé d'une agriculture agro-pastorale vivrière (années 1925-1965) à un système agropastoral spécialisé (années 1965-2013). Cette transition est marquée par l'ouverture du système agro-pastoral et a pu se réaliser par la conjonction de trois effets : une politique de désenclavement, facilitant la circulation des biens et des personnes entre la vallée et l'extérieur, la mise en œuvre de nouvelles techniques (utilisation d'engrais minéral, motomécanisation) et le passage d'une utilisation de la monnaie comme produit d'épargne et instrument d'échange régional vers un instrument facilitant les échanges avec le niveau national et international.

Enfin, mieux comprendre les dynamiques implique aussi de prendre en compte les grandes révolutions qui ont eu lieu ou qui sont à l'œuvre. Dans son article, Petit montre bien les aspects antagonistes ou au contraire synergiques entre la TES et la transition numérique. Si les TIC engendrent des impacts environnementaux, notamment liés à l'implantation et au fonctionnement des réseaux et des serveurs de stockage, et peuvent engendrer des effets rebonds négatifs, elles favorisent des modes de production et de consommation différents. De plus, il introduit le concept de « commun » qui intervient dans les deux transitions, en insistant sur l'approche relationnelle que certaines pratiques mettent en avant (EI, développement de logiciels libres ou autres formes de commons via les réseaux numériques) et qui permettent de générer certaines ressources pour le milieu, à savoir l'accroissement des capacités, démocratie participative, et la proximité. Le territoire devient ainsi apprenant, avec les habitants qui « ne sont plus seulement consommateurs mais prescripteurs de services numériques ».

-5-

Conclusion

Ces différents travaux mettent en évidence que les débats épistémologiques autour des concepts d'écologie industrielle et territoriale, d'économie circulaire et d'écologie territoriale sont encore très présents au sein de la communauté scientifique et révèlent la multidisciplinarité des chercheurs qui s'intéressent à ces concepts. En effet, les auteurs de ce numéro spécial sont des chercheurs de disciplines scientifiques très variées (aménagement du territoire, géographie, philosophie, économie, sociologie, sciences de l'ingénieur, agronomie, sciences de la gestion). Ils prouvent la vitalité de la communauté qui se reconnaît autour des concepts de l'écologie industrielle, prise dans son sens large, mais montrent aussi l'extrême diversité des approches et des justifications des démarches par les acteurs. Mais comme cela a été explicité, ce n'est pas qu'une question de vocabulaire. De l'écologie industrielle à l'écologie territoriale, c'est l'objet d'étude qui peut varier, les finalités de la recherche ou encore les cadres théoriques et méthodologiques mobilisés. L'entrée commune de cette communauté se fait par le territoire. Ce système, qui comprend différentes dimensions

¹⁵ BONAUDO T, BILLEN G, GARNIER J, BARATAUD F, BOGNON S, MARTY P, DUPRE D, La transition du système agro-alimentaire d'Aussois au XXe siècle. Un cas d'étude du découplage progressif de la production et de la consommation alimentaire. Page xx de ce numéro spécial.

matérielle et idéale, permet la mise en œuvre de méthodologies spécifiques à chaque discipline scientifique, mais constitue aussi un cas d'étude à partir duquel de nouvelles approches et méthodologies interdisciplinaires peuvent être développées et validées. Ce type de recherche est exigeant car il requiert une écoute et un respect réciproque de la part des chercheurs.

La sélection de travaux présentés à l'occasion du colloque COLEIT 2014 et composant ce numéro spécial montre qu'il existe une grande diversité de démarches d'écologie industrielle et territoriale, en fonction des territoires et de leurs enjeux, de leurs caractéristiques organisationnelles, ou encore des acteurs qui les composent. La question de la contribution de l'EIT à la transition écologique et sociale de l'économie reste ouverte. Cependant, les processus de transition socio-écologique nécessitent des moyens d'observation variés, permettant en particulier de décrire les changements opérés dans une dynamique spatio-temporelle, mais aussi d'identifier et de caractériser certaines externalités mal prises en compte à l'heure actuelle. Par ailleurs, quelles que soient les démarches mises en œuvre, le changement en profondeur de la société auquel on appelle la TES, dans une logique de durabilité forte, reste difficile à opérer.

Les indicateurs classiques décrivant les flux et les stocks de matière et d'énergie ainsi que le taux de « circularité » sont souvent des instantanés qui ne représentent pas le processus d'évolution d'une démarche d'écologie industrielle et territoriale ou d'un territoire. Les approches rétrospectives peuvent permettre aussi de proposer des scénarios d'évolution. Cependant, l'évolution des flux matériels comporte un effet retard : cette évolution résulte de la modification des modes de production et de consommation internes ou externe au territoire, de l'évolution des interactions entre les différents acteurs territoriaux et de leur représentation du territoire, de différentes prises de décision à une échelle micro, méso ou macro, ou bien de l'évolution de stocks. Elle peut être expliquée a posteriori ou contribuer à percevoir des évolutions tendancielle mais est impuissante à décrire les mécanismes précis dirigeant cette évolution. Pour ce faire, il est nécessaire de caractériser les interactions entre les acteurs du territoire, leurs formes de représentations, ainsi que les démarches d'écologie industrielle et territoriale qui en découlent. Ces informations sont souvent qualitatives. Elles peuvent être collectées au travers de différentes grilles de lecture : écologie du milieu, insistant sur l'émergence de communs, approche par la complexité, visant à caractériser les propriétés émergentes, d'auto organisation et d'auto régulation d'un territoire, approche par la convivialité, approche interdisciplinaire telle que celle de l'Aussois sont autant de tentatives qui pourraient permettre de mieux décrire et suivre les processus à l'œuvre, pour ensuite pouvoir les prédire, au moins partiellement.

De plus, la mise en œuvre de ces démarches engendre un ensemble d'externalités positives ou négatives. Les méthodes actuelles souvent quantitatives et universelles (analyses de flux environnementaux, d'impacts environnementaux, d'économie, d'emplois) présentent des limites dès lors que les externalités ne peuvent pas totalement être caractérisées par une approche quantitative. Chaque territoire présentant des spécificités, les méthodes actuelles ne sont pas non plus capables d'identifier et de caractériser l'ensemble des externalités. De nouvelles méthodes doivent donc être développées.

Enfin, qu'on parle d'écologie industrielle, d'écologie industrielle et territoriale ou d'écologie territoriale, la recherche ne permet pas d'adopter une posture de chercheur indépendant de son objet d'étude. Le fait même de recueillir les données nécessaires à l'observation implique des échanges avec les acteurs locaux qui peuvent instiller des nouvelles idées et aboutir à des modifications de la perception du territoire par ces derniers. Cette modification peut conduire les acteurs locaux à initier des actions non prévues initialement. Certains travaux relèvent de la recherche-action, le chercheur devenant alors un

acteur du système. Les conséquences de ces différentes postures constituent des perspectives de recherche intéressantes, dont le débat reste ouvert, mais que nous avons préféré ne pas traiter dans cette édition.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des participants aux colloques COLEIT 2012 et COLEIT 2014 pour leurs discussions fructueuses. Nous remercions aussi le Comité Editorial de la RERU pour leur confiance nous ayant permis coordonner ce numéro spécial au sein de cette revue.

Références bibliographiques

ADOUE C (2007) *Mettre en œuvre l'écologie industrielle*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

ALIX Y, CERCEAU J, MAT N (2015) *Économie circulaire et écosystèmes portuaires (Tome 4)*. Collection Les Océanides, EMS Editions, Paris.

ALLENBY BR (1992) *Design for environment: implementing industrial ecology*. Thesis Dissertation, University of New Jersey, New Brunswick.

ARPEGE (2009) *Atelier de réflexion prospective sur l'écologie industrielle ARPEGE*. Rapport Final, Paris.

BACCINI P, BRUNER PH (1991) *Metabolism of the anthroposphere*. Springer-Verlag, Berlin.

BARLES S (2010) Écologie territoriale. In MERLIN P, CHOAY C. (dir.) *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, 3e éd., PUF, Paris.

BARLES S (2005) *L'invention des déchets urbains : France 1790-1970*. Seyssel.

BEAURAIN C, BRULLOT S (2011) L'écologie industrielle comme processus de développement territoriale: une lecture par la proximité. *Revue d'économie régionale et urbaine* 2 : 313-340.

BOONS F, HOWARD-GRENVILLE J (2009) *The social embeddedness of industrial ecology*, Edward Elgar Publishing, Northampton (MA).

BOONS F, ROOME N (2001) Industrial Ecology as a Cultural Phenomenon. On Objectivity as a Normative Position. *Journal of Industrial Ecology* 4(2) : 49-54.

BOULDING K (1966) The Economics of the Coming Spaceship Earth. In BOULDING K *Environmental quality in a growing economy: essays from the Sixth RFF Forum*. Resources for the Future, Johns Hopkins Press, Baltimore.

BRULLOT S (2009) *Mise en œuvre de projets territoriaux d'écologie industrielle en France: vers un outil méthodologique d'aide à la décision*. Thèse de doctorat. Université de Technologie de Troyes, spécialité Développement durable.

BRULLOT S, MAILLEFERT M, JOUBERT J (2014) Stratégies d'acteurs et gouvernance des démarches d'écologie industrielle et territoriale. *Développement Durable et Territoire* 5(1). DOI : 10.4000/developpementdurable.10082

BRULLOT S, GOBERT J (2017) L'EIT, une stratégie innovante pour la transition écologique des territoires. In BRULLOT S, JUNQUA G (2017) *COLEIT 2014. Écologie industrielle et territoriale*. Presses des Mines, Paris.

BRULLOT S, JUNQUA G (2017) *COLEIT 2014. Écologie industrielle et territoriale*. Presses des Mines, Paris.

BUCLET N (2011) *Écologie industrielle et territoriale, stratégies locales pour un développement durable*. Septentrion Presses Universitaires, Villeneuve-d'Ascq.

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

CERCEAU J (2013) *L'écologie industrielle comme processus de construction territoriale : application aux territoires portuaires*. Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, spécialité Sciences et génie de l'Environnement.

CERCEAU J, MAT N, JUNQUA G (2017) Building territory in industrial ecology: theory, clarification, and application to the Aix-Marseille metropolitan area (France). *Geoforum*, article en révision.

CERCEAU J, JUNQUA G, GONZALEZ G, LAFOREST V, LOPEZ-FERBER M (2014a) Quel territoire pour quelle écologie industrielle ? Contributions à la définition du territoire en écologie industrielle. *Développement Durable et Territoires* 5(1), DOI : 10.4000/developpementdurable.10179.

CERCEAU J, MAT N, JUNQUA G, LIN L, LAFOREST V, GONZALEZ G (2014b) Implementing industrial ecology in port cities: international overview of case studies and cross-case analysis. *Journal of Cleaner Production* 74 : 1-16.

CHARRON M (2006) La complexité des phénomènes spatiaux. *Cahiers de géographie du Québec*, 50(141) : 327-335.

CHERTOW MR (2000). Industrial symbiosis. Literature and taxonomy. *Annual review of Energy and Environment* 25 : 313-337.

CHERTOW MR (2007) "Uncovering" Industrial Symbiosis. *Journal of industrial ecology* 11(1) : 11-30.

CHERTOW M, EHRENFELD J (2012) Organizing self-organizing systems. *Journal of Industrial Ecology* 16 (1) : 13-27.

COLLETIS (2010) Co-évolution des territoires et de la technologie: une perspective institutionnaliste. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine* 2 : 235-249.

COSTA I, FERRAO P (2010) A case study of industrial symbiosis development using a middle-out approach. *Journal of Cleaner Production* 18 (10) : 984-992.

COURLET C, PECQUEUR B, SOULAGE B (1993) Industrie et dynamiques de territoire. *Revue d'économie industrielle* 64 : 7-21.

DECOUZON C, MAILLEFERT M (2012) Évaluer des projets d'écologie industrielle sur des parcs d'activité : des synergies au territoire. *Géographie, économie, société* 14(4) : 411-434.

DE JOUVENEL B. (2002) *Arcadie : Essais sur le mieux-vivre*. Gallimard, nouvelle ed., Paris.

DESROCHERS P (2000) Market processes and the closing industrial loops. *Journal of Industrial Ecology* 4(1) : 29-43.

DESROCHERS P (2004) Industrial Symbiosis: the case for market coordination. *Journal of Cleaner Production* 12 : 1099-1110.

DI MEO G (1998) De l'espace aux territoires. *L'information géographique* 3 : 99-110.

EHRENFELD JR (2004) Industrial Ecology: a new field or only a metaphor? *Journal of Cleaner Production* 12 : 825-831.

ERKMAN S (2004) *Vers une écologie industrielle*. Editions Charles Léopold Mayer, 2ème éd., Paris.

FAN X (2008) *L'économie circulaire en Chine*. Thèse de Doctorat. Université de Technologie de Troyes.

FLETY Y (2014) *Vers une mise en observation des systèmes énergétiques territoriaux : une approche géographique pour territorialiser l'énergie*. Thèse de doctorat en Géographie, Université de Franche Comté, Besançon.

FROSH RA, GALLOPOULOS NE (1989) Strategies for Manufacturing. *Scientific American*. 261 : 144-152.

GAO L (2016) An Analysis on Japan's Circular Economy and Its effects on Japan's Economic Development. *International Business and Management* 13(2) : 1-6.

GELDRON A (2014) *Economie circulaire: notions*. Fiche technique, Ademe, Angers.

GENG Y, DOBERSTEIN B (2008) Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 15 : 231-239.

GEORGESCU-ROEGEN N (1979) Energy analysis and economic valuation. *Southern Economic Journal* XLIV : 1023-1058.

GORZ A (1975) Leur écologie et la nôtre. *Ecologie et politique*. Galilée, Paris.

GROSSE F (2015) Economie circulaire. In : BOURG D, PAPAUX A (dir.) *Dictionnaire de la pensée écologique*. PUF, Paris.

JACOBSEN N, ANDERBERG S (2004) Understanding the evolution of industrial symbiotic: the case of Kalundborg. In : VAN DER BERGH J, JANSSEN M (eds) *Economics of industrial ecology*. MIT Press, Cambridge.

JUNQUA G, BRULLOT S (2015) *COLEIT 2012. Écologie industrielle et territoriale*. Presses des Mines, Paris.

KNEESE AV, AYRES RU, d'ARGE RC (1970) *Economics and the Environment: A Materials Balance Approach*. Resources For The Future, Inc., Washington.

KORHONEN J (2001) Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. *Journal of Cleaner Production* 9: 253-989.

LELOUP F, MOYART L, PECQUEUR B (2005) La gouvernance territoriale comme nouveau mode de coordination territoriale ? *Géographie, économie, société* 4 : 321-332.

LEVY J, LUSSAULT M (2003) *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Belin, Paris.

LUGAN JC (2006) *Lexique de systémique et de prospective*. Conseil Economique et Social Midi-Pyrénées, Toulouse.

MAT N, SHI L, PARK HS, SPEKKINK W, CERCEAU J, JUNQUA G, LOPEZ-FERBER M (2016) Socio-ecological transitions toward post-fossil carbon port cities: trends, change and adaptation processes in Asia and Europe. *Journal of Cleaner Production* 114 : 362-375.

MAT N, CERCEAU J, LOPEZ-FERBER M, JUNQUA G (2017) Complexity as a means of resilience in metropolitan port areas; application to the Aix-Marseille case study. *Journal of cleaner production* 145 : 159–171.

MIRATA M (2004) Experiences from early stages of a national industrial symbiosis program in the UK: determinants and coordination challenges. *Journal of Cleaner Production* 12(8-10) : 967-983.

MIRATA M (2005) *Industrial symbiosis: a tool for more sustainable regions*. Doctoral dissertation. The international Institute for Industrial environmental Economics, Lund University.

MORIN E (2011) *La voie. Pour l'avenir de l'humanité*. Fayard/Pluriel, Paris.

OPOKU HN, KEITSCH MM (2006) Une approche objective de la durabilité ? Théorie des implications scientifiques et politiques de l'écologie industrielle. *Ecologie & politique* 32 : 141-152.

O'ROURKE D, CONNELLY L, KOSHLAND C (1996) Industrial Ecology : A critical Review. *International Journal of Environment and Pollution* 6(2/3) : 89-112.

PEARCE DW, TURNER RK (1990) *Economics of Natural Resources and the Environment*. Harvester Wheatsheaf, London.

SHI L, XING L, BI J, ZHANG B (2006) Circular economy: A new development strategy for sustainable development in China. 3rd World Congress of Environmental and Resource Economists, 3–7 July, Kyoto, Japan.

SPLASH CL (2013) *The Ecological Economics of Boulding's Spaceship Earth*. Institute for the Environment and Regional Development, Vienna University of economics and business.

STAHEL WR et REDAY G (1976) *The potential for substituting manpower for energy*. Report to DG V for Social Affairs, Commission of the EC, Brussels.

SU Y, ZHOU H (2005). Promoting Circular Economy Development a Basic National Policy. *Northern Economy* 1 : 8-10. In SHI L, XING L, BI J, ZHANG B (2006) Circular economy: A new development strategy for sustainable development in China. 3rd World Congress of Environmental and Resource Economists, 3–7 July, Kyoto, Japan.

TURNER RK, PEARCE DW (1990) Circular Economy. In PEARCE DW, TURNER RK (1990) *Economics of Natural Resources and the Environment*. Harvester Wheatsheaf, London.