



HAL
open science

Le potentiel d'écologie industrielle en France : approche territoriale et éléments de réalisation

Laurent Georgeault

► **To cite this version:**

Laurent Georgeault. Le potentiel d'écologie industrielle en France : approche territoriale et éléments de réalisation. Géographie. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2015. Français. NNT : 2015PA010641 . tel-02493972

HAL Id: tel-02493972

<https://theses.hal.science/tel-02493972>

Submitted on 28 Feb 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.



Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne
U.F.R. de géographie

UMR 8504 Géographie-Cités
Centre de Recherche sur les Réseaux, l'Industrie et l'Aménagement
École doctorale de Géographie de Paris (ED 434)

Thèse pour obtenir le grade de docteur
de l'Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne

Discipline : Géographie, Aménagement

présentée par
Laurent GEORGEAULT

Le potentiel d'écologie industrielle en France : approche territoriale et éléments de réalisation.

Sous la direction de Sabine BARLES et Patricia BORDIN

Soutenue publiquement le 14 Décembre 2015 devant le jury composé de :

Sabine Barles, Professeur, Université Paris I Panthéon-Sorbonne

Patricia Bordin, chercheur, Université Paris-Est, Institut de Recherche en Constructibilité, ESTP, Cachan.

Nicolas Buclet, *rapporteur*, Professeur, Institut d'Urbanisme de Grenoble

Guillaume Junqua, Maître-Assistant, HDR, École des Mines d'Alès

Valérie Laforest, *rapporteur*, Professeur, École des Mines de Saint-Étienne

Muriel Maillefert, Professeur, Université Lyon 3

Table des matières

Remerciements.....	5
Avant-propos.....	7
Introduction générale.....	11
Chapitre 1 : Écologie industrielle et territoire.....	17
1 Définition.....	17
2 Symbiose et synergies.....	20
3 Territoire.....	25
4 Échelles et symbiose industrielle.....	27
Chapitre 2 : Potentiel d'écologie industrielle.....	57
1 Éléments de définition.....	58
2 Les axes possibles.....	59
3 Établir ce potentiel.....	61
4 Application.....	112
5 Conclusion.....	122
6 Alternative au potentiel d'écologie industrielle.....	124
7 Démonstration par l'absurde.....	124
Chapitre 3 : Mesurer la performance matérielle des territoires : Le métabolisme de la Seine-Saint-Denis et de l'Île-de-France.....	161
1 Enjeux.....	162
2 Méthode.....	168
3 Sources.....	171
4 Résultats.....	232
5 Conclusion.....	242
Chapitre 4 : Plate-forme d'appui à l'action.....	245
1 Région, collectivité en charge de l'organisation territoriale de l'écologie industrielle	245
2 Porteurs de projets locaux variés, besoins communs.....	254
3 Outils informatiques existants.....	257
4 Réalisation d'une plate-forme d'écologie industrielle.....	295
Conclusion générale.....	313
Principaux apports.....	313
Axes stratégiques pour un déploiement de l'écologie industrielle sur le territoire français.....	316
Sources et bibliographie.....	321
Annexes.....	343
Annexe 1: liste des démarches françaises d'écologie industrielle en France (d'après [CATEI, 2014]).....	345
Annexe 2: fiche BASIAS.....	361
Annexe 3 : grille de recueil de données.....	371
Annexe 4 : rendu du projet Ecotech sudoe.....	385
Annexe 5: extraits du rendu Easy Metabolism pour le département de l'Aube.....	397

*Pour ceux qui sont partis,
ceux qui restent,
et ceux qui viendront*

Remerciements

Sans le soutien, les conseils et les corrections de Sabine Barles et de Patricia Bordin, je ne serai jamais parvenu à réaliser cette thèse. Je les remercie pour leur patience, leur temps, leur participation généreuse et leur professionnalisme.

Je tiens aussi à remercier tout particulièrement ma femme Marion, pour son amour, sa patience, ses encouragements mais aussi son soutien logistique, qui furent sans faille, constants et appréciés.

J'ai aussi une pensée pour toutes les belles personnes que j'ai eu l'occasion de rencontrer au cours de ce travail et qui m'ont tant apporté aux travers d'innombrables échanges.

Enfin, je remercie Grégory Giavarina qui m'a fait prendre conscience de la nécessité de sortir de ma grotte et permis de porter plus loin cet engagement personnel.

Avant-propos

L'informatique mène à tout. Après un début de carrière tout à fait traditionnel pour un ingénieur en système d'information, c'est de façon tout à fait fortuite que j'ai rencontré l'écologie industrielle, à l'Université de Technologie de Troyes, au travers les travaux d'un copain de rugby qui allait devenir le premier docteur en la matière en France, Cyril Adoue.

Quand il a eu fini sa rédaction, nous avons créé le cabinet de conseil Systèmes Durables avec le soutien de Youcef Bouzidi et Dominique Bourg, sur la thématique de l'écologie industrielle. Si mon engagement se limita dans un premier temps à intégrer les démarches de conseil sous la forme d'outils informatiques, une participation plus opérationnelle devint avec le temps une nécessité impérieuse, dictée par une curiosité malade et le goût de la chose industrielle.

La volonté de faire une thèse n'est pas directement liée à l'écologie industrielle, mais plutôt à celle de compléter un cursus académique. Il s'agit avant tout d'un défi personnel, une démonstration de ténacité et de détermination.

Praticien expérimenté du domaine, les travaux de recherche que j'ai menés ont été guidés par une volonté de répondre aux questions que je rencontrais sur le terrain, en tenant compte des travaux déjà réalisés mais surtout des impératifs opérationnels auxquels la réalité quotidienne me confrontait. Ils ont été menés en vue d'aboutir à des livrables opérationnels disponibles pour le plus grand nombre, pour que les principes soient déclinés dans les territoires sous une forme très concrète.

Après avoir travaillé pour à peu près toutes les strates du mille-feuilles s'occupant de développement économique (et environnemental) en France, j'ai rejoint au printemps 2014 l'Institut de l'économie circulaire à l'interface entre les politiques, les entreprises et les institutions, pour tenter de porter plus fort dans la société civile la thématique de l'écologie industrielle.

Je m'emploie depuis à traduire dans un format programmatique les concepts de

l'économie circulaire, en particulier ceux liés aux symbioses industrielles, ce qui est plutôt cocasse pour un programmeur en reconversion. Il s'agit de ce que Sabrina Brulot appellerait une approche institutionnaliste [BEAURAIN, 2011].

Au-delà d'un témoignage sur les évolutions de l'écologie industrielle en France, j'espère par la réalisation de cette thèse apporter une contribution scientifique en développant des connaissances et participer à la vie des idées dans le domaine.

« La question de savoir ce qui dans l'œuvre de l'homme sert à embellir ou bien contribue à dégrader la nature extérieure peut sembler futile à des esprits soi-disant positifs : elle n'en a pas moins une importance de premier ordre. Les développements de l'humanité se lient de la manière la plus intime avec la nature environnante. Une harmonie secrète s'établit entre la terre et les peuples qu'elle nourrit, et quand les sociétés imprudentes se permettent de porter la main sur ce qui fait la beauté de leur domaine, elles finissent toujours par s'en repentir. Là où le sol s'est enlaidi, là où toute poésie a disparu du paysage, les imaginations s'éteignent, les esprits s'appauvrissent, la routine et la servilité s'emparent des âmes et les disposent à la torpeur et à la mort. Parmi les causes qui dans l'histoire de l'humanité ont déjà fait disparaître tant de civilisations successives, il faudrait compter en première ligne la brutale violence avec laquelle la plupart des nations traitaient la terre nourricière. Ils abattaient les forêts, laissaient tarir les sources et déborder les fleuves, détérioraient les climats, entouraient les cités de zones marécageuses et pestilentielles ; puis, quand la nature, profanée par eux, leur était devenue hostile, ils la prenaient en haine, et, ne pouvant se retremper comme le sauvage dans la vie des forêts, ils se laissaient de plus en plus abrutir par le despotisme des prêtres et des rois. »

Élisée Reclus, Du Sentiment de la nature dans les sociétés modernes, La Revue des Deux Mondes, N°63, 15 mai 1866 [RECLUS, 1866, p379-380]

Introduction générale

La logique de fonctionnement de notre société a principalement été fondée sur un modèle linéaire de consommation de ressources naturelles, ‘extraire-fabriquer-consommer en masse-jeter’. La société occidentale a de tout temps exploité jusqu'à l'épuisement son environnement. Ainsi au XIIIe siècle, l'abbé Suger, en charge de la construction de la basilique de Saint-Denis, parcourt la région parisienne et ses forêts dans une quête désespérée, à la recherche des poutres nécessaires à l'édification de son œuvre. Les souffleries de verre, l'industrie du fer, le chauffage, mais aussi la construction de bâtiments, navires, tonneaux, palissades, avaient eu raison des ressources locales en bois du bassin parisien. Une seule charbonnière pouvait alors déboiser en quarante jours une forêt sur un rayon d'un kilomètre [GIMPEL 1975, p79]. L'industrie a par la suite appliqué en grand les mêmes principes avec les résultats largement visibles aujourd'hui sur l'environnement, d'autant plus qu'elle a eu recours massivement à des ressources non renouvelables. La logique linéaire n'est donc pas un travers uniquement de l'ère industrielle, celle-ci en ayant néanmoins largement et profondément massifié les symptômes.

Les instances mondiales ont identifié le danger potentiel d'une telle consommation de ressources et les risques très concrets qu'elle fait peser sur les équilibres, tant naturels que géopolitiques. L'Organisation des Nations Unies promeut ainsi le découplage de l'économie vis à vis du substrat physique qu'elle met en œuvre [UNEP, 2013]. De nos jours, en France, ce sont plus de 800 Millions de tonnes de matières qui sont consommées chaque année pour le fonctionnement de notre société [CGDD, 2013, p1], soient près de 13 tonnes par habitant.

Il résulte de cette consommation massive de ressources un épuisement des stocks en amont et une saturation des exutoires en aval. Les collectivités qui ont la charge de l'élimination des déchets ménagers font face à des volumes qui suscitent de longue date des interrogations et la mise en œuvre de politiques destinées à les limiter à la source ou à en augmenter les taux de recyclage. La mise en place, au niveau de la gestion des déchets, des filières à responsabilité élargie des producteurs (REP) visant à mettre en

œuvre le principe « pollueur-payeur » préconisé par l'OCDE [OCDE, 1992] a permis un meilleur recyclage des matières et le développement de l'éco-conception¹ sans pour autant résoudre les problèmes quantitatifs. Au niveau des déchets des activités économiques dont la charge de l'élimination est affectée aux entreprises, la visibilité quantitative et qualitative n'est pas meilleure, les opérateurs du secteur privé qui officient en bout de chaîne dans le domaine restent très discrets et n'ont a priori aucun intérêt à en voir les volumes décliner. Il revient donc aux acteurs économiques, et aux industriels en particuliers, de mettre en place des solutions de réduction de leurs consommations de matières premières et de réduction de leur production de déchets afin de limiter leur impact environnemental mais surtout l'impact sur leurs finances.

L'intérêt pour une meilleure intégration de l'activité humaine dans les cycles biogéochimiques n'est pas neuf et l'étude des relations entre la société et son environnement bénéficie de travaux scientifiques autorisant plusieurs certitudes dont deux seront ici principalement retenues. La première certitude concerne le caractère fini des ressources et la deuxième la trajectoire insoutenable de notre société [MEADOWS et al, 1972]. Ces deux points de vue ne sont pas partagés uniquement par Denis Meadows et ses collègues du Massachusetts Institute of Technology, la réactualisation de leur travail trente ans après vient corroborer les tendances projetées par l'observation [MEADOWS et al, 2012]. Avant eux, Thomas Robert Malthus (1766-1834) s'interrogeait déjà sur la capacité des populations à soutenir leur expansion par rapport aux ressources alimentaires disponibles [MALTHUS, 1798], problématique plus simple, plus directe, aux variables moins nombreuses mais qui eut comme conséquence directe la mise en place dès 1801 d'un recensement de la population en Angleterre (Census Act de 1800).

Autour de ces problématiques, l'écologie industrielle est un domaine de recherche relativement récent [FROSCHE & GALLOPOULOS, 1989] très dynamique. Visant à étudier la société dans son rapport à la biosphère dans une optique de résilience, l'écologie industrielle réfléchit à l'intégration des activités humaines dans les cycles

1 Les éco-organismes qui pilotent les filières à responsabilité élargie du producteur sont financés par des contributions financières des metteurs sur le marché. Certaines filières, par exemple celle dédiée aux emballages, ont mis en place des contributions dégressives quand les emballages sont éco-conçus.

biogéochimiques.

Elle s'est appuyée sur des projets de recherche-action nombreux dans le monde comme au niveau national. Plus d'une vingtaine de démarches territoriales ont été développées ces dix dernières années selon ses principes en France et le ministère de l'écologie y a édité un guide opérationnel à destination des collectivités pour qu'elles se saisissent du sujet [CATEI, 2014]. La loi relative à la transition énergétique et à la croissance verte portée par Mme Ségolène Royal, ministre de l'Écologie, comporte dans son chapitre IV dédié à l'économie circulaire un encouragement à destination des territoires visant leur engagement dans des démarches d'écologie industrielle. Le 27 mai 2015 à Paris, un programme de grande ampleur a aussi été lancé en matière d'écologie industrielle² : programmé sur deux années, il vise à déployer de façon opérationnelle les principes des démarches d'écologie industrielle à l'échelle de quatre régions (Aquitaine, Bretagne, Haute-Normandie et Rhône-Alpes) avec un large soutien de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), du ministère de l'Écologie (MEDDE), des collectivités mais aussi d'industriels impliqués de longue date dans le domaine (Électricité de France pour ne citer que le plus ancien sur le sujet). Étant donné la fusion programmée des régions françaises, l'ampleur du programme atteindra un périmètre jusqu'ici jamais expérimenté en France. Le sujet de l'écologie industrielle rencontre donc un écho favorable et intéresse dans la société civile en contribuant à fournir des solutions aux pouvoirs publics et acteurs économiques.

Au niveau scientifique, début juillet 2015, l'International Society of Industrial Ecology a tenu sa conférence à Guildford dans le Surrey, ville natale de Thomas Malthus. Simple hasard ou volonté de positionner les travaux menés dans les pas de l'économiste anglais ? Le comité d'organisation ne l'a pas précisé.

De nombreuses questions restent encore à explorer dans le domaine. Par exemple, au niveau épistémologique, les difficultés portées par l'oxymore que constitue le terme écologie industrielle se traduisent par un questionnement sur le rapport du système

2 Le Programme National de Symbiose Industrielle (PNSI) est porté par l'Institut de l'économie circulaire et vise à mettre en place l'écologie industrielle au niveau territorial dans un format très orienté vers le développement économique, format hérité du programme anglais NISP (National Industrial Symbiosis Programm). Sur le plan scientifique, il est suivi par l'Université de Technologie de Troyes.

industriel à la nature : s'agit il d'un modèle ou d'une métaphore [HESS, 2009] [CERCEAU, 2013]? La profondeur des changements que doit porter la discipline dans la société est aussi un thème discuté [BUCLET, 2011].

Au niveau de la conception de méthodologies d'intervention sur les territoires, sujet dont il est principalement question dans cette thèse, les jeux d'acteurs et processus de construction ont été conceptualisés et traduits dans les pratiques sans que le sujet ne soit réellement épuisé. Les questions que soulèvent la progression du domaine au fur et à mesure qu'il s'intéresse à des aires géographiques de plus en plus vastes concernent la détermination d'un potentiel capable d'orienter le pilotage dans sa traduction opérationnelle.

Le potentiel d'écologie industrielle visant à faire naître des coopérations inter-entreprises dans un périmètre donné a déjà donné lieu à des travaux scientifiques [ADOUE, 2004] que nous interrogerons pour leur donner une dimension plus géographique en discutant de la territorialisation des démarches d'écologie industrielle. Il vise à améliorer la connaissance dans le domaine de l'aménagement du territoire et à contribuer à alimenter tant le domaine des politiques publiques que les pratiques de terrain.

De la même façon, un travail a récemment été mené par Guillaume Massard [2011] pour faire progresser la conceptualisation des flux et leur description afin d'améliorer la recherche de synergies entre les acteurs. Nous prolongeons dans cette thèse les travaux menés en la matière en analysant au regard de plusieurs expérimentations menées en France la qualification des ressources. Les avancées qui en sont issues sont ensuite expérimentées lors de démarches menées à titre professionnel pour en valider la pertinence. D'une façon plus générale, la dynamique de gestion et de capitalisation des connaissances dans le domaine sera examinée au travers leur traduction sous la forme d'outils destinés à sa traduction opérationnelle. Elles nous renseigneront ainsi sur les différents partis pris des opérateurs.

Structure du document

Ce document est organisé en quatre chapitres dont la progression part des définitions pour avancer vers des thématiques d'observation aboutissant ensuite à des aspects plus

opérationnels. Il s'agit d'une progression verticale marquée par notre volonté de contribuer au-delà de la vie des idées à la conception de moyens opérationnels à destination du domaine et peut-être, à terme, à un Census Act français en matière d'écologie industrielle.

Le chapitre 1. Écologie industrielle et territoire a pour objet de faire un état de la recherche sur l'écologie industrielle et d'en fournir les principales définitions. Il définit ainsi les notions de symbioses et de synergies, explicite aussi les débats concernant la discipline. Ensuite, il aborde la question du territoire et de l'échelle géographique pour la mise en œuvre de symbioses industrielles.

Le chapitre 2. Potentiel d'écologie industrielle présente les enjeux et les axes possibles pour la définition d'un potentiel d'écologie industrielle. Le potentiel d'écologie industrielle tel que nous le définissons dans cette thèse est un indicateur permettant d'identifier une capacité pour le territoire à mettre en place des synergies. Il permet, sur la base d'une estimation du caractère industriel du tissu économique installé, de discriminer les diverses sous-composantes d'un territoire pour orienter les démarches territoriales. Après l'étude des diverses données disponibles pour l'établir au niveau français, sa mise en application est réalisée et évaluée.

Enfin, pour compléter cette étude du potentiel d'écologie industrielle par une démonstration par l'absurde, une démarche d'écologie industrielle est menée sur un territoire au potentiel identifié comme nul.

Le chapitre 3. Mesurer la performance matérielle des territoires : Le métabolisme de la Seine-Saint-Denis et de l'Île-de-France, est destiné à compléter le potentiel d'écologie industrielle quand celui-ci est estimé nul sur un territoire. Les travaux existants concernant la caractérisation du métabolisme de l'Île-de-France [BARLES, 2009] sont réactualisés et approfondis, en vue d'évaluer les tendances et situer les préoccupations du territoire pour l'année 2010. Ce chapitre discute de l'évolution de l'appareil statistique disponible pour établir les analyses de flux de matières et la pertinence des échelles alors que de récentes publications institutionnelles visent à engager les territoires dans la

réalisation de tels exercices [SOES, 2014].

Le chapitre 4. Plate-forme d'appui à l'action examine les acteurs auxquels un rôle de mise en œuvre opérationnelle est actuellement attribué et les dimensions du système d'information qui est théoriquement recherché pour les accompagner dans cette mission. En dressant un panorama des principaux outils existants et de leurs évolutions, nous situons les principales contributions à ce domaine en la matière que nous avons rassemblées dans ce chapitre. Au-delà des restitutions directement associées aux chapitres 2 et 3 qui constituent de nouveaux outils disponibles, plusieurs évolutions sont apportées à un des principaux outils du domaine, PRESTEO. Ces évolutions relatives à la qualification des flux, la prise en compte des services et l'intégration de modules de détection et d'évaluation de synergies viennent compléter le patrimoine applicatif français du domaine.

Chapitre 1 : Écologie industrielle et territoire

Dans ce chapitre, les principales notions utilisées sont définies. Du domaine scientifique de l'écologie industrielle, nous nous focalisons en particuliers sur la symbiose industrielle et la notion de territoire. Nous déterminons ainsi l'absence d'échelle a priori pour le déploiement de l'écologie industrielle dans sa mise en œuvre territoriale. Nous prolongeons ensuite la discussion sur les différents rôles qui peuvent être observés par les collectivités qui portent de tels projets en nous basant sur plusieurs démarches françaises mises en œuvre récemment.

1 Définition

Bien que plusieurs définitions puissent être retenues de l'écologie industrielle, celle qui est partagée depuis 2007 par les scientifiques et praticiens français est la suivante :

« 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 interactions 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 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. En ce sens, elle appelle un changement de paradigme et de représentation basé sur une approche systémique.

L'écologie industrielle peut se focaliser sur une filière, une entreprise, un établissement industriel, une zone industrielle, un territoire, une région, une matière... etc. Elle se réfère à des méthodes liées à l'écologie scientifique, à la thermodynamique, à la sociologie des organisations, etc. »³. Elle explore l'hypothèse selon laquelle les systèmes industriels au sens large font partie de la biosphère et peuvent en tout cas être

3 Définition donnée par l'Atelier de Réflexion et de Prospective sur l'écologie industrielle (ARPEGE), ANR, 2007 voir <http://www.arpege-anr.org/> consulté le 25 avril 2014.

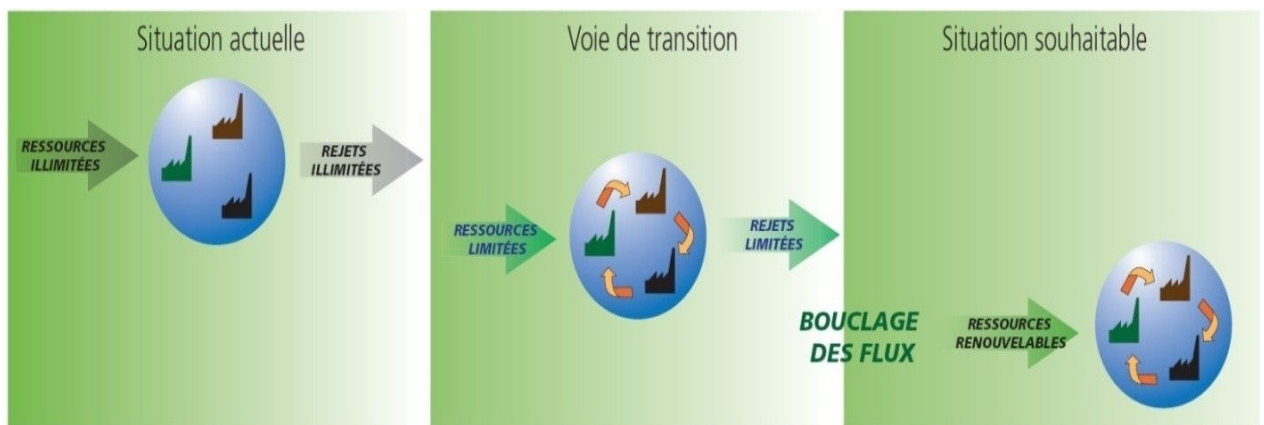
analysés à travers le prisme des approches systémiques proposées par le domaine de l'écologie scientifique.

Selon les personnes, on parle d'écologie industrielle [ADOUE, 2004], d'écologie territoriale [BARLES, 2014] ou d'écologie industrielle et territoriale [CATEI, 2014], en réalité tous ces termes englobent les mêmes concepts. Cette démultiplication est en partie liée à une difficulté de traduire en français le terme anglais « Industrial ecology ». Le terme « Industrial » est en effet beaucoup moins exclusif que le terme français « industriel » puisqu'il recoupe toutes les formes d'activités impliquant un grand nombre d'humains, de l'activité des ménages aux activités industrielles stricto sensu en passant par les activités urbaines... On utilise donc soit le terme « industriel » en traduction littérale soit le terme « territorial » afin de véhiculer une idée de quelque chose de vaste et d'inclusif.

Un des objectifs de ce domaine est d'aboutir à une éco-restructuration [ERKMAN, 1998] des modes de production et de consommation, ceci en s'efforçant de réduire l'impact des activités humaines tout en respectant les équilibres régionaux. Cela concerne notamment le passage des processus actuels de notre société de type linéaire (production – élimination) à un modèle plus cyclique (réduction des rejets – réutilisation – recyclage), qui favorise la diminution des consommations de ressources non renouvelables.

L'écologie industrielle propose d'appréhender la société industrielle comme un système, un écosystème particulier de la biosphère. C'est un article de Frosch et Gallopoulos [1989] aux États-Unis qui a popularisé l'association des termes *écologie* et *industrie*.

Braden Allenby, un des pères fondateurs de la discipline, estime que le système industriel actuel, considéré en dehors de la biosphère n'est pas viable car s'appuyant sur l'idée que les ressources de la planète sont illimitées, tout autant que ses capacités d'absorption de déchets. Or, le système étant clos et fini (la terre), la pérennité du modèle est remise en cause. Le système industriel doit donc tenir compte des ressources et capacités d'absorption du milieu. Une phase de transition est nécessaire pour aboutir au système considéré consommant uniquement des ressources renouvelables.



Source : Allenby B. ; Design for environment : implementing industrial ecology, State University of New Jersey, New Brunswick, thèse de doctorat, 1992

Figure 1: Evolution du système industriel, source [ALLENBY, 1992]

La figure 1 présente l'évolution souhaitable du système industriel qui dans sa troisième phase ne consomme que des ressources renouvelables et présente une durabilité forte. Cette conception souffre cependant d'une crédibilité discutable en ne présentant qu'un enjeu partiel de l'inscription de la société dans les cycles biogéochimiques puisque uniquement dédiée au système industriel.

L'idée mise en avant est en priorité le bouclage des flux de matières et d'énergies sur le modèle⁴ des écosystèmes naturels, les déchets ou coproduits des uns servant de matière première aux autres. Un deuxième objectif est la limitation des pertes par dissipation, en étanchéifiant les processus. Un troisième aspect de l'écologie industrielle tient à une volonté de décarbonisation de l'énergie afin de minimiser les émissions de gaz à effet de serre et l'impact climatique des activités humaines.

Enfin, un quatrième objectif tient à la dématérialisation des produits et services. Elle consiste à limiter l'impact des produits et services dès leur conception sur toute la durée du cycle de vie. Des outils d'analyse du cycle de vie permettent de quantifier les

⁴ Concernant la discussion relative à la métaphore ou au modèle que doit être la nature pour le fonctionnement des systèmes industriels, des discussions avec Manuel Blouin, Maître de Conférence à l'Institut d'Écologie et des Sciences de l'Environnement de Paris nous ont éclairé sur un point : la nature peut présenter des modes de fonctionnement tout à fait opposés en fonction des situations. Les écologues fournissent à la demande des exemples permettant des analogies mais aussi leur contraire. De la même façon, de nombreux exemples de fonctionnement implémentés dans le domaine des systèmes de simulation multi-agents viennent démontrer que le fonctionnement des systèmes naturels peut se révéler moins résilient qu'envisagé a priori. Le bouclage des flux de matière s'inspirera donc de la nature pour y trouver des illustrations choisies mais pas une loi naturelle ordonnant les éléments de la meilleure des façons possibles.

impacts environnementaux. Il s'agit aussi de passer de la vente d'un produit à la vente d'un service, afin d'encourager les fabricants à optimiser la durée de vie de leurs produits, les transformant en loueurs plutôt qu'en distributeurs. L'économie de fonctionnalité met en œuvre ces principes. [BOURG, 2008][BUCLET, 2005][CRIOC, 2007]. L'économie de fonctionnalité choisira de louer du matériel de ski de qualité en assurant son entretien au lieu d'en vendre le plus possible de moins bonne facture sans garantie sur la durée de vie.

L'écologie industrielle vise donc à réintégrer les activités humaines et industrielles dans les limites de la biosphère.

Si l'écologie industrielle est un domaine structuré qui a su décliner ses concepts dans des programmes de recherche-action voire même produire des éléments programmatiques [GEORGEAULT, 2015] en matière de développement économique, un débat de fond est toujours en cours.

A la différence d'Allenby et de sa vision très scientifique, idéologiquement inspirée par le déterminisme technologique et le libéralisme traditionnel [BEAURAIN, 2011], J. Ehrenfeld propose une vision plus sociale et normative, visant à dépasser le « paradigme social dominant » [EHRENFELD, 2004] et à positionner l'écologie industrielle dans des principes de durabilité forte [BEAURAIN, 2011]. Durabilité faible ou forte, les deux auteurs partagent cependant le même intérêt pour le caractère cyclique des flux et la problématique des symbioses industrielles. Du fait de nos activités professionnelles à l'interface des industriels, politiques et institutions, nous garderons pour nous la conception que nous avons de cette problématique, les travaux présentés pouvant se fonder dans les deux courants.

2 Symbiose et synergies

L'objet de cette thèse concerne principalement le bouclage des flux de matières inter-entreprises au sein des territoires, c'est à dire la symbiose industrielle. D'après Marian Chertow (2000), la symbiose renvoie au mutualisme dans le sens biologique du terme, c'est à dire à l'échange de flux (matière, énergie, information) entre au moins deux

espèces pour leur bénéfice mutuel.

Appliquée au domaine industriel, il s'agit d'un échange de ressources (matière ou service) entre industriels dans un périmètre allant du parc industriel à la région.

Par extension, la symbiose industrielle est un sous-champ de l'écologie industrielle qui concerne principalement la gestion coopérative des flux de ressources au travers des réseaux de métiers comme un moyen d'une approche écologiquement soutenable de l'activité industrielle. [CHERTOW, 2004]

Les travaux menés depuis près de dix ans par Marian Chertow, dans le champ disciplinaire de l'écologie industrielle et spécialement le domaine des symbioses, et dans le cadre de l'Université de Yale, sur le territoire américain, sont basés sur des études de métabolisme, bilans entrées/sorties au sein de territoires qui peuvent être une ville [DIMITROVA, 2007], un état [ECKELMAN, 2007] voire une île [ECKELMAN, 2009].

Selon les études, les bilans effectués concernent un matériau en particulier (en l'occurrence les plus valorisables financièrement comme le cuivre ou l'acier) ou l'ensemble des matériaux du territoire avec une identification des principales sources et quantités disponibles et possibilités d'actions. La recherche de symbioses industrielles dirige ces études.

Au sein des symbioses, les synergies entre acteurs se répartissent en deux groupes : les mutualisations et les substitutions (cf figure 2).

Les synergies de mutualisation peuvent concerner les flux sortants comme le traitement des déchets par une prise en charge collective et les flux entrants, approvisionnements, par un partage de la logistique par exemple ou des commandes communes afin de bénéficier de tarifs préférentiels.

Les substitutions consistent à l'utilisation en tant que flux entrant dans une entité d'un flux sortant d'une autre. Le déchet d'une entreprise se transforme en matière première pour une autre. [ADOUE, 2004].

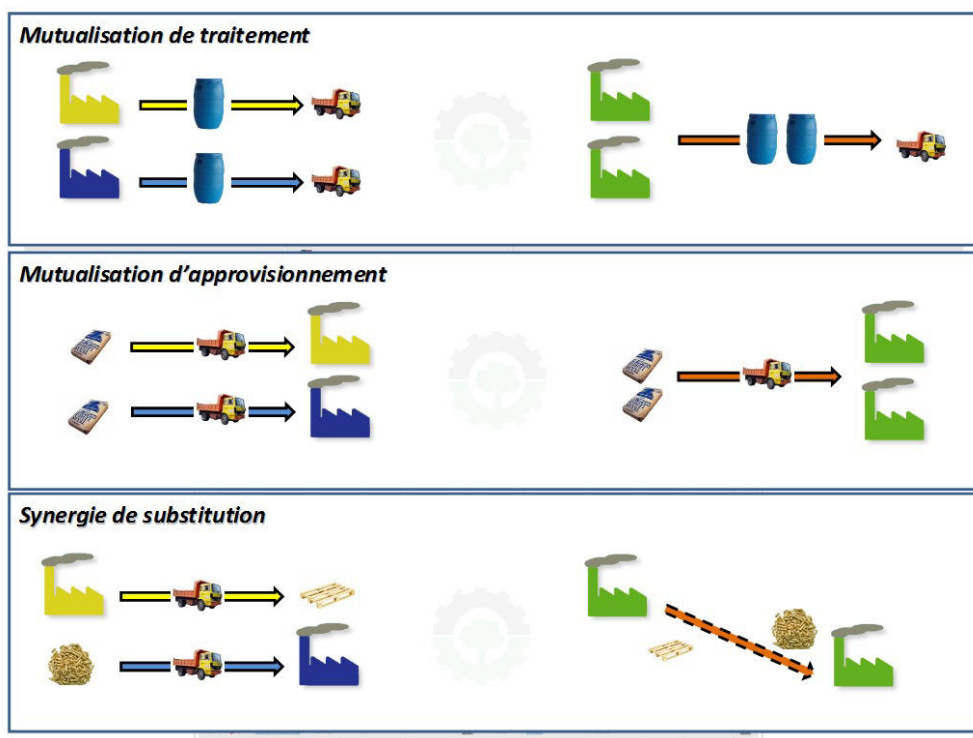


Figure 2: Les synergies type de l'écologie industrielle, source : [ADOUE, 2004].

Si les concepts autour des synergies sont clairs et simples, de nombreux freins et limitations sont à considérer pour leur mise en œuvre. Des contraintes d'organisation, de gouvernance des démarches, réglementaires autour de la nature même des produits échangés (souvent des déchets), d'adaptation des flux pour les intégrer dans un nouveau process, ... demandent à être levées [OREE, 2008]⁵.

Au niveau industriel, la nature inter-sectorielle des synergies peut aussi poser des problèmes sémantiques et de compréhension entre les acteurs, chaque secteur d'activité pouvant donner à un flux une désignation qui lui est propre.

⁵ Orée : Organisation pour la Responsabilité Environnementale des Entreprises, association d'entreprises et des territoires travaillant sur des problématiques environnementales, éco-conception, risques. A noter qu'Orée est aussi une des premières organisations d'entreprises s'étant saisie du sujet biodiversité dans les parcs d'activité. L'association est un acteur historique et important du domaine en France qui contribua et continue de contribuer à l'élaboration de projets et à la diffusion des concepts auprès des parties prenantes.

Tableau 1: Freins et limitations à la réalisation de synergies [KABONGO, 2006]

Techniques	Socioculturels	Structurels	Institutionnels
Manque de données sur les sous-produits : composition physique et chimique, quantité et localisation géographique Manque d'infrastructure de recyclage Manque de technologies appropriées	Manque de marché pour l'échange et la commercialisation des sous-produits Manque de motivation pour améliorer et développer les pratiques d'écologie	Discours, perceptions et attitudes des populations face aux projets d'écologie industrielle Manque de formation aux valeurs écologiques Manque de communication entre l'entreprise et la communauté Modèle dominant : consommation	Aspects réglementaires Manque de flexibilité des réglementations environnementales Classification des matières résiduelles Limites des normes et réglementations environnementales Aspects juridiques Manque de flexibilité des politiques juridiques-responsabilité légale et solidaire Pratiques d'antitrust

La détection et la mise en œuvre des synergies dans le cadre de l'écologie industrielle fait appel à des disciplines et des compétences variées. Les points de vue et dimensions à considérer sont nombreux comme le présente Patricia le Moenner dans la figure 3.

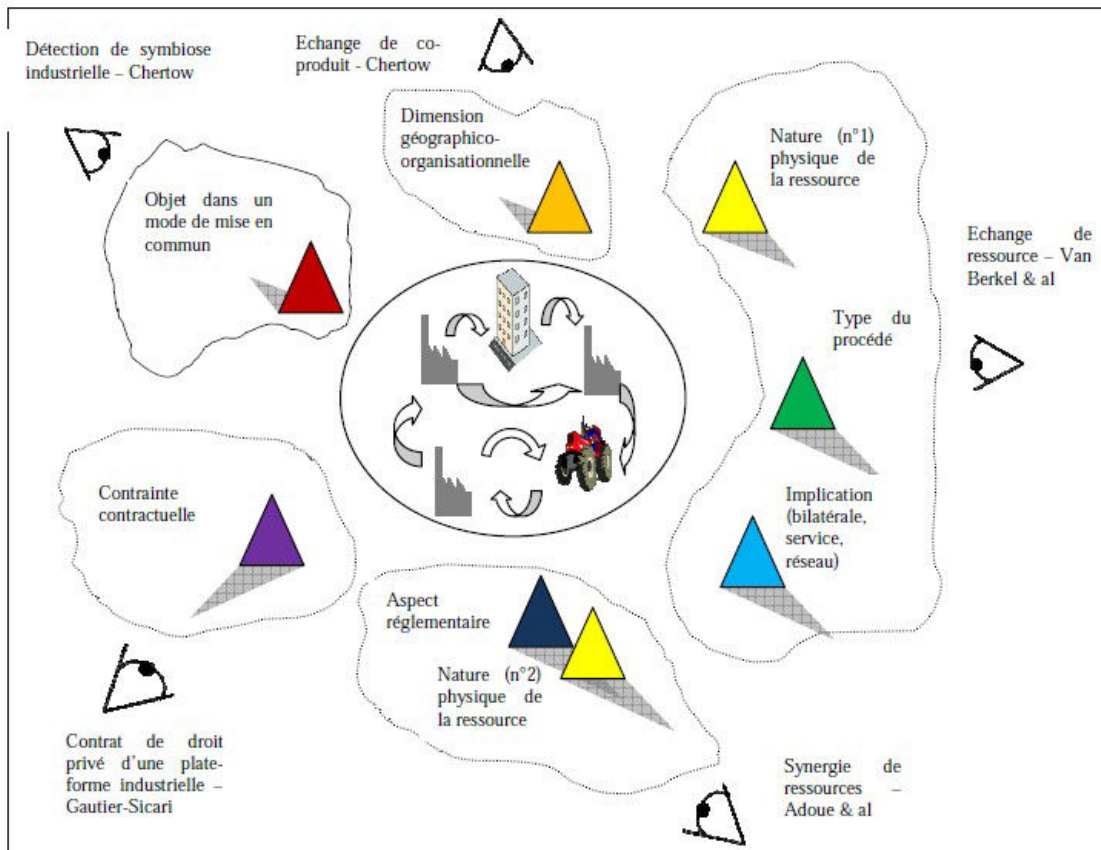


Figure 3: Vue d'ensemble des typologies existantes ou déductibles de la littérature, source [LEMOENNER, 2008]

Des différentes dimensions et typologies autour des synergies qu'elle a extraites de la littérature dédiée aux symbioses, les aspects géographiques, réglementaires, contractuels viennent compléter les aspects physico-chimiques des produits, co-produits sujets des échanges. La détection des synergies est une dimension importante sur laquelle cette thèse a l'ambition d'apporter une contribution. Dans notre cas, les dimensions « détection de synergies » et « géographie » ne sont pas aussi nettement séparées et c'est par la géographie que nous comptons approcher la détection.

3 Territoire

Les interrogations de l'écologie industrielle vis à vis de la société concernent principalement son rapport à matérialité, dans laquelle nous incluons l'aspect énergétique. Elle a l'ambition d'appréhender et d'agir sur cette matérialité qui est mise en œuvre par les activités humaines. Elle correspond à l'ensemble des matières importées, produites, transformées, exportées par le système de production et de distribution du territoire. L'objectif principal affiché est de proposer une réflexion sur ses impacts, sa durabilité et d'atteindre un découplage entre les activités et leur consommation de matière. Il s'agit d'en diminuer les volumes et de dématérialiser l'économie, id est, que pour chaque point de produit intérieur brut, la quantité de matière utilisée diminue.

Le concept de *territoire* n'a pas, lui, de contours rigoureusement définis. Selon son étymologie, le mot *territoire* se rattacherait à la terre (terra, -ae). « Mais d'après le Digeste, recueil de jurisprudence civile, élaboré en 533 après J.-C. par Justinien, qui constitue l'un des fondements du droit moderne, le terme a un lien direct avec le jus terrendi, le droit de terrifier... il est aussi très probable que certains latins pratiquaient un jeu de mots associant le contrôle d'une terre au pouvoir de la protéger par la menace (terrere). » [KOURTESSI-PHILIPPAKIS, 2011 p7].

Une contribution française récente à la définition du territoire dans le cadre de l'écologie industrielle est proposée dans la revue *Développement Durables et Territoire* [CERCEAU, 2014]. Après l'examen des différentes conceptions de l'écologie industrielles (descriptive [ALLENBY, 1999] ou normative [BOONS & ROOME, 2001], centrée sur la technologie [ALLENBY, 1992] ou sur l'humain), trois dimensions sont tout d'abord retenues : matérielles, organisationnelles et identitaires [LAGANIER et al, 2002]. Des limites qu'elles induisent et de la réalité complexe de l'objet étudié [MOINE, 2006], c'est le caractère systémique qui en est principalement retenu.

Tableau 2: Trois conceptions de l'écologie industrielle basées sur trois perceptions du territoire [CERCEAU et al, 2014]

Écologie industrielle comme discipline	Conception technique de l'écologie industrielle	Conception anthropocentrée de l'écologie industrielle	Conception systémique de l'écologie industrielle
Parti-pris conceptuel (fondement philosophique)	Impacts négatifs de l'Homme sur la Nature Rapport à la Nature comme limite et contrainte	Différences fondamentales entre l'Homme et la Nature Rapport à la Nature comme condition d'action et de pérennisation	Intégration réelle de l'Homme dans la Nature Rapport à la Nature comme modèle
Perception du territoire	Le territoire comme support biophysique (dimension matérielle)	Le territoire comme système d'acteurs territorialisé (dimension organisationnelle et identitaire)	Le territoire comme système complexe et dynamique (dimensions organisationnelle, identitaire et matérielle)
Outils pour l'écologie industrielle comme stratégie ou démarche opérationnelle	Diagnostic des flux de matières et d'énergie (analyse de flux de matière et d'énergie, bilan massique, etc.) Description du système industriel	Diagnostic des réseaux et des jeux d'acteurs (analyse des réseaux sociaux, analyse des modes de coordination, analyse des jeux de pouvoir, etc.) Description du système anthropique	Diagnostic territorial pour une mise en évidence du territoire commun et du projet de territoire à l'interface des représentations territoriales des acteurs humains et non humains Mise en mouvement du système territorial

Trois conceptions de l'écologie industrielle basées sur trois perceptions du territoire sont alors présentées dans le tableau 2 [CERCEAU et al, 2014]. Il implique une relation directe entre la perception qui est faite du territoire avec un parti pris conceptuel et les outils mis en œuvre. Ce travail permet pour nous d'identifier divers axes de perception du territoire.

En proposant une synthèse des définitions du territoire dans une perspective d'écologie industrielle, Cyril Adoue, en retient une définition qu'il qualifie lui aussi de systémique : « Un territoire est un espace approprié par un groupe de façon réelle ou symbolique. Il est souvent organisé, dirigé et aménagé en fonction de ses besoins, de ses valeurs. Il est l'endroit où se superposent des nœuds de relations de différentes natures entre les membres du groupe eux-mêmes et entre ces membres, leur environnement et d'autres groupes. Il suppose aussi des sentiments d'appartenance, et il est l'objet d'affects collectifs et individuels. »[ADOUE, 2004, p32]. En plus de la matérialité liée au fonctionnement du système industriel du territoire, nous nous intéressons plus particulièrement aux instances qui le gouvernent, id est les collectivités territoriales.

Au delà de la dernière définition retenue pour le territoire, nous devons considérer les différentes échelles, ou, à défaut de pouvoir en définir une plus pertinente que les autres, plutôt les différents niveaux fonctionnels qui actuellement émergent dans l'organisation de l'écologie industrielle, en particulier en France. De leurs articulations apparaissent les enjeux et principaux axes d'interrogation permettant de définir la pertinence et le cadre du potentiel d'écologie industrielle tel qu'énoncé dans l'introduction.

4 *Échelles et symbiose industrielle*

La question de l'échelle de l'écologie industrielle est posée de façon quasi systématique aux chercheurs et praticiens par tous ceux qui s'intéressent à ce champ scientifique. Cette question est aussi pertinente que « quelle échelle pour l'économie ? » ou bien « quelle échelle pour la politique ? ». Si dans l'absolu, elle n'appelle aucune réponse, la symbiose et le bouclage des flux de matières et d'énergie interrogent sur la proximité, le transport, la géographie et nous comprenons mieux comment la première question s'est construite.

Une formulation plus correcte serait alors « quelle échelle privilégier pour l'observation ou la construction de symbioses industrielles? ». La réponse n'en est pas plus simple. Une autre approche, un peu plus fine, serait d'interroger l'échelle par type de flux, pour définir selon une typologie quelle échelle est la plus pertinente.

Dans un premier temps, nous démontrons que pour une même matière, plusieurs

échelles peuvent être pertinentes, rendant de fait caduque la proposition d'une échelle idéale. Ensuite, les « échelles » les plus représentatives de l'observation et de l'action en écologie industrielle seront abordées, selon les fonctions qu'elles se voient affectées, pour l'action, la coordination, plus selon une pratique qui s'établit, en particulier en France, que selon une réflexion scientifique.

Le risque principal d'un travail sur les « échelles » est par définition celui de d'orienter son regard sur un périmètre réduit et d'oublier l'appartenance à un ensemble plus vaste. Il correspond cependant à une volonté de fournir des éléments de compréhension et éventuellement d'action sur le territoire national à des niveaux adaptés à la structuration du territoire français.

4.1 L'absence d'une « bonne échelle »

Quels points communs rapprochent deux entreprises aussi différentes que le groupe agro-industriel SOFIPROTEOL de la filière oléagineuse et protéagineuse, société financière aux 7,3 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2012, avec plus de 8000 collaborateurs, aux implantations multiples⁶ et AT France, entreprise familiale de charcuterie, spécialiste de l'andouillette, avec 150 salariés⁷?

Nous allons voir que leur premier point commun est l'impact d'une réglementation sur la viabilité économique de leur activité et le deuxième, l'écologie industrielle en tant que stratégie d'entreprise. Et dans les deux cas nous retrouvons la graisse animale, a priori le problème, devenir une solution.

Aux Rencontres Francophones d'Écologie Industrielle et Territoriale (RFEIT) de Troyes de 2012, Jean-François Rous, directeur innovation de SOFIPROTEOL nous explique, dans une communication très institutionnelle, le caractère intégré des installations de l'entreprise, la valorisation maximale des produits et co-produits de la filière des oléoprotéagineux, en particulier sur les installations de production de diester. Au sujet du diester, ce spécialiste de l'huile végétale explique aussi rencontrer des difficultés depuis que l'incorporation de graisse animale dans les carburants constitue une

6 <http://www.sofiproteol.com/uploads/media/Rapport-Activite-Sofiproteol-2012.pdf> consulté le 14/03/2014

7 <http://www.societe.com/bilan/at-france/348832478201312311.html> consulté le 14/03/2014

concurrence, d'autant plus exacerbée que cette possibilité n'a été ouverte (à l'époque) que sur le marché français [DIRECTIVE 2009/28/CE], qui, par le jeu européen, se retrouve de fait saturé. Il nous en détaille l'impact : une usine au ralenti pendant deux ans (en 2011 et 2012), les problèmes sociaux qui vont avec, comme en témoigne la presse nationale [USINE NOUVELLE 3/11/2011⁸] et les syndicats locaux [CGT, 2013]⁹. L'activité biocarburant va finalement en 2013 se restructurer et s'orienter vers la fabrication de carburant à partir... de graisses animales et huiles usagées.

Cette nouvelle activité de SOFIPROTEOL est à la dimension du groupe, 80 000 tonnes de diester produits annuellement sont attendus à terme [FRANCE AGRICOLE 14/10/2013¹⁰] [SOFIPROTEOL, 2013]¹¹. La société AKIOLIS (française) fournira de la graisse animale du marché français et la société MINDEST (suisse) fournira la matière du marché international, belge en particulier. Le bouclage déchet-matière première tel que préconisé par l'écologie industrielle se fait à un niveau national voire même international.

La société AT France, elle, rencontre dans sa production d'andouillettes à Troyes, un problème de rejet d'une quantité d'eaux grasses trop importante. Devant ce problème de respect de la réglementation et les importants frais d'équarrissage qu'il induit, la société investit pour produire, à partir de cette graisse animale, de la chaleur, réutilisée dans ses process mais aussi dans une blanchisserie, service très utilisé par AT France, blanchisserie créée à cette occasion. Le bouclage déchet-matière première tel que préconisé par l'écologie industrielle se fait ici à un niveau très local, interne.

Ces deux cas concernent une matière commune, la graisse animale, qui constitue toujours un poste de frais très important pour celui qui doit s'en débarrasser, du moins en Europe¹². L'exploitation de cette matière ne s'est pas faite sans frais. Des

8 <http://www.usinenouvelle.com/article/les-grevistes-de-saipol-obtiennent-une-prime-de-500-euros.N162085> consulté le 14/03/2014.

9 <http://www.cgt-dieppe.fr/article-danger-sur-la-filiere-biodiesel-du-groupe-saipol-sur-l-emploi-et-le-port-de-dieppe-118140178.html> consulté le 14/03/2014.

10 <http://www.lafranceagricole.fr/actualite-agricole/biocarburants-sofiproteol-se-lance-dans-la-production-de-biodiesel-a-base-de-graisses-animales-et-d-huiles-usagees-78758.html> consulté le 14/03/2014.

11 <http://www.sofiproteol.com/uploads/media/Dossier-de-presse-AD-BIODIESEL.pdf> consulté le 14/03/2014.

12 Les eaux grasses (issues de la restauration) étaient historiquement intégrées dans l'alimentation animale, en particulier des porcs [MOLETTA 2009, p269]. Cette pratique aujourd'hui interdite en

investissements importants ont été nécessaires pour les mettre en œuvre, de l'ordre de 1,1 M€ pour AT France et pour des montants a priori supérieurs chez SOFIPROTEOL : 8 M€ spécifiquement sur le projet mais devant s'ajouter aux investissements déjà réalisés pour la production de diester. Les échelles et voies de valorisation qui ont été choisies sont différentes et les deux sont a priori pertinentes, sources à la fois d'économies, en euros comme en énergie fossile, sans compter la préservation des emplois qui auraient disparu en cas de cessation d'activité.

Ces deux réalisations sont remarquables en termes d'écologie industrielle : elles réunissent à la fois des bénéfices environnementaux, humains et financiers. Mais elles ne permettent pas de répondre à une question souvent posée : quelle échelle pour l'écologie industrielle ? Pire, elles indiquent très clairement, et en plus pour la même matière, que des échelles différentes peuvent coexister. Éventuellement, des évaluations environnementales et financières comparatives peuvent être menées pour déterminer la meilleure échelle, nationale ou très locale, mais les spécificités locales, la présence d'un existant industriel, de disponibilité foncière, de voies de communication, de ressources humaines et capitalistiques à même de mener à bien le projet, constituent autant de critères qui rendent bien difficile de juger la pertinence d'une idée par rapport à l'autre.

Un autre projet mérite aussi sa place dans la discussion sur les échelles de l'écologie industrielle : il s'agit du projet PAMELA¹³ (Process for Advanced Management of End-of-Life of Aircraft) d'AIRBUS, avionneur européen qui décide d'anticiper des directives sur la fin de vie des avions telles qu'elles furent prises pour les véhicules hors d'usage, par exemple automobiles. Avec plusieurs partenaires dont SITA France, entreprise spécialisée dans la gestion des déchets, la société met en place une plate-forme de déconstruction pour avion sur l'aéroport de Tarbes Lourdes-Pyrénées. Le gisement estimé d'avions à déconstruire est de 300 unités par an. Les aéronefs en fin de vie étaient auparavant soit stockés à long terme dans les aéroports ou autres cimetières, soit ferraillés, c'est à dire sommairement détruits en vue d'un recyclage des principaux

France et en Europe est toujours d'actualité dans certains pays (Amérique du Nord, du Sud, Chine). Les graisses issues déchets d'abattoir sont soumises à des restrictions plus drastiques en Europe mais aussi USA et en Australie [MOLETTA 2009].

13 <http://www.airbus.com/innovation/eco-efficiency/aircraft-end-of-life/pamela/> consulté le 25 avril 2015.

éléments en métal. Des éléments pourtant toujours fonctionnels et à forte valeur ajoutée, étaient « déchirés » et les multiples alliages mélangés, d'après Olivier Malavallon, responsable du projet qui le présenta le 25 septembre 2012 à la conférence organisée par l'association Orée "Des écosystèmes au service de l'économie circulaire" [MALAVALLON, 2012].

Le projet PAMELA, au-delà des économies d'énergie faites sur la phase de déconstruction (90%), a permis de remettre en circulation des sous-ensembles fonctionnels certifiés et tracés pour l'aviation, de séparer finement les alliages, majoritairement à base d'aluminium, pour une réutilisation aéronautique et de créer des emplois. Permettant le traitement d'une trentaine d'avions par an, ce projet riche de retours d'expériences pour l'avionneur contribuera à la constitution d'une infrastructure mondiale de déconstruction aéronautique toujours selon Olivier Malavallon.

Ici, l'échelle est mondiale, a minima européenne, tout comme les parties prenantes de la construction aéronautique. Une observation trop restreinte, limitée à l'agglomération tarbaise par exemple, aurait elle permis de détecter le potentiel d'un tel projet ? Bien évidemment non. Et cela, hormis de renforcer la démonstration qu'il n'y a pas d'échelle spécifique pour la mise en œuvre de l'écologie industrielle sous la forme de symbiose, permet de souligner le point essentiel des relations et de l'appartenance d'un territoire à un ensemble plus large. A trop se focaliser sur une échelle, un périmètre, le risque principal est alors de ne pas se saisir d'opportunités existantes à un échelon supérieur, de s'enfermer dans une logique de développement purement endogène et localiste. Une économie circulaire uniquement développée sur une logique d'optimisation du système local de production par le « bouclage » des flux existants conduira automatiquement à la non détection de potentiels plus larges.

Nous retenons de ces exemples deux conclusions, au niveau des symbioses industrielles : la première est l'**absence d'une échelle privilégiée**, tant pour l'observation que pour l'action, la seconde est le **risque d'enfermement** que la notion d'échelle peut véhiculer. Ces conclusions rejoignent celles de Cyril ADOUE quand il discute le caractère territorial de la réalisation de synergies :

« Si une démarche territoriale est un contexte favorable et cohérent pour la recherche de synergies, ce type de mise en œuvre ne doit pourtant pas être exclusif. Des synergies peuvent évidemment être identifiées entre deux ou plusieurs entités, qui peuvent être éloignées si l'intérêt économique de l'échange le permet, et ceci en dehors de tout projet territorial de développement éco-industriel. De tels échanges bi ou tripolaires possèdent même l'avantage de s'affranchir de la complexité et de l'inertie qui accompagnent les démarches multi-acteurs (entreprises, collectivités, autorités déconcentrées...) » [ADOUE, 2004, p35].

4.2 Le parc industriel, berceau naturel des coopérations industrielles

Si aucune échelle n'est donc à privilégier, il se détache tout de même un objet géographique particulièrement étudié en terme de symbiose : le parc industriel [Harpet 2008], ou plus exactement le parc éco-industriel lorsqu'il est l'objet d'optimisations au sens de l'écologie industrielle.

Selon Ray Cote, le parc éco-industriel est une portion de territoire destinée à l'usage de plusieurs industries installées en proximité les unes des autres. Le partage des infrastructures et les volontés d'établir une communauté de coopération, d'échange (en particulier de matières) et d'exploiter plus efficacement les ressources le caractérisent [COTE, 2008]. La proximité mais aussi un aménagement anticipé et dédié aux activités industrielles font de cet espace un objet de choix pour l'observation mais aussi la mise en œuvre de symbioses industrielles.

Kalundborg, référence des parcs éco-industriels

Kalundborg, ville portuaire danoise de 20 000 habitants à 100 km à l'ouest de Copenhague est sûrement la référence la plus citée en matière de symbiose industrielle [ERKMAN, 2004], [JACOBSEN, 2006], [NAHAPETIANA, 2007], [HARPET, 2008]... La symbiose de Kalundborg est historiquement constituée d'un réseau de cinq entreprises géographiquement proches (une usine de production d'insuline et d'enzymes, Novo Nordisk, une centrale thermique au charbon, Asnaes Power Station , une usine de fabrication de panneaux de plâtre, Gyproc, une raffinerie, Statoil, une entreprise de dépollution des sols, Bioteknisk Jordrens) et de la municipalité [CHRISTENSEN,

2006].

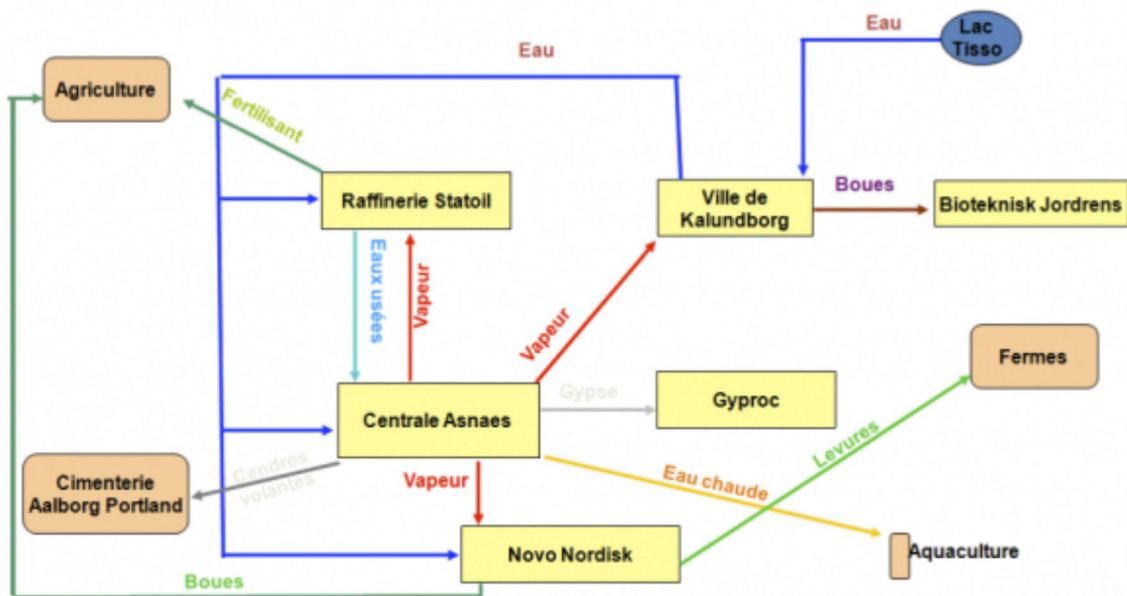


Figure 4: La symbiose de Kalundborg, source : [CHRISTENSEN, 2006]

De nombreux échanges entre industriels ont été mis en œuvre sur la zone et la figure 4 n'en comprend qu'une partie. La municipalité fournit de l'eau à Statoil, celle-ci fournit ses eaux usées à la centrale Anaes qui elle-même approvisionne en vapeur ses voisins et la ville. Ses cendres volantes sont valorisées dans une cimenterie locale et le gypse issu de ses process dans la fabrique de plaques de plâtre qui étaient auparavant importées d'Espagne.

Les résultats très concrets de la symbiose de Kalundborg sont des réductions de consommation de ressources, une diminution des rejets polluants et une meilleure valorisation des déchets (tableaux 3 à 5).

Tableau 3: Réduction de la consommation des ressources (données 1999)

Ressources	Volume
Pétrole (t/an)	20 000
Charbon (t/an)	15 000
Eau du sous-sol (m ³ /an)	1 900 000
Eau de surface (m ³ /an)	1 000 000
Fertilisant (t/an)	1 400 000
Gypse (t/an)	200 000

Tableau 4: Réduction des émissions atmosphériques (données 1999)

Dioxyde de carbone (t/an)	175 000
Dioxyde de soufre (t/an)	10 200

Tableau 5: Valorisation des déchets (données 1999)

Déchets	Volume
Cendres (t/an)	80 000
Soufre (t/an)	4 500
Azote (t/an)	1 440
Phosphore (t/an)	1 000 000
Fertilisant (t/an)	600

Les résultats présentés sont très massifs au niveau quantitatif, nous n'avons pas eu l'occasion d'observer au niveau français des synergies dépassants les 100 000 t/an. La plus importante que nous avons pu observer sur le sol français est relative à un échange d'eau à hauteur de 70 000 t/an¹⁴. Dans le cas de Kalundborg, ce sont les ordres de grandeurs qui doivent être considérés et ils sont particulièrement explicites sur l'ampleur de la symbiose.

Dans le premier article du premier numéro du *Journal of Industrial Ecology* [LIFSET, 1997], l'influence de Kalundborg et du concept de parc éco-industriel en tant que

¹⁴ Cette synergie étant issue d'une démarche effectuée dans le cadre professionnel, il n'est pas possible d'en dévoiler les acteurs pour des raisons de confidentialité. Néanmoins, nous avons pu en vérifier sur le terrain la mise en œuvre et le fonctionnement. En 2015, elle se poursuit.

réalisation idéale de l'écologie industrielle est très marquée. Dans ce même numéro, quand Ray Cote discute des écosystèmes industriels [COTE 1997] en se basant sur les réalisations américaines en la matière, c'est bien de parcs éco-industriels dont il parle : « Le concept des parcs éco-industriels a suscité un enthousiasme considérable à travers les Etats-Unis... » et de citer les nombreux projets en cours ou à venir : « Minneapolis, Minnesota; Burlington, Vermont; Trenton, New Jersey; Plattsburgh, New York; Tucson, Arizona; Oakland, California; Youngsville, North Carolina; Raymond and Skagit County, Washington; Shady Side, Maryland; et Londonderry, New Hampshire. » [COTE, 1997, p10].

Le parc éco-industriel est une constante très prégnante dans l'écologie industrielle : Marian Chertow [CHERTOW, 2000] en propose une typologie. Steven Peck [PECK, 2001] prend le soin d'en discerner les vrais des faux tandis que Pierre Desrochers [DESROCHERS, 2001] remet en cause certaines conclusions un peu hâtives tirées de Kalundborg soulevant le caractère géographiquement un peu limité de l'éco-parc comme unique objet de politique d'aménagement industriel.

Plus récemment, le *Journal of Industrial Ecology*, dans son numéro spécial consacré aux symbioses industrielles, débute par un article sur la quête chinoise pour les parcs éco-industriels [SHY, 2012]. La Chine, dont la loi du 29 août 2008 pour la promotion de l'économie circulaire traduit un engagement massif dans cette voie¹⁵, utilise ce concept de parc éco-industriel [LEVY, 2009] même si ses ambitions sont plus larges.

En s'ouvrant à une littérature moins scientifique mais qui relate les projets réalisés sur le terrain, au niveau international, le parc éco-industriel (EIP pour Eco Industrial Park) est la forme la plus souvent rencontrée quand il s'agit de discuter du déploiement de l'écologie industrielle sous sa forme « symbiose ». Toujours en Asie, la Corée du Sud, qui a accueilli la conférence de la société internationale d'écologie industrielle en juin 2013, s'est engagée dans une politique nationale d'éco-parcs : cinq complexes industriels sont engagés dans une démarche d'amélioration en 2005, quarante-six en 2013 [KICOX, 2013]. Il s'agit d'un déploiement planifié au niveau national qui rejoint les objectifs de la feuille de route Asie/Pacifique pour la croissance verte faiblement carbonée (Low

¹⁵ Ainsi que les importantes problématiques concernant ressources, impacts environnementaux dont elle souffre

Carbon Green Growth Roadmap for Asia and the Pacific¹⁶). Ce déploiement piloté au niveau régional cible spécifiquement les zones industrielles (industrial complexes) :

« Eco-industrial Park projects mean to make green industrial complexes that increase the efficiency of ressources and minimize pollutions by reusing wastes, by-products, and waste energy imitating the principle of natural ecosystem where living together with the food chain » [KICOX, 2013, p2]. Et d'ajouter, « EIP project induced the new recognition that the industrial complex is a precious basis for continuous industrial development... » [KICOX, 2013, p3].

S'intégrant dans une politique globale, l'unité de base considérée reste bien le complexe industriel et son caractère managé selon les principes de l'écologie industrielle.

Pour conclure sur la reconnaissance internationale du parc éco-industriel, une étude au très large périmètre (le plus large à ce jour à notre connaissance), concernant vingt-sept pays différents sur la mise en œuvre de l'écologie industrielle et diligentée par la Confédération Suisse s'appuie spécifiquement sur la recherche d'« éco-parcs » [SOFIES, 2012]. Mixant au niveau bibliographique publications scientifiques et sites internet de promotion de ces éco-parcs, 296 parcs éco-industriels ont été distingués. Cette initiative helvétique n'est pas sans rappeler le President's Council on Sustainable Development de Mr Clinton en 1997 et son travail sur les éco-parcs industriels qui référençait déjà sur le sol américain les initiatives suivantes¹⁷ :

1. Fairfield Ecological Industrial Park
2. Brownsville Eco-Industrial Park
3. Riverside Eco-Park
4. Burnside Eco-Industrial Park
5. Port of Cape Charles Sustainable Technologies Industrial Park
6. Civano Industrial Eco-park
7. The Volunteer Site

16 <http://www.unescap.org/esd/environment/lcgg/>.

17 Le descriptif précis de chaque éco-parc est disponible :

http://clinton4.nara.gov/PCSD/Publications/Eco_Workshop.html consulté le 24 avril 2014.

8. East Shore Eco-Industrial Park
9. Green Institute Eco-Industrial Park
10. Plattsburgh Eco-Industrial Park
11. Raymond Green Eco-Industrial Park
12. Skagit County Environmental Industrial Park
13. Shady Side Eco-Business Park
14. Stonyfield Londonderry Eco-Industrial Park
15. Trenton Eco-Industrial Complex

En France

Au niveau français, Suren Erkman, qui a publié un ouvrage de référence dans le monde francophone de l'écologie industrielle [ERKMAN, 1997], contribue à en appliquer les principes dans la zone d'activité de Grande Synthe, premier territoire sujet d'une approche de développement durable fondée sur l'écologie industrielle [ERKMAN, 2000]. Le titre de l'étude produite localement est évocateur, « Écologie industrielle à Grande-Synthe. Première expérience française : pré-étude sur la zone industrielle des Deux-Synthe ». La première expérimentation d'écologie industrielle sur le territoire national est ainsi appliquée au niveau de la zone d'activité. Cela ne constitue pas en soit une surprise : le premier guide opérationnel à destination du monde professionnel concernant la mise en œuvre de l'écologie industrielle est un manuel publié par l'association d'entreprises Orée dont le titre *Mettre en œuvre l'écologie industrielle sur un parc d'activités* [OREE, 2008] ne laisse pas de doute sur l'échelle retenue. Il s'inscrit dans le prolongement des réflexions de cette association qui commença par éditer en 1999 un ouvrage concernant le management environnemental des zones d'activités francophones [VALLES, 1999] puis un deuxième en 2002, toujours sur la même thématique [OREE, 2002]. Renforçant les pratiques existantes, les concepts de l'écologie industrielle se sont vus assimilés assez naturellement par les professionnels qui s'intéressaient au management de zones d'activité.

Le chapitre consacré à l'écologie industrielle dans *Techniques de l'Ingénieur*, référence

des sciences et techniques incontournable chez les ingénieurs, ne manque pas d'insister sur cette même dimension : « La symbiose industrielle serait l'idéal type d'une approche en écologie industrielle, le parc éco-industriel l'étape essentielle. » [HARPET, 2008, p19]. Il reprend ensuite la typologie des éco-parcs telle que définie par Marian Chertow [CHERTOW, 2000] :

- type 1 : systèmes de recyclage classique,
- type 2: bouclage interne des flux de matière/énergie (AT France),
- type 3 : bouclage des flux de matière/énergie inter entreprises (voisinage), services et informations partagées au sein d'une zone et à sa proximité,
- type 4: identique au type 3 mais entreprises locales non voisines avec capacité de créer de nouvelles entreprises basées sur les besoins communs,
- type 5: système d'échanges inter entreprises organisées "virtuellement" à l'échelle d'une région.

Au niveau scientifique, l'influence de Dominique Bourg est à l'origine de la première conférence scientifique internationale d'écologie industrielle en 1999 à Troyes où il était alors professeur à l'Université de Technologie du même nom : « Industrielle ou politique, quelle écologie pour le développement durable ? ». A nouveau en mars 2013, le colloque francophone « Écologie politique vs écologie industrielle, Quelles stratégies pour le développement durable? » à l'Université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand) interroge sur les relations de l'écologie industrielle et de l'écologie politique. Mais les travaux de recherche sur le domaine ne se limitent pas à une très française discussion politique. Plusieurs projets de recherche¹⁸ et surtout de recherche-action ont été menés dans l'intervalle. Dans le prolongement de la thèse de Cyril Adoue et du travail de l'association Orée, le projet COMETHE¹⁹ (Conception d'Outils METHodologiques et d'évaluation pour l'Écologie industrielle), entamé en 2008, a permis de structurer à la fois l'objet étudié et la façon de mettre en application les concepts sur le terrain. Ce projet n'est pas le seul dans le domaine. Il constitue de fait une avancée dans la

18 On peut aussi citer au niveau français les projets CONFLUENT (ANR), DEPART (ADEME), REX (ADEME), ACTEIS (ADEME), EITANS (ADEME), SYNERGIE TP (ADEME), ARPEGE (ANR)

19 <http://www.comethe.org>

structuration des méthodes et outils du domaine en France. Il est surtout important par le caractère normatif que les territoires désireux par la suite de s'engager dans des démarches lui accordent. La majorité des cahiers de charges des démarches d'écologie industrielle émis par les acteurs publics attendent des réponses formatées selon la méthodologie développée par la société Systèmes Durables puis dans le cadre du projet COMETHE.

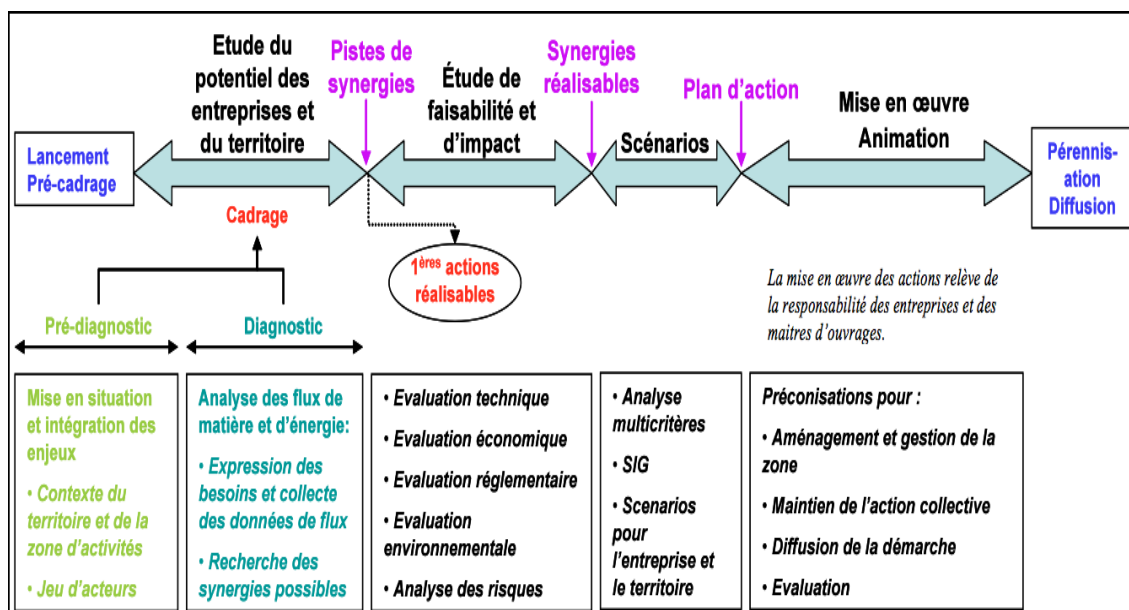


Figure 5: Les étapes d'une démarche d'écologie industrielle et la méthodologie proposée par COMETHE, source : www.comethe.org

Alors que les grandes étapes (étude du potentiel, détection, faisabilité et mise en œuvre) restent très génériques, un élément de méthode du pré-diagnostic, l'établissement du « Contexte du territoire et de la zone d'activité » trahit une vision territoriale dont la zone d'activité reste le seul objet géographique très clairement identifié comme cible.

Les livrables du projet se déclinent par ailleurs sous la forme de « fiches action ». La fiche action 3 « Pré-diagnostic territorial » ne permet pas de définir une échelle d'intervention et reste très générale, mais les fiches actions 4 et 5, « Pré-diagnostic de la ZAE » et « Analyse du jeu d'acteurs sur le territoire et l'espace projet (ZAE...) », ne souffrent d'aucune ambiguïté et rejoignent le *mainstream*. La zone industrielle y

constitue l'unité de base dans laquelle la démarche d'écologie industrielle démontre le plus sa pertinence. Les symbioses industrielles que ces zones permettent d'observer peuvent être issues d'une volonté du gestionnaire de zone, d'une coopération spontanée ou provoquée par des entreprises, ou bien d'un héritage industriel encore prégnant.

L'objet géographique naturel que l'écologie industrielle, lorsqu'elle traite des symbioses, a appréhendé avec le plus de facilité, par le prolongement des pratiques de management déjà en place, est ainsi le parc d'activité, la zone industrielle. D'autres échelles, plus larges, ont cependant été expérimentées et définies, comme en atteste la définition que fait Marian Chertow de l'éco-parc de type 5, qui lui, s'envisage à une échelle régionale, et constitue un parc éco-industriel virtuel, dont l'appellation fait d'ailleurs débat [HARPET, 2008].

Au sein d'un parc d'activité, les entreprises sont, de fait, à proximité, concentrées, partageant des services communs ou participant ensemble aux instances de gestion. La mutualisation d'utilités (eau, vapeur, chaleur, air comprimé et autres fluides) et de services (gestion des déchets, sécurité) est plus simple et tend à se développer dès la conception des zones d'activité [COMETHE, 2008][ADOUE, 2013]. A cette échelle, des symbioses industrielles existent déjà pour peu qu'un gestionnaire de zone se saisisse des préoccupations économiques des entreprises du site. Ces symbioses peuvent aussi être la résultante d'une histoire industrielle qui a vu un acteur industriel important faire venir auprès de lui des sous-traitants auxquels il fournissait l'ensemble des utilités. Qu'il s'agisse de restructurations industrielles ou de recentrages sur le cœur de métier, les évolutions capitalistiques peuvent entraîner aux forceps²⁰ la mise en place de coopérations entre acteurs au sein de ces zones en lieu (voir encadré 1).

Encadré 1: La coopération industrielle à Villers-Saint-Paul, source : Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) d'Arkema [ARKEMA, 2012]

La plate-forme de Villers-Saint-Paul, en Picardie, constitue une illustration de la persistance des coopérations industrielles issues d'une histoire territoriale. Cette plate-forme, dont l'activité débuta en 1917 avec l'installation de la Compagnie Nationale de Matières Colorantes et de Produits Chimiques, a poursuivi son activité au rythme des

²⁰ L'alternative consistant à la fermeture pure et simple du site par exemple.

fusions, notamment avec les établissements Kuhlmann en 1924, puis UGINE en 1966, enfin Péchiney en 1972. En 1972, une première séparation des activités intervient avec une cession à ICI FRANCOLOR (activité maintenant arrêtée), suivie d'une fusion avec ORKEM (1988), puis avec Elf Aquitaine (1990) pour ne citer que les grands mouvements. Rohm and Haas s'installe aussi sur le site, reprenant une partie des activités d'ORKEM.

A partir de 2000, devenu ATOFINA (TOTAL), les premiers transferts de la gestion des utilités interviennent : l'exploitation de la fourniture des gaz est transférée à PRAXAIR, l'exploitation des eaux et la station d'épuration du site à la société ONDEO-IS et l'exploitation de la chaufferie à ELYO. En 2007, Villers Saint Paul Utilités (filiale d'ALYO) est créée pour supporter le contrat de fourniture d'utilités vers les partenaires et assurer la gestion des services généraux. Enfin, RETIA (toujours TOTAL) devient propriétaire des terrains et bâtiments du site en charge de la gestion foncière.

Entre temps, DuPont de Nemours a acquis une partie des activités²¹ d'ATOFINA (TOTAL) en 2002, d'autres étant passées sous le pavillon ARKEMA (TOTAL) vers 2004. Dow Chemical absorbe Rohm and Haas. L'activité ARKEMA est vendue par TOTAL et arrêtée en 2008. CRAY VALLEY, autre filiale de TOTAL installée sur le site passe sous pavillon ARKEMA en 2011.

Comme le précise le plan de prévention des risques technologiques d'ARKEMA de 2012 [ARKEMA, 2012] : « La plate-forme n'est pas un regroupement d'industriels pour des questions de zone d'activité géographique mais bien la division d'une entité plus importante qui a conservé une grande partie de sa structure. Cette conservation de la structure a permis le maintien d'activités économiques rentables et l'agrandissement de certaines »²². « L'accès à l'énergie, aux infrastructures routières internes, à la gestion du cycle de l'eau... via des installations existantes a été un atout au développement et au maintien de l'activité... Le coût des installations et services partagés rend nos

21 fabrication de télomères fluorés pour des applications de protection de surface (papier et cuir) et des tensio-actifs fluorés pour mousses extinctrices.

22 Le site a connu jusqu'à 3 000 salariés pour, en 2008, n'en faire travailler qu'entre 300 et 400. [USINENOUVELLE2008].

activités plus compétitives que sur d'autres zones géographiques dépourvues de ces facilités. Cette structure est une condition sine qua none de nos modèles économiques. » [ARKEMA, 2012, p17]

Cette mutualisation des utilités telle que préconisée par l'écologie industrielle n'a pas manqué de séduire par les économies d'échelles réalisées et sa rationalité comme en témoigne l'Usine Nouvelle²³ du 27 novembre 2008 : « Plate-forme de Villers-Saint-Paul Des réseaux bien dimensionnés ». Mais elle n'empêcha pas le déplacement de l'activité d'ARKEMA en Allemagne pour des raisons de « localisation géographique, trop éloignée des principaux clients, et qui pèse sur les coûts d'acheminement des matières premières »²⁴

Malgré un redimensionnement à la baisse des installations fournissant les utilités, leur poids financier et leur caractère collectif constituent toujours une menace:

"Les modèles économiques des activités de la plate-forme sont en partie basés sur ce partage des coûts des infrastructures et des services mais ce qui baisse des coûts individuels rend plus facile la création et le maintien d'activité est également ce qui fragilise dès que le partage se déséquilibre. La disparition d'un acteur, fermeture d'un atelier, départ d'un partenaire fait mécaniquement peser les coûts sur les autres installations ou partenaires de la même façon que s'il s'agissait d'une seule et même entreprise" [ARKEMA, 2012, p19].

Au niveau de la Directive SEVESO qui régleme le fonctionnement de la plate-forme, il est important de souligner l'obligation, pour les établissements, d'une coopération en matière de sécurité en vue d'éviter lors d'accidents industriels un effet domino (article 8): « les informations adéquates sont échangées, de façon appropriée, pour permettre à ces établissements de prendre en compte la nature et l'étendue du danger global d'accident majeur dans leurs politiques de prévention des accidents majeurs, leurs systèmes de gestion de la sécurité, leurs rapports de sécurité et leurs plans d'urgence internes » [Directive 96/82/CE, p8]. Est-ce que cette forme de

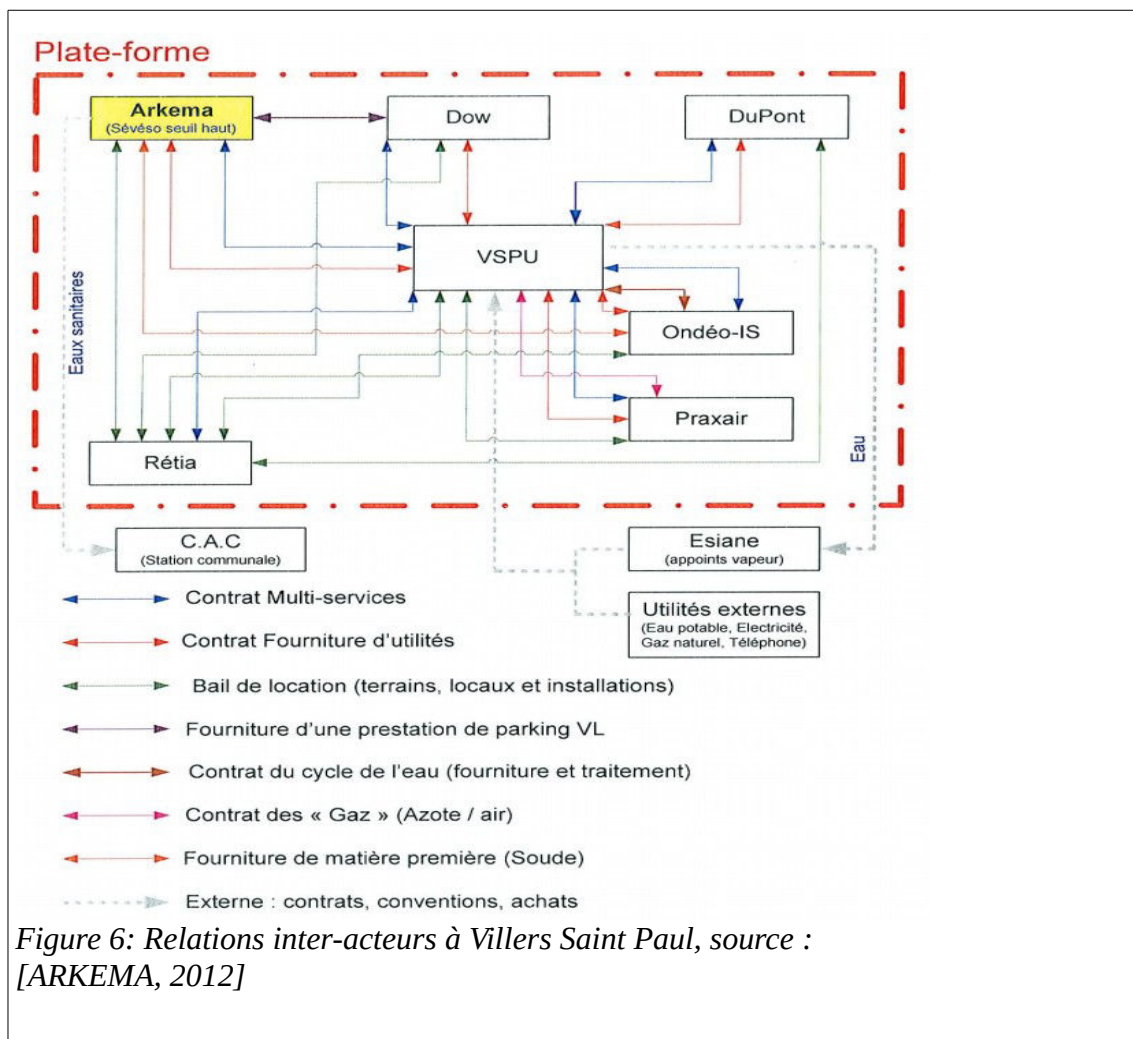
23 <http://www.usinenouvelle.com/article/plate-forme-de-villers-saint-paul-des-reseaux-bien-dimensionnes.N64046> consulté le 20 septembre 2014

24 <http://www.industrie.com/chimie/social-nouvelles-restructurations-pour-arkema-en-france,21318> consulté le 20 septembre 2014

coopération forcée a constitué un levier pour la résilience de cette plate-forme en proposant un espace d'échanges propice à l'établissement de relations entre les acteurs ? Rien ne nous permet de l'affirmer.

Les coopérations industrielles nées au début du siècle passé ont perduré jusqu'à nos jours. La plate-forme, support commun des entreprises installées, a réussi, dans un contexte réglementaire particulièrement contraignant (SEVESO seuil haut), à s'organiser petit à petit et à absorber un choc majeur : le désengagement de l'entreprise principale, TOTAL. Cela s'est produit dans un contexte pourtant particulièrement mouvant comme en témoignent les multiples mouvements capitalistiques, avec des centres de décision extérieurs et sans intervention particulière (ou sinon peu visible) des pouvoirs publics. La résultante, représentée par la figure 6, a permis l'établissement d'une symbiose industrielle que nous pourrions qualifier de contrainte. Les implications des acteurs les uns par rapport aux autres nécessitait l'établissement d'une organisation formelle ad hoc qui a permis la sauvegarde des activités.

L'entreprise Villers-Saint-Paul Utilités (VSPU), filiale d'Elyo, regroupe la gestion des utilisés et ses services de la plate-forme chimique pour le compte des participants à la symbiose.



Le parc industriel, au niveau international comme français, est demeuré la brique de base de l'action en écologie industrielle. S'appuyant sur des coopérations historiques ou créées ad hoc, sur l'existence d'institutions dédiées porteuses d'un projet d'ensemble ou offrant des lieux de rencontres et d'opportunités par les acteurs, la proximité accordée aux démarches d'écologie industrielle qui s'y déploient une plus forte probabilité de succès. Pour cela, des méthodologies qui sont particulièrement adaptées à ce contexte ont été développées.

Cet objet bien déterminé, même si la définition de l'éco-parc industriel virtuel de Marian Chertow peut jeter le trouble, ne peut pas à lui seul peser sur la matérialité des sociétés et sur les objectifs de dématérialisation du système productif attendus par l'écologie industrielle. Un élargissement territorial doit être considéré, ne serait ce que par le

simple fait que toutes les entreprises industrielles ne se situent pas dans un parc d'activité.

4.3 Le territoire, de la zone de projet à l'entité coordinatrice

Si le parc d'activité, élargi aux entreprises alentours, constitue le terrain de jeu privilégié des praticiens de l'écologie industrielle sous la forme de démarches territoriales, l'élargissement à un périmètre géographique plus étendu modifie considérablement les données du problème. En effet, des principaux travaux relatifs à la recherche de synergies sur le territoire, il ressort une méthodologie efficace mais très consommatrice de ressources humaines : l'enquête terrain, la visite systématique des entreprises participantes. Les participants de type entreprises sont sollicités pour une visite qui relève leurs flux de matières et d'énergies, entrants, sortants, mais aussi internes. Ces bilans sont croisés par les praticiens pour déterminer les synergies de mutualisation ou de substitution possibles entre participants. Les pistes de synergies se basant sur des données concrètes, l'étape suivante consiste à mettre les parties prenantes autour de la même table et à les faire travailler à leur mise en œuvre si la problématique soulevée leur semble judicieuse.

Cyril Adoue avait dans sa thèse déjà testé une approche déductive [ADOUE, 2004]. La démarche de type « déductif » s'appuie sur l'hypothèse que les entreprises partageant le même code activité partagent peu ou prou le même bilan de flux (a minima qualitatif). La démarche a été mise en œuvre, en France, les bilans affectés aux codes activités ayant été tirés d'études bibliographiques et non de visites terrain. Aucune clé permettant un dimensionnement n'a été a priori définie (chiffre d'affaires, nombre d'employés). Cette approche permet de qualifier rapidement l'ensemble des entreprises sur le territoire, mais à partir de données théoriques. Il en résulte un foisonnement de synergies virtuelles dont le taux de réalité est très faible. Les coûts de vérification induits sont donc très importants, et cette hypothèse a été abandonnée au profit du premier type d'approche basée sur les visites d'entreprises et l'établissement des bilans de flux à partir de données réelles.

Ainsi les démarches territoriales françaises, relativement formatées par COMETHE, se traduisent dans la pratique par une recherche de synergies au sein d'un groupe de vingt à

trente entreprises qui sont l'objet de toutes les sollicitations et par des visites et recueils de données. Ce nombre de participants est principalement déterminé par l'aspect budgétaire. L'amorçage des démarches d'écologie industrielle est généralement réalisé par un cabinet de conseil privé²⁵ et dans une fourchette budgétaire de 50 000 à 120 000 €²⁶ voire moins quand il s'agit pour un acteur de gagner absolument un marché. Il en résulte que quelle que soit l'emprise géographique du territoire sujet de la démarche, le nombre de participants qu'elle est à même d'accueillir est dans un premier temps limité. Si au sein d'un parc d'activité voire d'une commune, ce nombre permet une certaine densité propice à des échanges de proximité, lors de l'élargissement à un périmètre départemental, ou bien simplement dans les communes à l'emprise géographique importante, cette densité disparaît. Selon les choix opérés par le donneur d'ordre, deux options sont alors possibles :

- la première consiste à concentrer les efforts de la démarche sur les établissements les plus importants, en nombre de salariés ou selon des critères jugés opportuns par le donneur d'ordre, en hypothéquant, si ces établissements sont éloignés, les chances de mettre en œuvre les synergies de proximité les plus récurrentes, notamment les échanges de fluides qui nécessitent un rapprochement physique des établissements,
- la seconde consiste à concentrer les efforts sur des zones propices (*id est* des zones d'activités) en négligeant de fait les autres parties du territoire.

Le premier cas s'est rencontré à Vitré Communauté, communauté d'agglomération de 36 communes, couvrant 70 000 ha. La démarche d'écologie industrielle entamée en 2010, que nous avons accompagnée dans sa réalisation, a largement bénéficié de la capacité des acteurs publics à mobiliser les industriels locaux et s'est traduite par la participation des principaux acteurs du territoire sans préférence quant à la situation géographique.

25 Historiquement, les acteurs privés français du domaine sont : Cyril Adoue (Inddigo, ex Systèmes Durables), Christophe Blavot (EIC), Benoît Duret (Mydiane), Laurent Georgeault (LGCD, ex Systèmes Durables), Nicolas Mat (AUXILIA), SOFIES.

26 Selon les retours de la mission de la direction générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services (DGCIS) du Ministère de l'économie et les chiffres Systèmes Durables sarl./ LGCD sarl, la démarche « standard » comprend un accompagnement pour environ 25 participants visités, l'organisation de 3 à 5 ateliers de travail pour la mise en œuvre et l'approfondissement de pistes de synergies et représente un coût de 50 000 €.

Certains industriels situés autour du périphérique de Vitré (figure 7) bénéficient d'une proximité réelle. Pour d'autres, éloignés entre eux jusqu'à 35 km, voire très isolés, la problématique des échanges de proximité change de dimension. La Route Nationale 157 relie bien un certain nombre de participants mais le caractère dispersé des parties prenantes se révèle bien par leur cartographie. La méthode « traditionnelle » de mise en œuvre de l'écologie industrielle a été déroulée sans interrogation spécifique sur le ciblage d'une zone géographique en particulier ou d'acteurs qui avaient auparavant été mobilisés par le territoire.

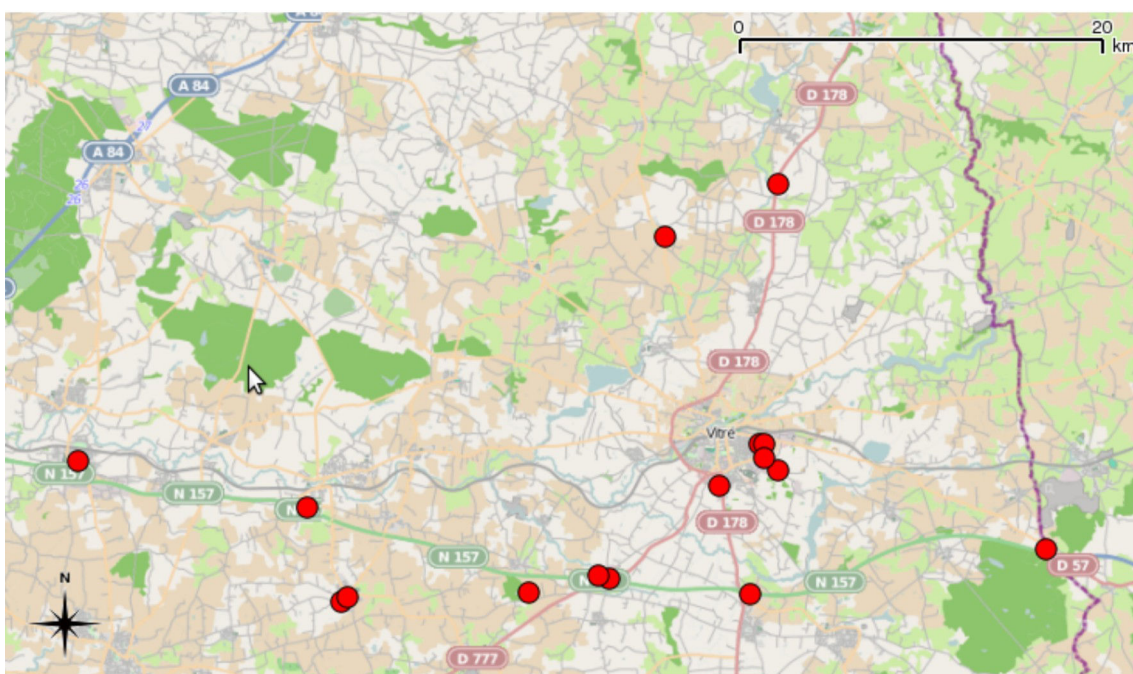


Figure 7: Les participants à la démarche d'écologie industrielle de Vitré Communauté (points rouges), source : auteur

Le second cas s'est rencontré pour deux démarches récentes que nous avons aussi menées, la première en Meurthe-et-Moselle, autour de Toul, la seconde en Picardie, autour de Villers-Saint-Paul et Amiens.

Dans le cas toullois, la démarche est commandée par le Comité d'Aménagement, de Promotion et d'Expansion de Meurthe-et-Moselle (CAPEMM), agence de développement économique du département, qui choisit de limiter géographiquement

l'emprise de la démarche au « bassin » toulais dont le tissu industriel est en recherche de revitalisation, suite au départ début 2009 de l'usine Kleber²⁷ employant près de 800 personnes. La démarche correspond au format issu de COMETHE mais les participants ne sont pas identifiés au lancement. Seules sont définies les zones d'activité ciblées (Toul Europe, Gondreville et Velaine-en-Haye) qui ne sont séparées que de quelques kilomètres.

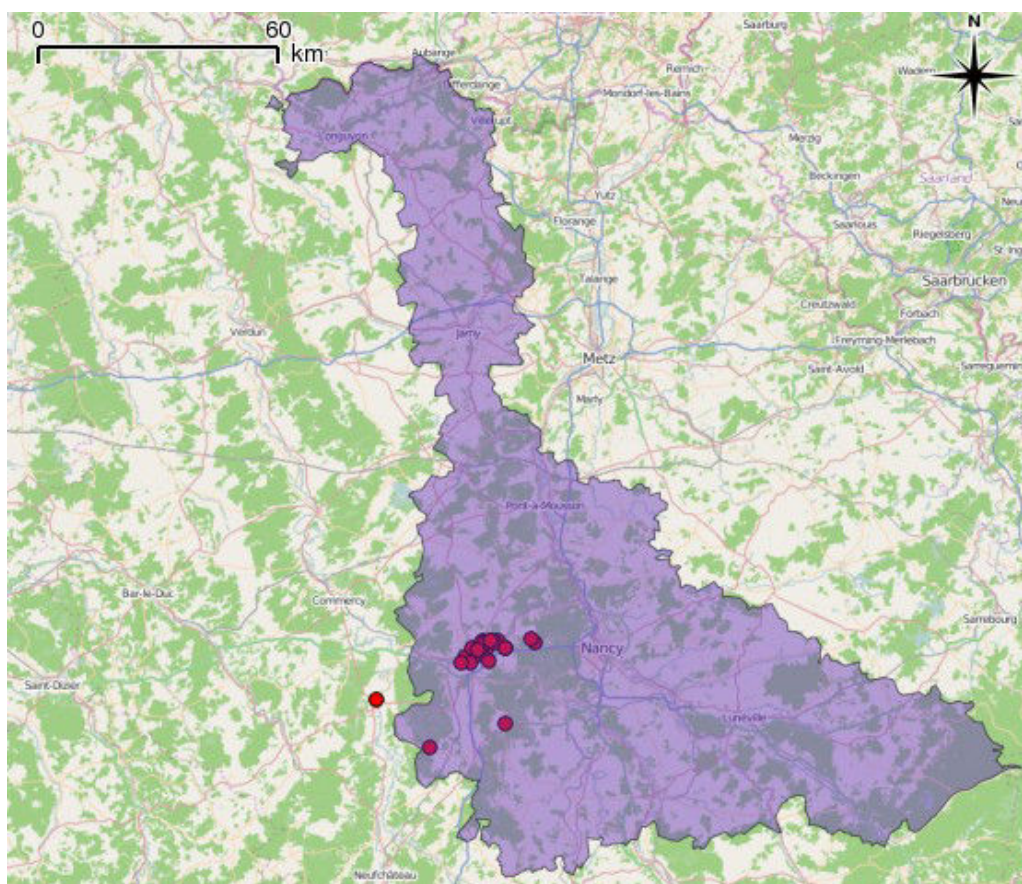


Figure 8: Participants (points rouge) à la démarche d'écologie industrielle de Meurthe et Moselle (emprise violette), source: auteur

Les participants ont ensuite été contactés, selon leur localisation géographique à l'exception de trois : deux, très isolés en zone rurale ont été rattachés à la démarche et le troisième n'est autre qu'une base aérienne, elle-aussi isolée mais dont la participation en termes d'emplois (environ 1 500 salariés) et a priori de flux, était jugée importante par le comité de pilotage. La participation de la Base Aérienne 133 était aussi liée à la

²⁷ <http://www.usinenouvelle.com/article/kleber-toul-ferme-ses-portes.N27604> consulté le 15 mars 2015.

participation d'un Régiment du Train (116e RT – 800 personnes) localisé à Toul. La Base de Défense de Nancy contactée à cet effet s'étant montrée ouverte et coopérative, l'inclusion proposée de la base aérienne, bien que légèrement hors du périmètre, s'est faite très naturellement. Mis à part ces trois participants excentrés, le territoire, ici le département, a choisi de cibler et de restreindre géographiquement l'espace d'investigation pour jouer la carte de la proximité. L'objectif du CAPEMM est d'étudier les résultats sur un périmètre restreint pour, une fois les enseignements tirés d'une première expérience, généraliser ou pas ce type de démarche à l'échelle du département. Dans le cas toulinois, le CAPEMM ne s'est pas uniquement posé la question du QUI faire participer mais aussi, auparavant, celle du OU localiser la démarche.

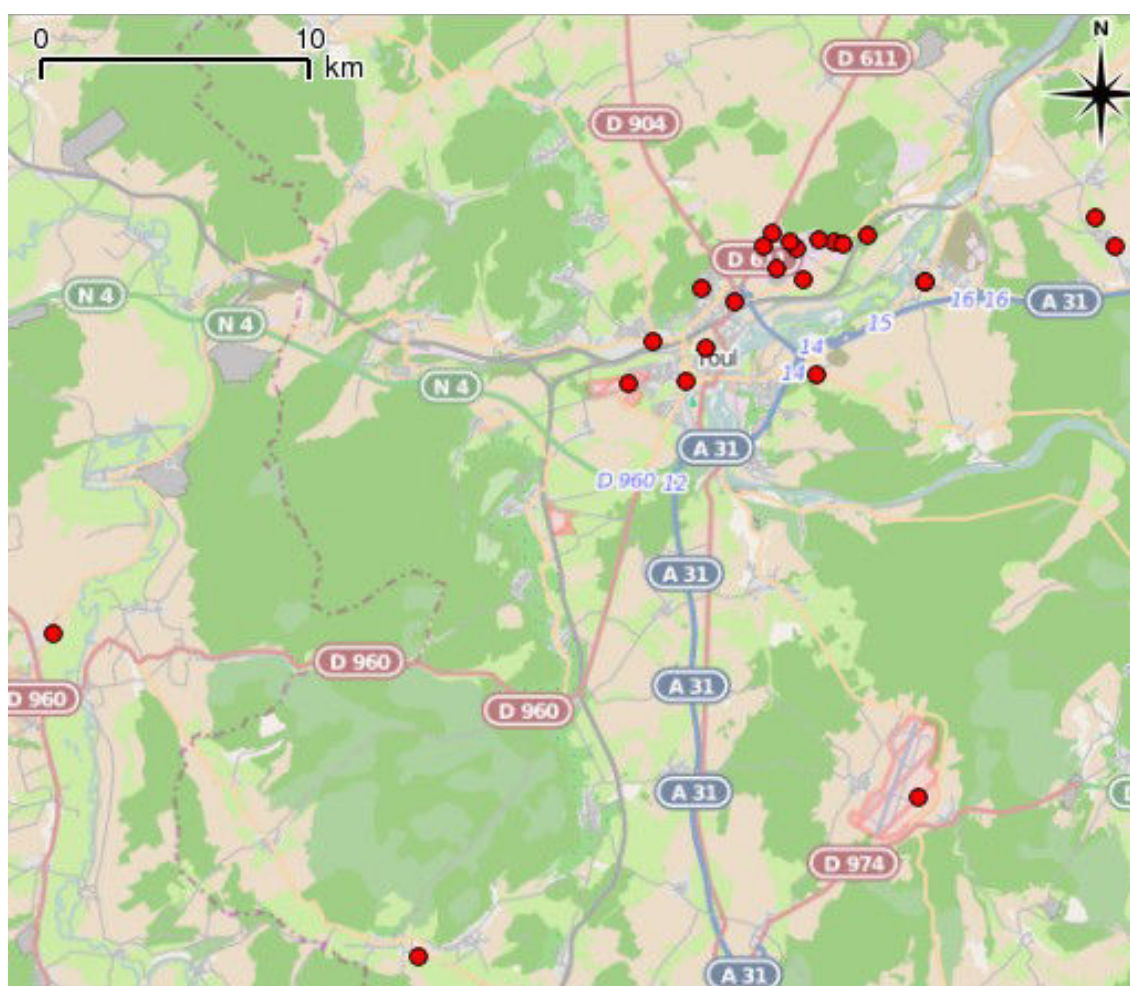


Figure 9: DEI Meurthe et Moselle : une recherche de densité (points rouge pour les participants), source: auteur

Le ciblage opéré géographiquement a demandé, à la différence de la démarche de Vitré, beaucoup plus d'efforts pour réunir le panel de participants : au niveau départemental, le nombre des interlocuteurs mobilisables par l'agence est important mais en le restreignant à un périmètre aussi réduit, un rapprochement avec le terrain local est nécessaire au prix d'importants efforts. L'appui d'acteurs locaux tels que l'association d'entreprises Parole d'Entreprises et de la CCI locale a alors permis de définir les acteurs susceptibles de participer sur la base de l'importance des établissements en termes de nombre d'employés mais aussi sur la base des déclarations ICPE (Installations Classées à la Protection de l'Environnement).

Dans le cas de la Région Picardie qui teste la mise en œuvre de l'écologie industrielle sur son territoire, les questions du OU puis du QUI se sont posées et succédées dans le même ordre. La région que nous avons accompagnée dans cette expérimentation de l'écologie industrielle, a choisi de tester cette pratique territoriale sur deux zones au périmètre géographique bien déterminé : la plate-forme chimique de Villers-Saint-Paul dans l'Oise et la zone industrielle d'Amiens Nord dans la Somme. La plate-forme de Villers-Saint-Paul (voir encadré 1) développe déjà des synergies entre ses acteurs et un renforcement est envisagé. Pour la zone d'Amiens Nord, la période est à la fermeture de l'usine Good-Year couplée à un climat social dégradé et à des difficultés sociales marquées²⁸.

28 Christian Manable, président du Conseil Général de la Somme indique le 22 Octobre 2013 à Amiens à l'occasion des Ateliers de l'Observatoire National des Agendas 21 que son département compte 80% de foyers éligibles aux logements sociaux.

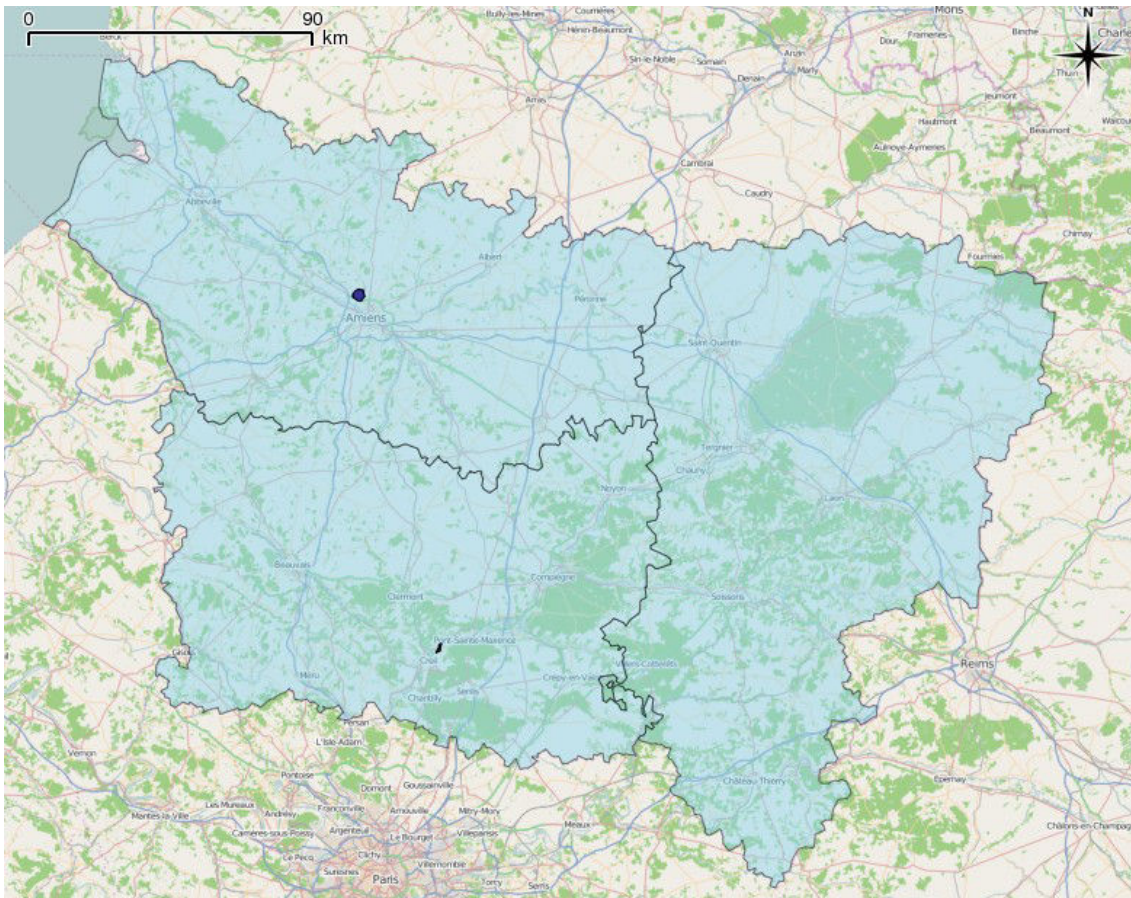


Figure 10: Zones d'intervention picardes (bleu clair : la région, bleu foncé : les zones cibles), source: auteur

La représentation cartographique des zones choisies par rapport à l'ensemble du territoire permet de très concrètement visualiser que dans le cas picard, la question du OU est d'autant moins aisée que l'emprise territoriale est grande. Une fois les zones choisies, les relations avec les acteurs, agences locales de développement, CCI s'établissent et la recherche des participants débute. De la même façon qu'à Toul, l'identification des participants « entreprises » sur des périmètres aussi réduits demande un investissement important et la Région assure alors un rôle de coordination des acteurs et démarches, s'interrogeant sur des problématiques plus larges que le périmètre des démarches menées sur le terrain. Ce rôle de coordination que le CAPEMM intégra à un rôle plus opérationnel sur la démarche toulaise, apparaît ici très clairement.

Du rôle de chef de projet dans la réalisation d'une démarche d'écologie industrielle, la collectivité territoriale change de dimension et devient coordinatrice de démarches

d'écologie industrielle multiples qui ont lieu en son sein. Et la région Picardie, même si ces démarches restent expérimentales, s'interroge sur la façon de les déployer plus massivement sur son territoire.

C'est cette dimension de coordination et d'appui que veut d'ailleurs aussi jouer la région Rhône-Alpes, en partenariat avec l'ADEME, dans un appel d'offre qu'elle a lancé début 2013 et clos au 15 juillet de la même année. Elle souhaite s'engager dans l'écologie industrielle en finançant du soutien extérieur à deux démarches territoriales. Ces démarches territoriales sont sélectionnées par appel à projets : « *Il s'agit de recruter, tous les deux ans, deux territoires motivés, mobilisés et engagés autour d'une démarche d'écologie industrielle et territoriale effective.* » [RHONE-ALPES, 2013 p3]. Ici, la question du OU est donc aussi posée et la voie de son traitement déterminée.

Les critères d'évaluation quant au choix des territoires lauréats reposent sur :

- « Clarté, précision et concision du dossier de candidature, »
- « Potentiel du territoire par rapport à une démarche d'écologie industrielle et territoriale : ...richesse et diversité des acteurs, complémentarité et synergie des activités), projet favorisant les échanges et la mutualisation entre plusieurs sites ou zones d'un territoire, »
- « Potentiel de la démarche d'écologie industrielle et territoriale projetée : caractère démonstratif, reproductible et diffusant, valeur ajoutée environnementale / résultats attendus en terme de diminution de l'empreinte environnementale du territoire, en termes de retombées d'emploi et de développement économique durable sur le territoire, »
- « Maturité du projet : Implication dans une démarche territoriale, sectorielle, environnementale d'amélioration (Agenda 21, ... PCET ..), nombre et qualité des actions antérieures au projet et celles à venir; »
- « Degré de mobilisation des acteurs et modes organisationnels : organisation de la gouvernance, nombre d'acteurs participants au projet, mobilisation des acteurs;»

- « Pérennité du projet (poste d’animateur et préférentiellement création d’un emploi pour ce poste, actions internes à enclencher, suites envisagées).»
[RHONE-ALPES, 2013, p5-6]

L'écologie industrielle dont l'application se déclinait sous la forme d'une méthode unique employée quelle que soit l'échelle de la même façon s'articule désormais en plusieurs niveaux : un niveau « projet » qui reprend les éléments de démarches déjà structurés et un niveau « coordination » qui se cherche encore mais dont se saisissent les acteurs territoriaux.

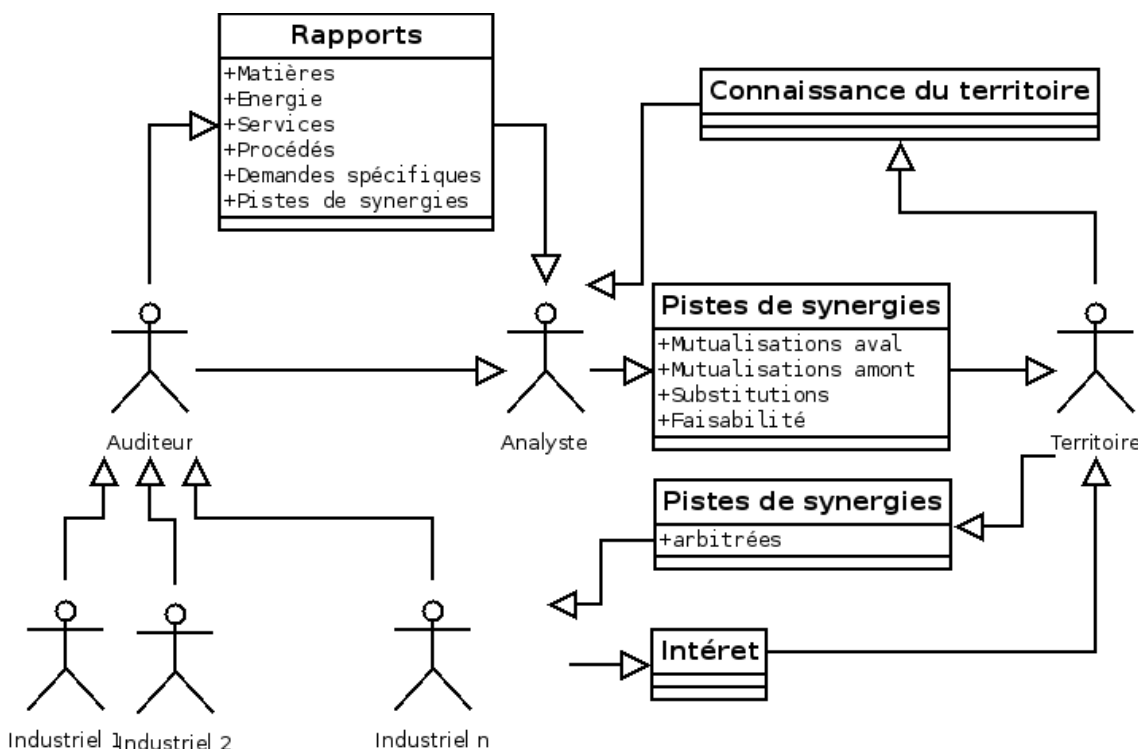


Figure 11: Démarche d'écologie industrielle et le territoire acteur du projet, source: auteur

Quand le territoire est l'acteur opérationnel du projet, sa place est centrale. Les industriels participants sont « audités », en général par un cabinet spécialisé qui établit des rapports d'écologie industrielle à destination d'un analyste. Celui-ci, informé par le territoire sur les enjeux et problématiques locales, détermine un premier lot de pistes de synergies, qui, en fonction des intérêts manifestés par les industriels, sont arbitrées par le territoire. Les pistes de synergies donnent ensuite généralement lieu à des groupes de

travail composés des parties prenantes, qui en valident la pertinence, la faisabilité et mettent en place leur traitement opérationnel s'il y a lieu de poursuivre.

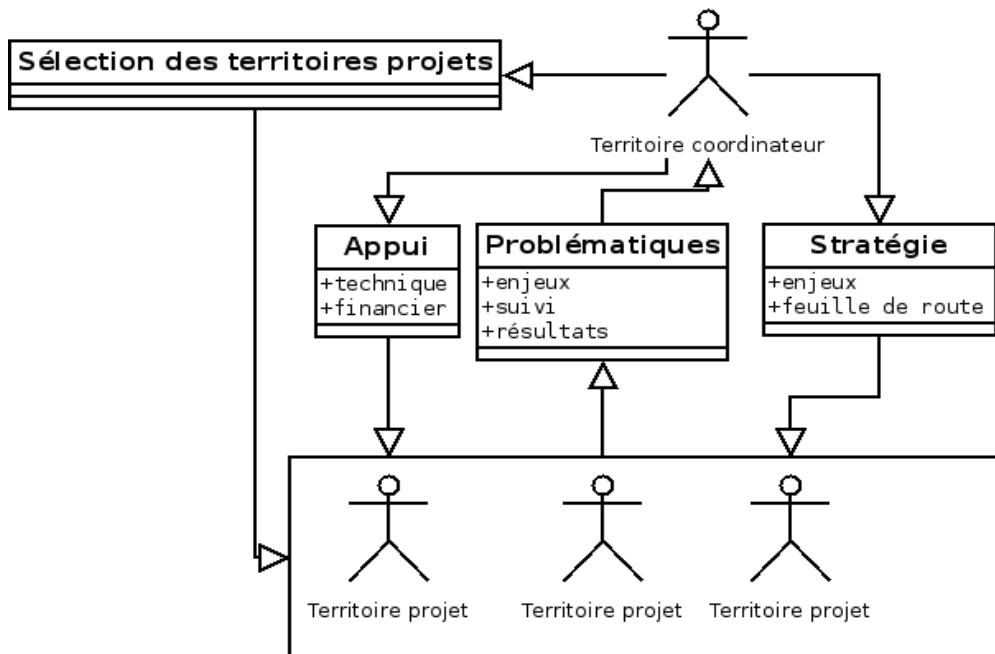


Figure 12: Articulation fonctionnelle des territoires, source: auteur

Le niveau de coordination des démarches d'écologie industrielle tel qu'il émerge des récents développements territoriaux se caractérise par la sélection des territoires projets. Ce rôle d'accompagnement se caractérise par la fourniture d'appuis techniques et financiers. Il est modélisé dans ses relations aux autres territoires dans la figure 12. Les territoires de projet coordonnés rendent compte de leurs problématiques, de l'avancement du projet ainsi que des résultats. Le territoire coordinateur est alimenté par les problématiques du terrain et peut regrouper certaines problématiques dans des approches plus larges, des stratégies de filières ou, selon ses enjeux, les approches les plus idoines à servir sa stratégie de développement éco-industriel.

Dans l'action territoriale, ces deux niveaux ou rôles, action et coordination, font abstraction de la nature administrative : la communauté de communes, d'agglomération, le département, la région, chacun peut s'appropriier un, voire les deux, rôles et personne ne s'en prive. La liste des territoires ayant mené des démarches d'écologie industrielle [ANNEXE I] en atteste et témoigne de la forte préoccupation générale sur le sujet. Elle démontre aussi que chacun s'attribue la compétence de développement économique

dans le mille-feuille des collectivités territoriales existant en France.

Ce dernier point, qui fait le bonheur des bureaux d'études qui voient se multiplier les initiatives rémunératrices, ne constitue pas un blocage en lui-même. Si au niveau des finances publiques et de la coordination des actions sur un espace géographique il est légitime de s'interroger sur ces redondances dans la répartition des fonctions, le seul point négatif, évoqué lors des rencontres avec les industriels, est que la multiplication des démarches à caractère « développement durable » par lesquelles ils sont sollicités les oblige à de redondantes visites, déclarations et réunions sans passerelle entre les démarches qu'ils perçoivent pourtant comme proches.

Les démarches d'écologie industrielle s'intéressent particulièrement aux flux d'énergie dans les process, de ce fait, la démarche d'écologie industrielle d'un département, par exemple, sur une zone d'activité peut entrer en concurrence avec des démarches de performances énergétiques réalisées collectivement par la CCI locale ou une association d'entreprises. Ces démarches, diligentées par des instances locales, sont perçues comme désordonnées (ce qui est le cas) et sans rapport les unes avec les autres. Les chefs d'entreprises dont le temps est généralement compté, participeront à une démarche, rarement à deux.

De la gestion de zones d'activité à la prise en compte d'un périmètre plus large, le périmètre administratif du donneur d'ordre majoritairement public, le territoire oscille entre territoire de projet (zone d'activité élargie) et entité coordinatrice d'une ou de plusieurs démarches menées en parallèle en son sein. Les attermolements des politiques de décentralisation couplés aux domaines d'intervention redondants ne permettent pas de définir quel type de collectivité territoriale est plus à même de se saisir d'un tel type de rôle, d'autant plus que le caractère rural, urbain, fortement industrialisé ou pas, demande à l'action d'adopter une échelle à chaque fois spécifique. Mais une question permet de se positionner : si la collectivité territoriale se pose la question du OU, si elle doit sélectionner une zone géographique plutôt qu'une autre en son sein, c'est qu'elle a, de fait, une fonction de coordination. La méthode d'intervention sur les territoires est ensuite globalement adaptée et obtient des résultats quand les acteurs industriels sont

mobilisés. Cela introduit de fait la question du QUI quand il s'agit de déterminer quelles entreprises sont à mobiliser.

4.4 Conclusion

Dans l'absolu, aucune échelle n'est plus pertinente qu'une autre, pour l'observation comme pour l'action. Le territoire, ou plus précisément la collectivité territoriale, dans sa participation à la mise en œuvre de l'écologie industrielle, peut, lui, occuper deux rôles, celui de l'acteur projet et celui du coordinateur. Ces deux rôles ne sont pas incompatibles entre eux et celui de coordinateur tend à s'appliquer dès lors que le périmètre géographique s'élargit au-delà d'une échelle communale.

Chapitre 2 : Potentiel d'écologie industrielle

Dans ce chapitre, nous traitons du potentiel d'écologie industrielle tel que défini dans l'introduction. Pour rappel, le potentiel d'écologie industrielle tel que nous le définissons est un indicateur permettant d'identifier une capacité pour le territoire à mettre en place des synergies. Il permet, sur la base d'une estimation du caractère industriel du tissu économique installé, de discriminer les diverses sous-composantes d'un territoire pour orienter les démarches territoriales. Nous apportons dans un premier temps des compléments de définition.

Suite à la détermination des axes de travail pouvant être pris en compte pour sa construction, les différentes sources susceptibles de servir à son établissement sont étudiées. Les sources mobilisables pour cette construction sont systématiquement évaluées pour en définir les forces et les faiblesses vis à vis de la représentativité que nous attendons. Le processus mis en place est simple : pour chaque source, l'ensemble des données est absorbé avec des agents informatiques programmés ad hoc pour une exploitation statistique. La couverture géographique, l'obsolescence des données et leur pertinence pour construire le potentiel d'écologie industrielle sont aussi prises en comptes.

Une fois la source identifiée, une application est réalisée et évaluée au regard de l'historique du domaine: une corrélation existe-t-elle entre les démarches d'écologie industrielle diligentées par les collectivités et le potentiel d'écologie industrielle ? Est ce que ce potentiel est réellement représentatif ?

Nous complétons ensuite la démonstration par l'absurde en réalisant une démarche d'écologie industrielle sur un territoire au potentiel d'écologie industrielle estimé nul. Elle sera aussi l'occasion d'observer le type de résultats pouvant être obtenus dans un contexte qui n'est pas a priori favorable au déploiement d'une démarche d'écologie industrielle habituelle.

1 Éléments de définition

La matérialité peut se mesurer en nombre de moles²⁹, mais plus généralement en masse. Le concept de territoire n'a pas, lui, de contours aussi rigoureusement définis. Il pourrait être résumé à une surface ce qui nous amènerait à proposer selon une approche physique, un indicateur de la matérialité par unité de surface, soit dans le Système International des Unités de Mesure³⁰, un nombre de moles par unité de surface, c'est-à-dire une concentration surfacique exprimée en n/m^2 , ou éventuellement d'une masse surfacique si nous souhaitons l'exprimer en kg/m^2 . Cette matérialité n'est malheureusement pas aussi aisément quantifiable. Pour ce qui est de la surface, quelle est la portion de territoire sous-jacente ? Dans quelle mesure est-elle liée aux différents découpages administratifs ?

Établir la définition d'un « potentiel d'écologie industrielle » sur un territoire n'est pas une nouveauté en soit. La majorité des travaux de recherche-action et les démarches territoriales se sont appliquées à le faire apparaître. Il vise à répondre à une question a priori simple dans sa formulation mais beaucoup moins aisée dans son traitement : quelles sont les synergies réalisables sur le périmètre donné ? A la suite des conclusions de Suren Erkman sur la nécessaire création d'information entre les participants, Cyril Adoue travaille spécifiquement sur cette question en développant une méthodologie d'identification de synergies éco-industrielles réalisables entre entreprises sur le territoire français. En considérant ces travaux qui concluent à la nécessité de la connaissance des bilans de flux au niveau des entreprises, tout l'enjeu est maintenant de consacrer la collecte d'information auprès de celles qui présentent le plus de potentiel, c'est à dire qui engagent le plus de matière dans leur activité.

Il s'agit ici non plus de savoir quelles sont les synergies potentielles, mais, dans le cadre d'un territoire étendu, de savoir dans quelle direction rechercher géographiquement le potentiel de matérialité avant d'appliquer la méthode précédemment développée (ou une autre).

29 La quantité de matière, mesurée en moles (notée n), est une des sept grandeurs de base du Système International des Unités de Mesure. La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12.

30 Cf le Bureau International des Poids et Mesures <http://www.bipm.org/>.

Dans le cas d'un territoire dont l'emprise géographique est relativement limitée, zone d'activité, commune voire communauté de communes, les espaces vers lesquels orienter les recherches sont facilement repérables par la proximité et la connaissance supposées de l'observateur local. Dans le cas d'échelles plus larges, par exemple un département, une région voire au niveau national, l'orientation du regard doit être aidée, et ce, de préférence, sans que nécessairement toutes les entreprises de l'emprise n'aient à être « auditées ». L'enjeu principal concerne donc le développement d'une identification précédent le déploiement de démarches sur le terrain.

Le potentiel d'écologie industrielle doit alors répondre à la question : pourquoi regarder cette partie-ci du territoire plutôt que celle-là ? Quels sont les principaux acteurs concernant la matérialité de l'activité ?

Le potentiel d'écologie industrielle traduit in fine la concentration instantanée de matière/énergie mise en œuvre dans le sous-système territorial de production et de distribution d'un territoire et sa distribution géographique. Son objectif est de distinguer parmi les installations industrielles celles qui mobilisent le plus de matière ou d'énergie.

2 Les axes possibles

En considérant les pratiques françaises et anglaises, plusieurs axes sont a priori envisageables pour la définition du potentiel d'écologie industrielle.

En France, pour la recherche de synergies, la méthode COMETHE comporte principalement deux orientations :

- une première concerne la matérialité de l'activité économique sur le territoire,
- une deuxième concerne les acteurs et la gouvernance.

Ensuite, pour la réalisation des synergies, la disponibilité de foncier, de capitaux (et accessoirement d'aides publiques), de filières idoines, sont considérées au cas par cas.

L'axe de la matérialité mise en jeu par les activités humaines peut s'appuyer sur un ensemble de méthodes et d'outils existants. L'étude de cette matérialité est aussi couplée à celle des flux d'énergie, il est question d'analyse des flux de matière et

d'énergie (AFME).

Concernant les acteurs, les travaux menés concernent la gouvernance et les jeux d'acteurs dans les démarches d'écologie industrielle pour définir les causes de réussite ou d'échecs dans la mise en œuvre, des grilles de lecture et d'analyse des comportements [BRULLOT et al, 2009][BRULLOT, 2009][ABITBOL, 2012]. La limite de ces travaux est qu'ils ne sont applicables qu'une fois les acteurs engagés dans les démarches territoriales d'écologie industrielle.

L'éclairage apporté par la pratique indique sur ce point une difficulté pour les identifier en amont des démarches et pour les faire participer une fois identifiés. Le temps nécessaire pour enrôler le nombre attendu d'entreprises dépasse régulièrement le temps passé à la réalisation des visites d'établissements. La question du QUI est alors prégnante. Le périmètre géographique étant généralement défini avant la liste des participants, la recherche des entreprises peut ensuite s'avérer problématique et remettre en cause le périmètre initial.

La question du périmètre d'une démarche ne peut se concevoir qu'en étroite relation avec une connaissance des acteurs.

L'argent

Les axes « matérialité » et « acteurs » sont les principaux considérés en France au cours des démarches d'écologie industrielle. Nos voisins anglais en revanche, ne les considèrent que peu : ils favorisent un axe financier pour guider la recherche de symbiose, en partant de l'hypothèse d'une corrélation directe entre flux financier et flux matériel. Ils en déduisent que le potentiel d'écologie industrielle est directement proportionnel au flux financier.

L'entreprise anglaise International Synergies constitue le support opérationnel du programme NISP³¹. La méthode employée est avant tout basée sur de l'intermédiation

³¹ Le programme NISP (National Industrial Symbiosis Program) est un projet de mise en place de l'écologie industrielle dans les régions anglaises qui a duré neuf ans et a compté jusqu'à soixante-dix praticiens déployés sur le terrain. Les résultats obtenus sont conséquents et la méthode employée a été déployée dans onze pays pour construire des politiques d'écologie industrielles. C'est cette méthodologie qui est expérimentée dans le cadre du Programme National de Symbiose Industrielle français qui est actuellement en cours de déploiement dans quatre régions françaises. A noter qu'il s'agit principalement d'une entrée économique pour faire participer les entreprises. Pour en avoir suivi

d'affaire sans réel bilan de flux tel que réalisé en France, c'est la présentation que James Woodcock responsable des opérations chez International Synergies, en a faite lors d'un groupe de travail européen à Anvers le 13 octobre 2013³². Pour James Woodcock, seul le potentiel d'affaire doit guider la recherche de synergie et les critères financiers sont les seuls tant pour la réalisation d'une synergie, ce qui peut être entendu même si très largement discutable, que pour sa détection. Rachel Lombardi, sa collègue, responsable du développement d'International Synergies, rencontrée à Paris, partage cette même conception de l'écologie industrielle³³. L'entretien avait pour but de comprendre la méthode anglaise concernant la création de synergies et d'échanger sur la notion de potentiel dans le domaine de l'écologie industrielle. Dans le programme NISP, selon Rachel Lombardi, le potentiel d'écologie industrielle est directement lié au volume d'affaire d'un territoire ou d'une entreprise. Cet axe purement financier n'est pas complètement dénué de sens du fait que l'activité économique se traduit par des flux financiers, mais aucun autre facteur n'est considéré. De plus, les logiques de filiales et d'établissements ne permettent pas, du moins en France, de réellement territorialiser ces flux financiers. En effet, selon ce principe, le potentiel le plus élevé en France se situerait à la Défense (92), où se situent les sièges de Total et d'EDF, entreprises dont les chiffres d'affaire sont les plus importants. Au niveau du jeu des filiales, des établissements peuvent exécuter des tâches de fabrication concernant un produit sans se voir attribuer un chiffre d'affaire : ils reçoivent un budget de fonctionnement, la matière à traiter et des ordres de commande sans que la valeur ajoutée créée n'apparaisse territorialement, elle peut être consolidée au niveau du siège du groupe.

3 *Établir ce potentiel*

3.1 Le métabolisme territorial

Le travail sur la matérialité dans le domaine de l'écologie industrielle est actuellement

une formation à la méthode du 29 juin 2015 au 3 juillet 2015 à Bordeaux, le risque est fort d'un dérapage du programme vers une action de développement économique stricto-sensu ne reprenant qu'à la marge les enjeux de l'écologie industrielle. Le programme présente la caractéristique d'être à notre connaissance le mieux « packagé » et accompagné de tout ce que nous avons pu rencontré dans le domaine. La réponse à ces questions seront obtenues en 2017.

32 Expert Workshop Continuous Loops Tool C2C BIZZ, Anvers, le 13 octobre 2013.

33 Entretien avec Rachel Lombardi, responsable du développement chez International Synergies, 3 décembre 2013

basé sur deux types d'approches, une première basée sur des données recueillies dans les entreprises et une deuxième, statistique et descendante, historiquement plus installée : l'analyse des flux de matière à l'échelle territoriale visant à déterminer le « métabolisme » d'un territoire. Ces deux approches dépendent des objectifs poursuivis, dans le premier cas, l'observation est limitée au tissu économique, tandis que dans l'autre, c'est l'ensemble du territoire qui est observé.

Dans la pratique l'enquête de terrain auprès des entreprises est l'approche la plus souvent choisie pour la réalisation de démarches territoriales d'écologie industrielle.

Le métabolisme territorial

Dans le domaine de l'écologie industrielle, le principal outil d'observation de la matérialité de l'activité humaine sur le territoire est l'analyse des flux de matière et d'énergie [SOES, 2014][BARLES, 2014].

Dans l'optique de comprendre la dynamique des flux de matières et d'énergies depuis leur extraction jusqu'à leur retour dans la biosphère, cet outil particulièrement adapté est utilisé. Ces approches s'intéressent à l'analyse quantitative des flux de matières et d'énergie qui caractérisent les sociétés et systèmes, or les outils comptables traditionnels ne prennent en compte les flux que dans leur dimension économique. Le domaine de l'écologie industrielle propose une famille d'outils et de méthodologies pour représenter les flux dans un système. Il sert à établir une comptabilité matières et énergie.

Les premières utilisations d'une comptabilité de matières appliquée aux relations société/nature sont faites par Wolman [WOLMAN, 1965] et Odum [ODUM, 1975]. Elles furent reprises par Paul Duvigneaud [DUVIGNEAUD, 1974], écologue belge s'interrogeant sur l'urbanisation, la ville et ses relations avec la biosphère.

L'écologie industrielle prend en compte toute la diversité de flux disponibles et a adapté ces outils à divers systèmes, territoires, produits, substances.

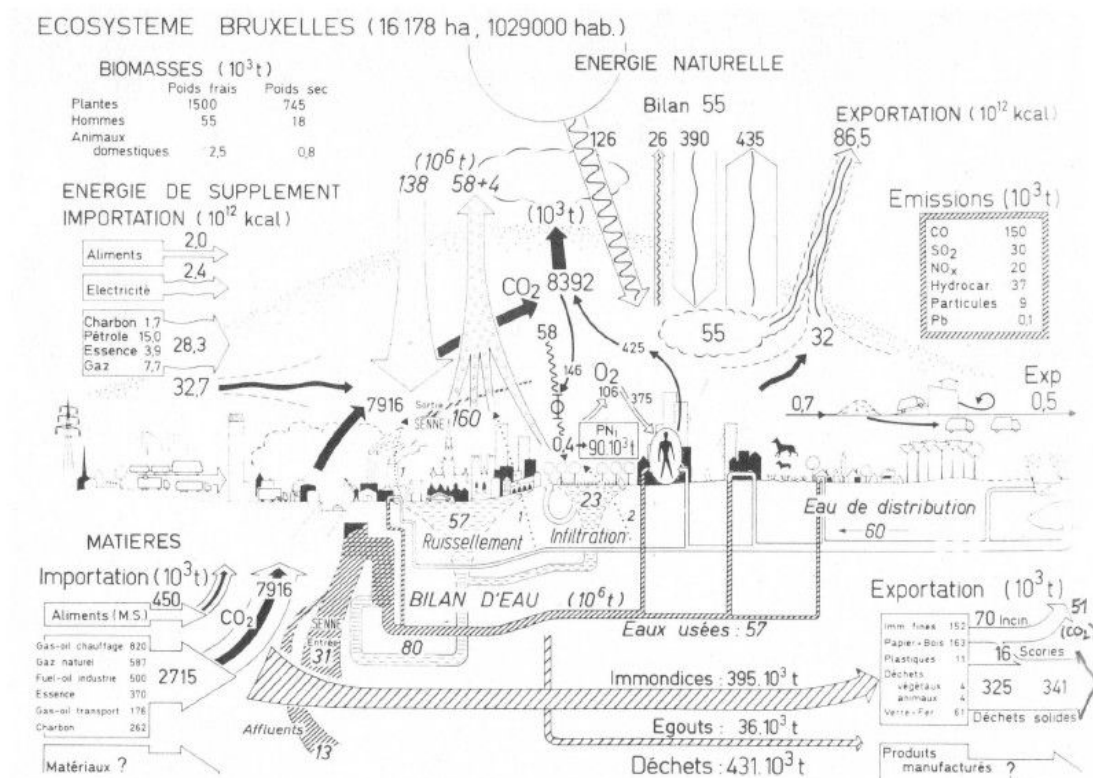
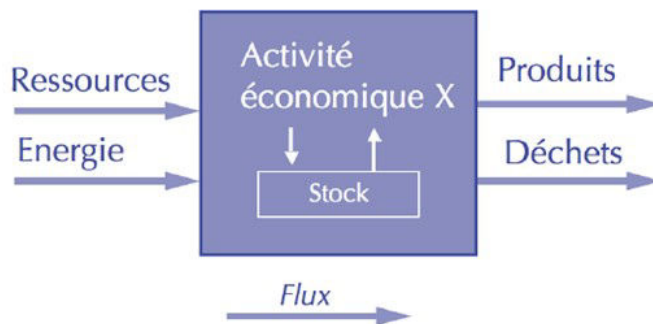


Figure 13: L'écosystème urbs, source : [DUVIGNEAUD, 1974]

L'observation de leur métabolisme permet l'analyse des systèmes industriels comme des systèmes ouverts, qui échangent énergie, matières, produits, avec leur environnement selon le principe de conservation de la matière : "Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme"³⁴.

Les métabolismes sont basés sur la modélisation de la figure 14. En se basant sur les principes de conservation de la masse, généralement toujours applicables en dehors de la production d'énergie nucléaire, un bilan des flux qui le traversent (entrants et sortants) est effectué.

³⁴ Le métabolisme d'une centrale nucléaire constituerait un test de modélisation intéressant de part justement la perte de matière.



Principe: conservation de la masse et de l'énergie

Figure 14: Modélisation d'une activité, source [JSA 2010]

Le précurseur fut Abel Wolman qui décrivit le métabolisme d'une ville américaine fictive sous cette forme.

Tableau 6 : Métabolisme d'une ville américaine fictive d'un million d'habitants source : [WOLMAN, 1965, p180]

Entrées (t/j)	Sorties (t/j)
Eau 625 000	Eaux usées 500 000
Nourriture 2 000	Déchets 2 000
Énergie fossile 9 500	Polluants atmosphériques 9 500

Abel Wolman, considéré comme un des pères fondateurs de l'écologie urbaine, fut le premier à utiliser le terme de métabolisme et à proposer le premier bilan de matière appliqué à la ville. En parallèle, Eugène Odum comparait le fonctionnement d'une ville avec celui d'un lac avec pour résultat de mettre en valeur le caractère destructeur de la ville. La figure suivante montre le « métabolisme » qu'il représente avec les notions de consommations de matière et d'énergies comptabilisées.

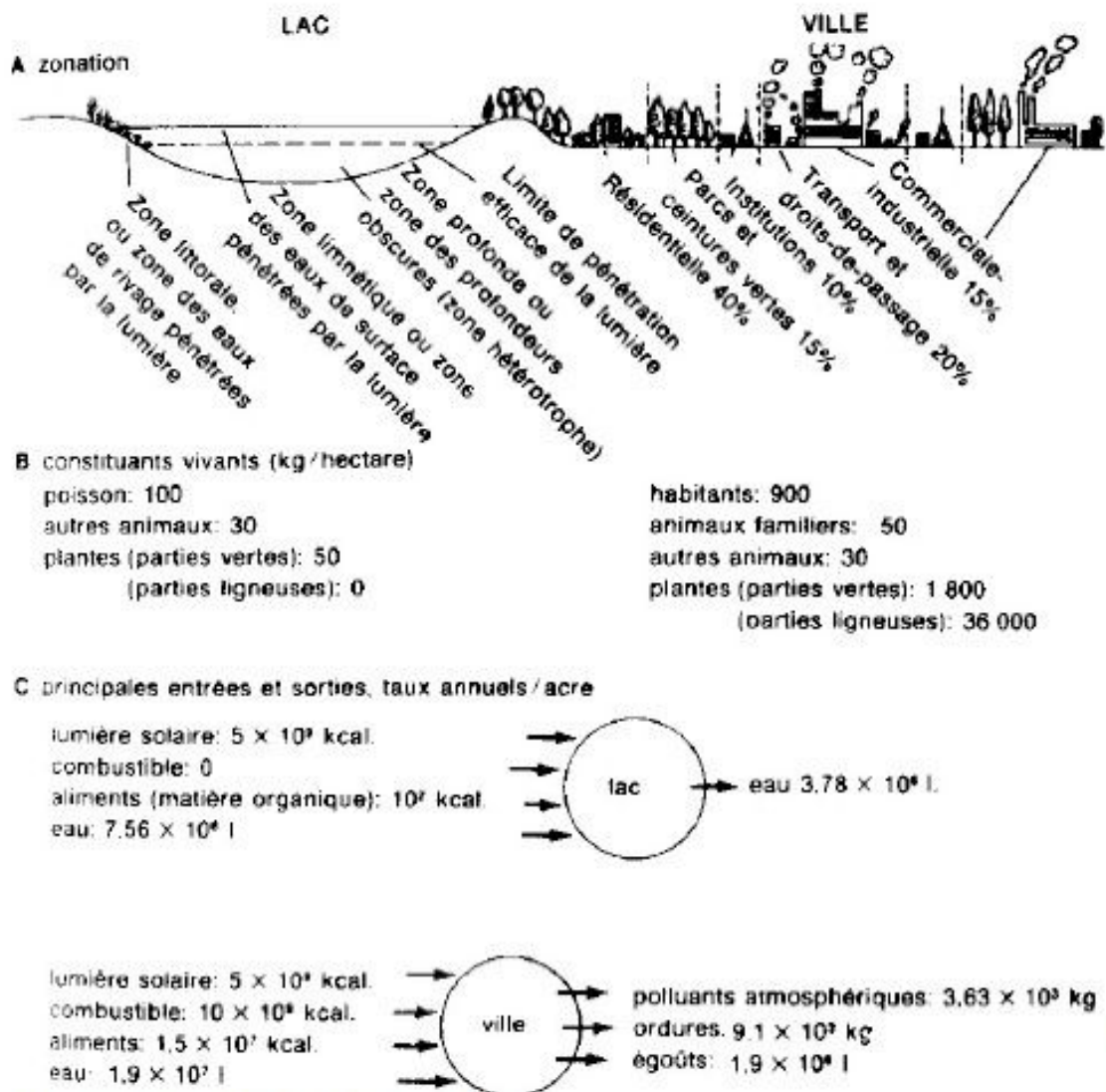


Figure 15: Métabolisme urbain, métabolisme lacustre, source [ODUM, 1975, p. 39]

Des déclinaisons spécifiques du métabolisme ont permis de l'appliquer à une substance, telle que le Plomb au Danemark dans la figure 16.

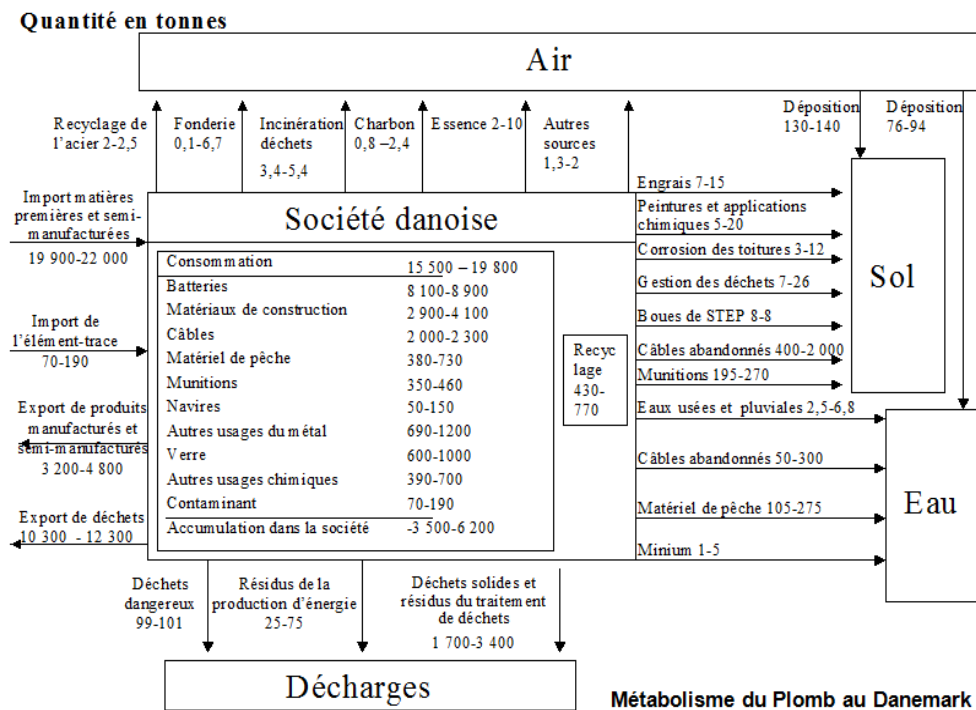


Figure 16: Métabolisme du plomb au Danemark, source : *Journal of Industrial Ecology*

Plus proche de nous dans l'espace mais un peu plus loin dans le temps, il sert à modéliser l'usage de l'azote alimentaire à Paris en 1869 [BARLES, 2007].

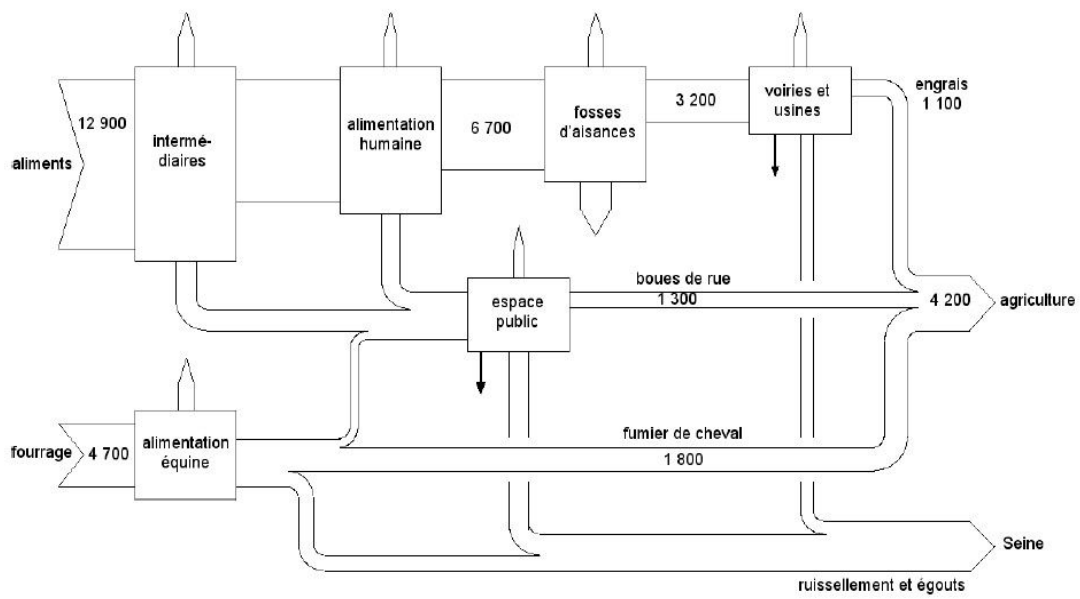


Figure 17: Circulation de l'azote alimentaire à Paris, 1869, Source : [BARLES, 2007, p55]

Il est aussi adapté à la modélisation et l'étude « produit » tout le long de son cycle de vie.

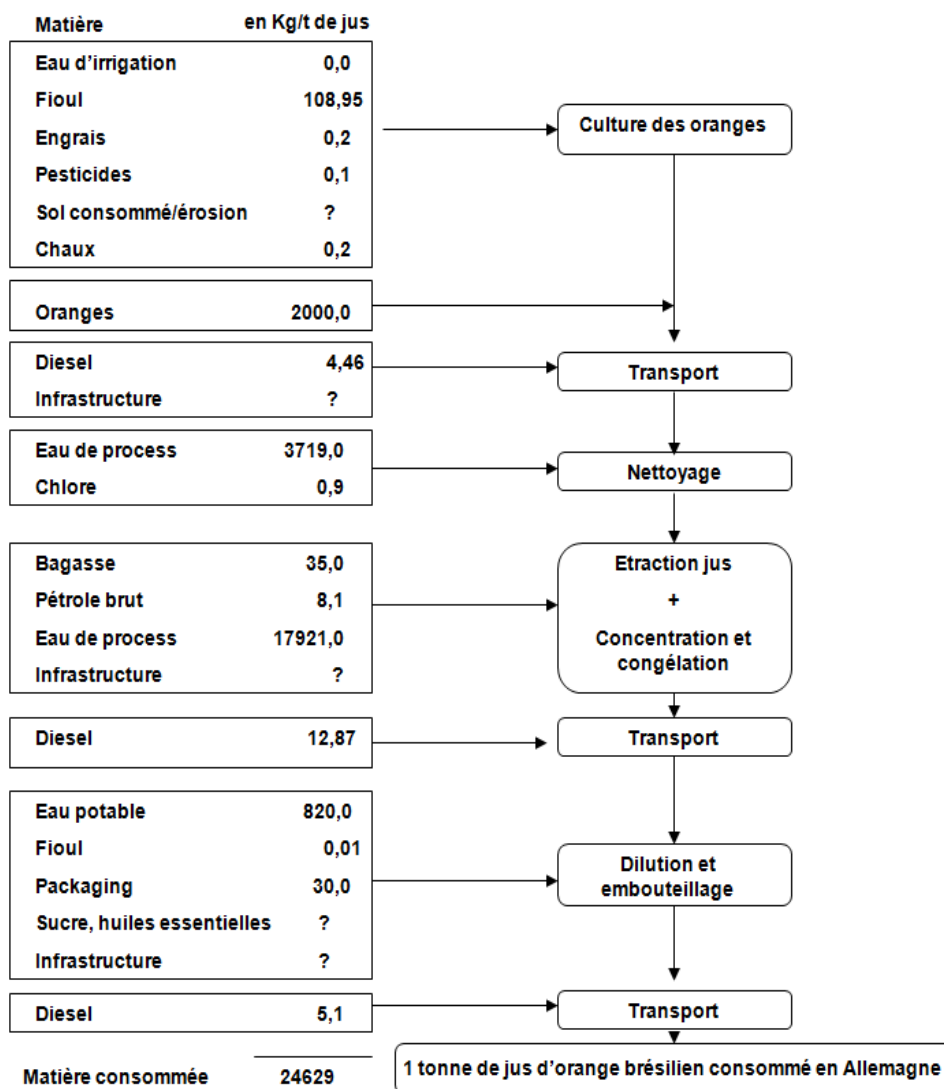


Figure 18: Métabolisme du jus d'orange brésilien, source : [KLANENDONK et BRINGEZU , 1993]

Cette méthode est à la base d'une approche tournée vers le produit dans l'écologie industrielle : l'éco-conception. Celle-ci, normée, peut être qualifiée de mature et est adoptée par plusieurs industriels, en particuliers ceux de l'emballage pour faire diminuer l'éco-contribution à la filière REP. Les directives RoSH (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) et REACH (Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals) obligeant une meilleure connaissance des substances contenues dans les produits ne sont pas étrangères au développement de ce type d'approche. La directive eco-design de 2005 de la

Commission Européenne renforce aussi cette approche puisque l'analyse du cycle de vie donnera à termes un avantage concurrentiel en matière de marchés publics.

En ce qui concerne les métabolismes territoriaux, leur méthode de production a été relativement standardisée par les services de statistique de la Commission Européenne [EUROSTAT, 2001]. La méthode proposée pour leur réalisation est adaptée au niveau des états voire des régions [SOES, 2014] mais en dessous de ce niveau, la granularité des informations engendre une forte incertitude. Les variations des limites géographiques limitent aussi l'observation dans le temps [BARLES, 2007] ou obligent à des reconstructions. Cette inconstance du « référentiel » géographique n'est pas la seule : les données sur lesquelles s'appuient la construction des métabolismes peuvent tout à la fois changer de nomenclature comme de périmètre. Par exemple, la base de données SITRAM, qui fournit des statistiques sur les flux de matières transportées³⁵, a vu sa nomenclature changer à partir de 2009 et le mode de transport ferré disparaître en 2010. Pour ce qui est de la nomenclature produit, il ne s'agit pas uniquement de l'ajout de catégories supplémentaires mais d'une nouvelle ventilation obligeant l'utilisation de tables de passages plus ou moins précises. Pour ce qui est de la suppression pure et simple du transport par train (environ 11% du fret en 2005), le secret statistique invoqué, de part la mise en concurrence de la SNCF, augmente de fait l'incertitude.

Une autre difficulté pour l'établissement de métabolismes territoriaux concerne les données sur l'énergie : la granularité est limitée au niveau régional.

Nous pouvons en conclure que par ses limites, en particulier celles liées à la granularité géographique, la construction de métabolismes territoriaux basés sur la méthode Eurostat ne permet pas de dégager une direction vers laquelle porter notre attention plutôt qu'une autre. Au-delà de ce problème de granularité, cette approche purement statistique est orientée vers l'observation et le suivi territorial. Elle ne répond pas au besoin d'identification d'acteurs potentiels à intégrer dans une démarche d'écologie industrielle. Le métabolisme territorial permet de définir les flux à enjeux et leur éventuel devenir, ce qui est déjà une information précieuse sans pour autant fournir des

³⁵ Cette base de données est révisée annuellement et fournit à une échelle départementales les observations concernant les flux de marchandises. Elle concerne les flux opérés par voie fluviale, routière et ferroviaire (jusqu'en 2006 pour la partie ferroviaire), les importations, exportations et flux internes.

pistes opérationnelles ou des indications sur le potentiel réel d'écologie industrielle tel que nous l'avons défini. Il permet de connaître la matérialité de la société d'une entité géographique mais avec un périmètre trop large. En matière d'évaluation des actions d'écologie industrielle, nous pouvons toutefois émettre l'hypothèse qu'il constituera un outil de choix pour vérifier les résultats obtenus par les démarches engagées si ces dernières ont une ampleur territoriale adaptée. Les discussions récentes entretenues par plusieurs auteurs [FISCHER-KOWALSKI et al, 2011][MOREAU et al, 2012][LANER et al, 2014] laissent espérer des améliorations dans les incertitudes et la précision de ce type d'approche.

Au niveau opérationnel, une démarche française se distingue pour avoir adopté cette approche par le métabolisme territorial : la démarche Estuaire de Seine menée dans le cadre d'une expérimentation de la DGCIS en 2011 par le cabinet SOFIES [DGCIS, 2012]. Cette démarche se caractérise par une échelle originale et un parti pris méthodologique différent des quatre autres démarches menées en parallèle dans le cadre de cette expérimentation. Les autres démarches ont un périmètre géographique beaucoup plus réduit et s'appliquent à mettre en œuvre des méthodes héritées du programme COMETHE.

La démarche Estuaire de Seine se déploie sur deux régions (Haute et Basse-Normandie) et trois départements (Calvados, Eure et Seine-Maritime) selon des contours géographiques qui n'épousent pas les découpages traditionnels car il s'agit de prendre en compte cinq *pays*³⁶. La première phase de l'étude vise à faire un diagnostic quantitatif limité aux matériaux de construction, à l'énergie et à la biomasse et une phase 2 est dédiée à la détection de symbioses industrielles.

La première difficulté mise en avant par le porteur du projet rejoint les conclusions précédentes :

« Le territoire de l'Estuaire de la Seine ne faisant référence à aucune échelle administrative existante, l'accès aux données a été problématique. Un travail d'agrégation de données a alors été indispensable et a généré un surcoût financier et un

³⁶ Un *pays* est, au sens administratif en France, un rassemblement d'intercommunalités, un rassemblement de rassemblements de communes.

délai supplémentaire dans la réalisation de l'étude » [DGCIS, 2012, p18]

tout comme le deuxième frein très explicite :

« L'approche des entreprises a été particulièrement ardue pour ce travail étant donné l'absence d'une géolocalisation précise et les contraintes liées à la disponibilité des personnes sources d'informations. » [DGCIS, 2012, p18]

Lors de la conférence de clôture de la mission "Compétitivité durable des entreprises", le 4 avril 2012 à Saint Denis (93) dans la salle du conseil de Plaine Commune, qui présenta les résultats des cinq expérimentations engagées dans le programme de la DGCIS [DGCIS, 2012], les aspects budgétaires furent aussi présentés. Face au coût initial de l'opération « Estuaire de Seine » (environ 110 K€ hors frais annexes liés aux acquisitions de données, soit environ le double des autres expérimentations³⁷) et au regard des résultats jugés faibles, la majorité des questions concernèrent l'adéquation de la méthode utilisée avec ses objectifs.

La réalisation d'un métabolisme territorial dans le cadre d'une démarche ayant pour ambition des résultats opérationnels n'est pas adaptée dans un cadre budgétaire limité et contraint. Si des territoires pilotes peuvent se permettre de telles expérimentations et font avancer notre connaissance du domaine en confrontant la théorie à la réalité, le déploiement plus massif de démarches de ce type demandera a minima une réflexion sur le périmètre géographique, plus en correspondance avec les découpages administratifs existants, et une évaluation plus documentée des résultats.

Nous retirerons de la pratique des métabolismes qu'ils constituent un outil d'observation du territoire utile mais que leurs déclinaisons opérationnelles sont limitées car ne mettant en avant principalement que trois type de flux : les matériaux de construction, les produits agricoles et alimentaires et les combustibles fossiles [BARLES, 2014]. Et pour conclure, nous reprendrons les mots de Sabine Barles : « Enfin, comptabiliser les matières ne suffit pas : qui les gouverne ? Qui décide de l'orientation des flux ? Qui la subit ? Quels sont ceux qui échappent à tout gouvernement ? Force est de constater que les réponses à ces questions sont d'une grande complexité, et pourtant nécessaires pour

³⁷ Les quatre autres opérations de la mission DGCIS ont été annoncées avec un budget autour de 50 000 €.

qui voudrait avoir prise sur le métabolisme territorial, voire contribuer à une transition socio-écologique. Il s'agit là d'une autre facette de l'écologie territoriale, tout aussi importante que – mais indissociable de – l'analyse des flux de matière» [BARLES, 2014].

3.2 L'approche par l'information géographique

Un potentiel d'écologie industrielle tel que défini doit apporter des réponses d'ordre géographique à l'appréhension des territoires. Les questions posées concernent la matérialité d'objets géographiques et les évolutions de l'écologie industrielle dans le domaine mettent en avant cette nécessaire prise en compte de la dimension spatiale. Cette prise en compte se traduit par une intégration de la cartographie au sein de l'outillage des démarches puis par des utilisations plus performantes de systèmes d'information géographiques (SIG).

Dans l'outillage informatique dédié aux démarches d'écologie industrielle, la prise en compte géographique fut dans un premier temps limitée à la considération de la distance entre les acteurs d'une démarche, destinée principalement à filtrer des synergies potentielles en fonction d'un périmètre de mise en œuvre technique.

Synergies de Mutualisation Entrantes

En tant qu'administrateur vous pouvez visualiser les synergies en concordance avec les paramètres de votre étude.

Flux - 96 Synergie(s) - (page en cours : 1) Composants - 56 Synergie(s) - (page en cours : 1)

[Supprimer des types de flux](#)

1 2 3 4 5 > >>

[+]	Filtrer	Entreprise n°1	Nom du flux	Quantité	Unité	Visu	Distance	Entreprise n°2	Nom du flux	Quantité	Unité	Visu
+	X	Industrie A	Air comprime				13111	Industrie G	Air comprime			
		Composants Associés			Taux	Visu		Composants Associés			Taux	Visu
		Air comprimé			100 %			Air comprimé			100 %	
+	X	Industrie B	Air comprime				12981	Industrie G	Air comprime			
+	X	Industrie B	Air comprime				597	Industrie A	Air comprime			
+	X	Industrie C	Air comprime				11963	Industrie A	Air comprime			
+	X	Industrie C	Air comprime				18363	Industrie G	Air comprime			
+	X	Industrie C	Air comprime				11396	Industrie B	Air comprime			
+	X	Industrie D	Air comprime				70484	Industrie B	Air comprime			
+	X	Industrie D	Air comprime				80055	Industrie C	Air comprime			
+	X	Industrie D	Air comprime				77389	Industrie G	Air comprime			
+	X	Industrie D	Air comprime				69911	Industrie A	Air comprime			
+	X	Industrie F	Air comprime				4699	Industrie G	Air comprime			
+	X	Industrie E	Air comprime				14490	Industrie B	Air comprime			

Figure 19: PRESTEO, synergie de mutualisation air comprimé, source: auteur

Dans la figure 19, les synergies de mutualisation calculées par PRESTEO, un des premiers outils du domaine, concernent l'air comprimé dont la distance de « transport » est limitée. La distance constitue alors une bonne indication de la faisabilité.

Les rendus cartographiques ont ensuite été intégrés, en premier lieu lors du projet COMETHE par le cabinet Auxilia qui utilisa le SIG MANIFOLD pour permettre une visualisation simple des synergies dans la démarche Ecopal, puis par Guillaume Massard qui, au cours de sa thèse, développa un clone de PRESTEO en y joignant une interface géographique plus complète.

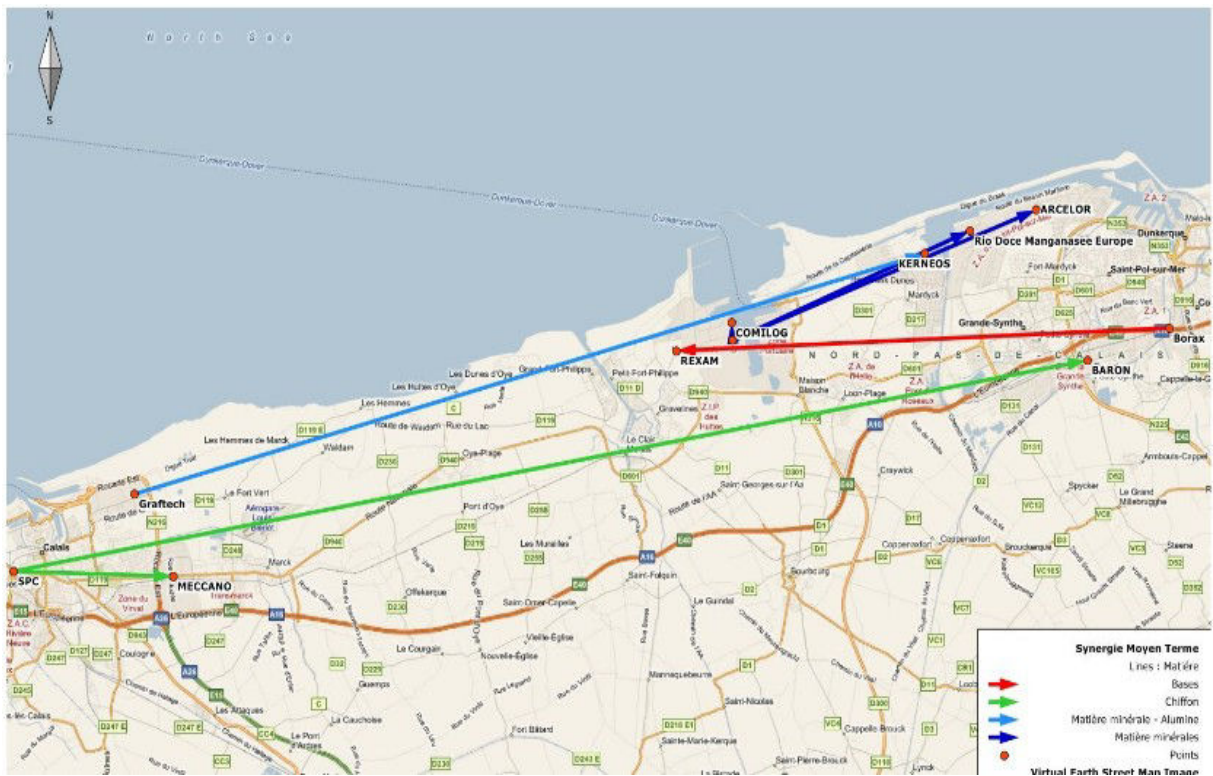


Figure 20: Manifold/PRESTEO: Rendu cartographique des synergies, source : voir texte

L'outil Auxilia permet de considérer sur un fond cartographique les synergies détectées. L'outil SYMBIOGIS permet lui de considérer un nombre de thématiques plus important.

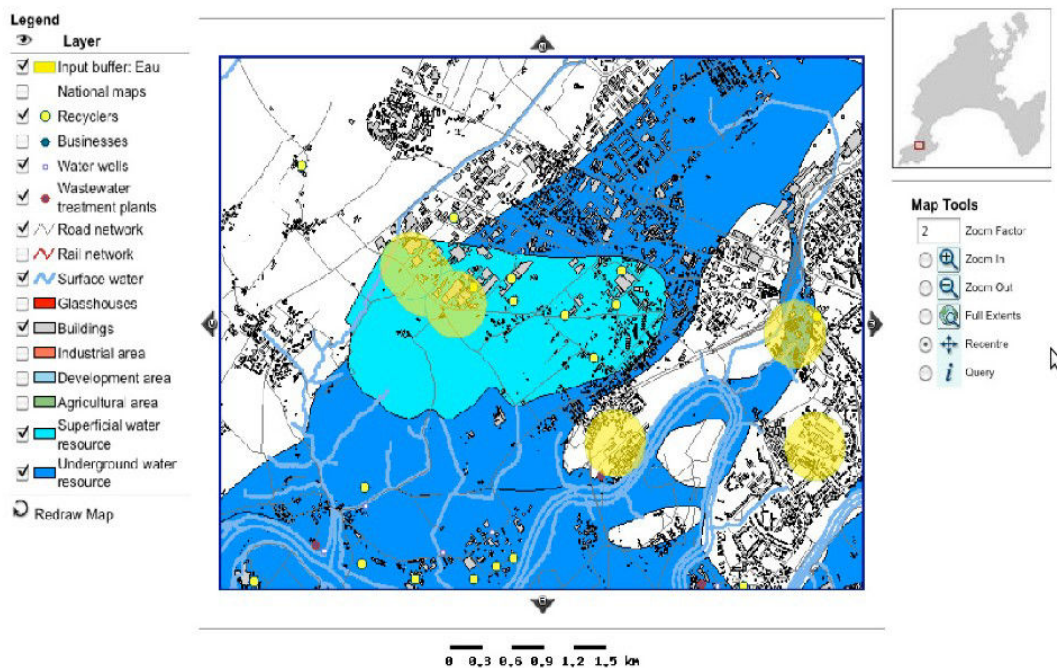


Figure 21: Rendu cartographique de SYMBIOGIS, source [MASSARD, 2011]

Si cet aspect cartographique s'est généralisé dans les outils, l'utilisation de systèmes d'informations géographiques permettant d'aller au delà de la visualisation reste marginale. Une première réalisation dédiée à l'écologie industrielle et l'évaluation environnementale et financière [GEORGEAULT, 2013] dépassant les seuls aspects cartographiques a été produite dans le cadre du projet ECOTECH SUDOIE.



Figure 22: ECOTECH SUDOIE, interface de définition du besoin, source: auteur

Elle permet, via une interface cartographique, de dessiner l'emprise de bâtiments nécessitant une protection incendie complémentaire. Elle restitue par la suite les zones où les « réserves incendie » peuvent être implantées, mutualisées, et calcule pour chaque scénario (mutualisées ou non) les impacts environnementaux et financiers. Les détails concernant ce projet sont explicités dans le chapitre 4.

Au delà de l'intégration dans les démarches territoriales d'écologie industrielle, de nombreuses réalisations s'appuyant sur des outils géographiques ont été faites.

Dans un domaine proche, l'écologie territoriale, le logiciel AMSTRAM, qui concerne les métabolismes et les aires d'approvisionnements, est un très bon exemple de réalisation de rendu cartographique.

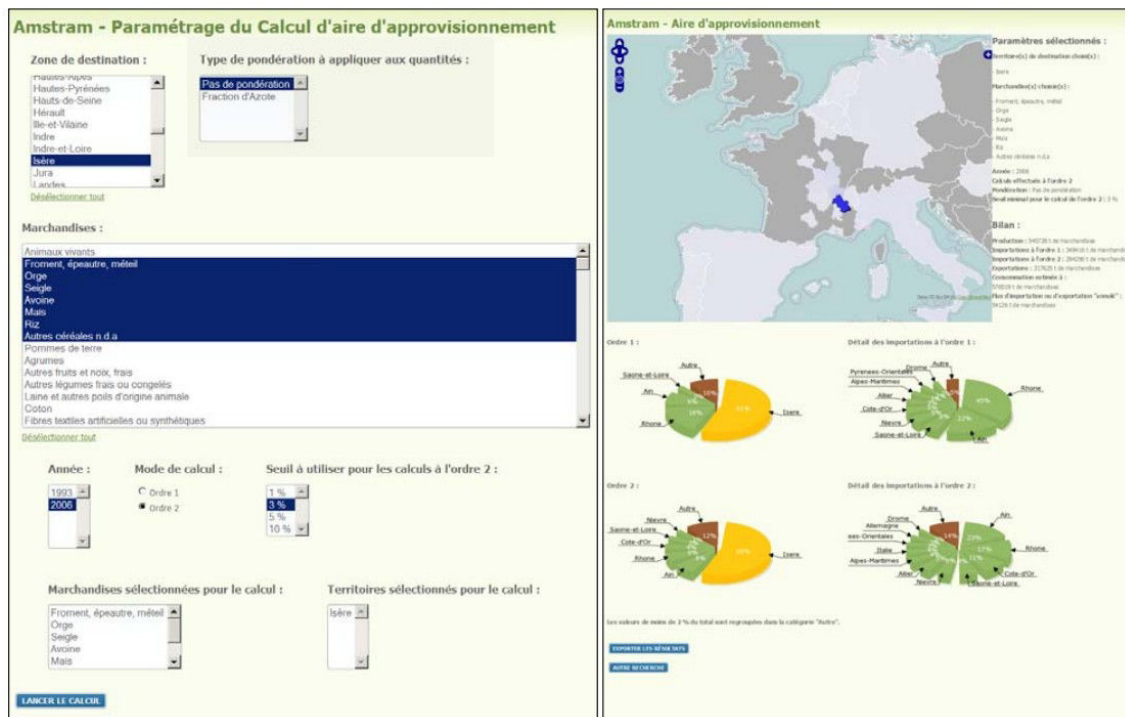


Figure 23: Interfaces du logiciel Amstram, source : [BILLEN, 2008]

Il permet de visualiser les aires d'approvisionnement en marchandises d'un territoire donné et établit un classement des principaux contributeurs à cet approvisionnement.

Des objets géographiques peuvent aussi être considérés, tels les bâtiments (avec leur implantation, hauteur, surface au sol, destination), les réseaux (routiers, ferroviaires, électriques...), les cours d'eau, pâturages, forêts, participant à la caractérisation des

propriétés physiques ou fonctionnelles du territoire. L'ensemble de ces informations est rassemblé (ou rassemblable) dans des bases de données ajoutant donc une dimension spatiale et géographique de plus en plus sollicitée et mise en œuvre. L'usage de ces objets permet de répondre à des questions très précises et demande à la fois une technicité particulière dans le maniement des outils dédiés en plus d'une bonne appréhension des concepts en jeu. Par exemple, dans le domaine de l'évaluation des stocks de matériaux de construction dans le bâti, le projet ASURET dirigé par le BRGM utilise massivement des objets géographiques et des informations de la base de données topographique de l'IGN (Bd Topo) pour calculer des surfaces de plancher et en déduire des stocks de matière. Sur un périmètre géographique défini, la modélisation des objets « bâtiments » permet de définir une estimation de la surface de plancher qui sert de base au calcul des matériaux stockés.

Le développement de l'information géographique autorise maintenant l'observation d'objets susceptibles de faire avancer la problématique. Deux bases permettent à priori de s'intéresser à l'activité industrielle au travers de l'information géographique : Corine Land Cover et la BD Topo de l'IGN. En vue de l'établissement du potentiel d'écologie industrielle, ces deux bases de données ont été évaluées.

La base Corine Land Cover

La base Corine Land Cover [CGDD, 2009] est un projet de l'Agence Européenne de l'Environnement (<http://www.eea.europa.eu>) qui caractérise l'occupation biophysique des sols. Pour la France, ce travail est effectué par photointerprétation humaine par le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) du ministère de l'Écologie. Une première version datant de 2000 et une mise à jour en 2006 permettent de suivre les évolutions de l'occupation des sols selon une nomenclature partagée par l'ensemble de l'Union Européenne (hors DOM TOM).

Tableau 7: Nomenclature Corine Land Cover

<p>1 Territoires artificialisés</p> <p>11 Zones urbanisées</p> <p>111 Tissu urbain continu</p> <p>112 Tissu urbain discontinu</p> <p>12 Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication</p> <p>121 Zones industrielles ou commerciales</p> <p>122 Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés</p> <p>123 Zones portuaires</p> <p>124 Aéroports</p> <p>13 Mines, décharges et chantiers</p> <p>131 Extraction de matériaux</p> <p>132 Décharges</p> <p>133 Chantiers</p> <p>14 Espaces verts artificialisés, non agricoles</p> <p>141 Espaces verts urbains</p> <p>142 Equipements sportifs et de loisirs</p> <p>4 Zones Humides</p> <p>41 Zones humides intérieures</p> <p>411 Marais intérieurs</p> <p>412 Tourbières</p> <p>42 Zones humides maritimes</p> <p>421 Marais maritimes</p> <p>422 Marais salants</p> <p>423 Zones intertidales</p>	<p>2 Territoires agricoles</p> <p>21 Terres arables</p> <p>211 Terres arables hors périmètres d'irrigation</p> <p>212 Périmètres irrigués en permanence</p> <p>213 Rizières</p> <p>22 Cultures permanentes</p> <p>221 Vignobles</p> <p>222 Vergers et petits fruits</p> <p>223 Oliveraies</p> <p>23 Prairies</p> <p>231 Prairies</p> <p>24 Zones agricoles hétérogènes</p> <p>241 Cultures annuelles associées aux cultures permanentes</p> <p>242 Systèmes culturaux et parcellaires complexes</p> <p>243 Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces</p> <p>244 Territoires agroforestiers</p> <p>5 Surfaces en eau</p> <p>51 Eaux continentales</p> <p>511 Cours et voies d'eau</p> <p>512 Plans d'eau</p> <p>52 Eaux maritimes</p> <p>521 Lagunes littorales</p> <p>522 Estuaires</p> <p>523 Mers et océans</p>	<p>3 Forêts et milieux semi-naturels</p> <p>31 Forêts</p> <p>311 Forêts de feuillus</p> <p>312 Forêts de conifères</p> <p>313 Forêts mélangées</p> <p>32 Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée</p> <p>321 Pelouses et pâturages naturels</p> <p>322 Landes et broussailles</p> <p>323 Végétation sclérophylle</p> <p>324 Forêts et végétation arbustive en mutation</p> <p>33 Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation</p> <p>331 Plages, dunes et sables</p> <p>332 Roches nues</p> <p>333 Végétation clairsemée</p> <p>334 Zones incendiées</p> <p>335 Glaciers et neiges éternelles</p>
---	--	---

De cette nomenclature, sur trois niveaux, une composante « 12 Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication » permet déjà de qualifier une géographie pour la détection a priori de l'activité industrielle. La composante « 121 Zones industrielles ou commerciales » est encore plus précise et l'hypothèse est émise qu'elle permet de refléter, même indirectement la matérialité de la zone qu'elle qualifie : afin de déterminer si une commune est plus propice au déploiement d'une démarche d'écologie industrielle qu'une autre, une comparaison des surfaces « industrielles », en valeur absolue ou en ratio, permet d'établir un classement reflétant les potentiels respectifs.

Malheureusement, cette hypothèse se heurte à la méthode de qualification du territoire qui est employée et qui ne permet pas d'établir l'état réel de l'activité et sa matérialité.

Considérer qu'une occupation des sols est du type : "zone industrielle", ne permet pas de préciser si elle est active ou juste l'héritage bâti d'un historique industriel. De plus, les zones considérées (25ha) ne permettent pas de finement découper le territoire. Dans des zones « mixtes » en termes d'occupation du sol, le plus représentatif l'emporte. Sur la restitution que le Géoportail de l'IGN fait de la base Corine Land Cover (CLC) pour le nord de l'Ile de France dans la figure suivante (Gennevilliers, Villeneuve la Garenne, L'Ile-Saint-Denis), une large part de la carte est considérée comme étant constituée de zones d'activités, y compris le parc départemental des Chanteraines (75 ha). Plus de 50% de Villeneuve la Garenne correspondrait à une zone industrielle, ce qui n'est pas le cas. La pointe sud de l'Ile-Saint-Denis est aussi qualifiée de zone industrielle ce qui ne correspond qu'en partie à la réalité puisque 50 % à peine de cette surface devrait, suite à des vérifications effectuées sur place, être affectés à cette catégorie, la majorité de la surface étant soit occupée par des installations sportives, soit occupée par des logements.

Au-delà de la précision modérée dans la qualification de l'occupation du sol, les bâtiments industriels vides sont considérés et aucune distinction n'est opérée concernant le caractère industriel à proprement parler de l'activité, existante ou ayant existé : les friches industrielles tout comme les activités tertiaires mobilisant peu de matière sont intégrées.

De plus, en 2014, les données CLC disponibles datent de 2006 et ne reflètent pas les évolutions nombreuses sur des territoires soumis à de forts renouvellements tels que la Seine-Saint-Denis.

L'utilisation des informations contenues dans la base Corine Land Cover ne permet donc pas la construction d'un potentiel d'écologie industrielle pour distinguer les territoires entre eux en termes d'industries réellement installées.

La base de données Topographique de l'IGN (BD Topo)

Selon l'IGN, la BD TOPO « *fournit une information en 3 dimensions à tous les acteurs de la gestion et de l'aménagement du territoire, pour analyser, situer et représenter tout*

type de données dans leur contexte géographique». Elle est composée d'objets géométriques géolocalisés (surfaces, segments, points) qui représentent, entre autres, le relief, le réseau routier, les voies ferrées, les réseaux de transport d'énergie, l'hydrographie, le bâti, la végétation, les entités administratives et les zones d'activités [IGN, 2014]. La finesse des données est bien meilleure que pour la base Corine Land Cover, la précision est métrique. « La BD TOPO® sert de référence pour la localisation de l'information thématique relative aux problématiques d'aménagement, d'environnement ou d'urbanisme. Elle est le socle nécessaire au fonctionnement des systèmes d'information des collectivités locales de la commune à la région. ».[IGN, 2014, p5].

Au niveau de la fréquence de mise à jour, elle suit un cycle de six mois à cinq ans en fonction des éléments. La qualification des objets est plus fine, pour les bâtiments, leur caractère industriel, commercial ou agricole est défini. De la même façon, concernant les zones d'activités, leur vocation industrielle est distinguée. Dans la figure suivante, concernant Villeneuve la Garenne, le parc départemental des Chanteraines n'est pas comptabilisé en tant que zone industrielle. La moitié Sud de L'Ile-Saint-Denis correspond aussi à la réalité du terrain, même si un des deux grands bâtiments identifiés a été détruit courant 2013.

Cette finesse dans la destination des éléments géographiques à disposition ne tient cependant toujours pas compte de la réalité de l'activité dans ces zones et bâtiments. Les mêmes biais que pour la base Corine Land Cover sont rencontrés. Malgré ses qualités et tous les services qu'elle apporte dans beaucoup de secteurs, la **BD TOPO ne permet donc pas la construction d'un potentiel d'écologie industrielle permettant de distinguer les territoires entre eux en termes de matérialité.**

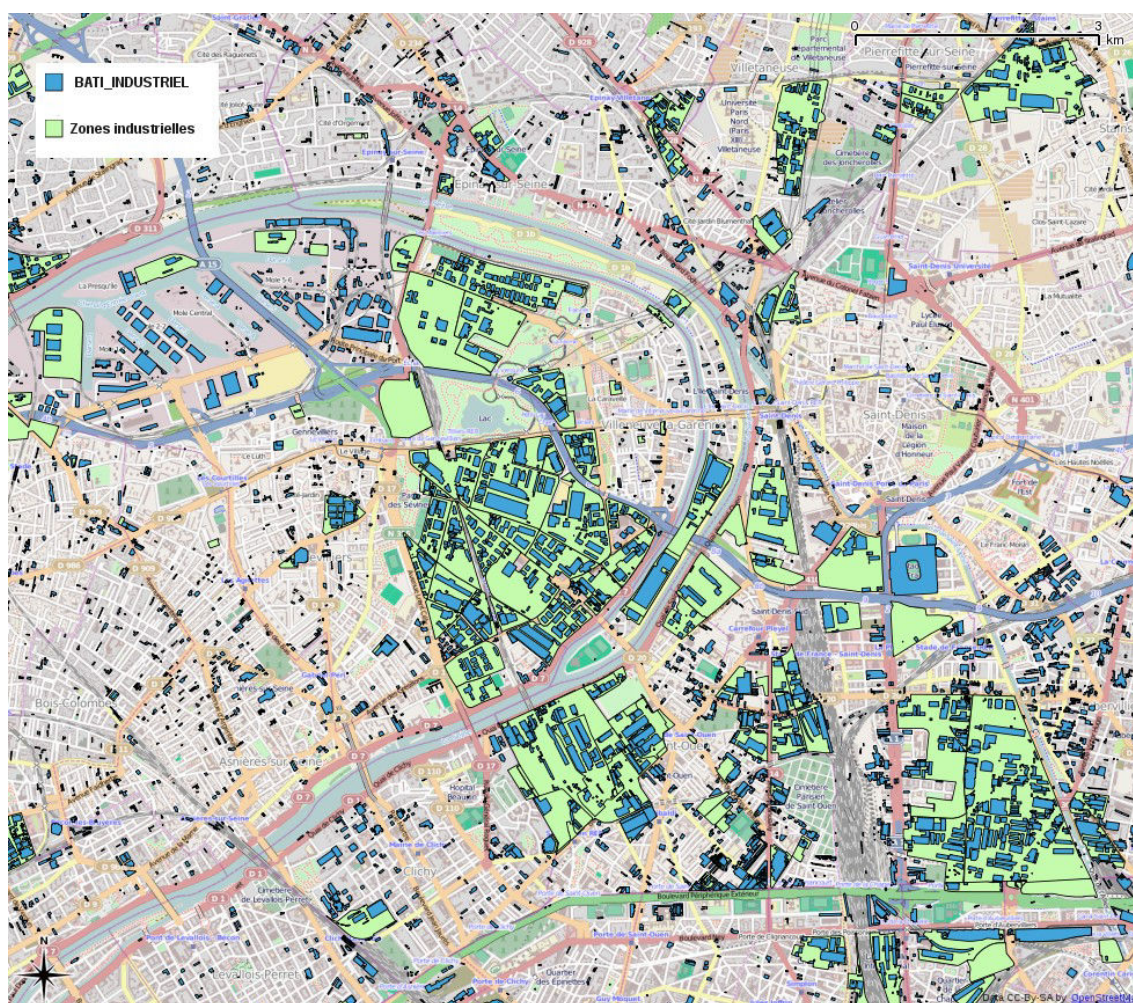


Figure 24: BD TOPO : Bâtiments et zones industrielles au Nord de Paris, source IGN

Conclusion

Les bases de données géographiques constituées par des relevés et une interprétation, aussi perfectionnée soient elles, des images aériennes ou satellites n'apportent pas les informations nécessaires à l'établissement d'un potentiel d'écologie industrielle. Ces informations permettent cependant de répondre au cas par cas à des interrogations très précises pour la mise en œuvre de synergies au quotidien (*la conduite à construire traverse-telle une voie ferrée ?*) et à l'aménagement en général.

En ce qui concerne la disponibilité de ces données, la base Corine Land Cover est librement diffusée par l'Agence Européenne pour l'environnement dans un format

« vecteur »³⁸ directement téléchargeable. La BD TOPO de l'IGN est disponible pour des activités de recherche et le service public mais n'est pas librement utilisable en général.³⁹

3.3 L'approche par l'information administrative

S'appuyer sur des informations géographiques courantes pour établir un potentiel d'écologie industrielle s'étant avéré vain, un examen des sources alternatives disponibles est effectué.

L'utilisation d'une base de données proche du Registre du Commerce et des Sociétés (RCS) tel qu'entretenu par les Chambres de Commerce et d'Industrie (CCI) a déjà été éprouvée. Les entreprises y étaient qualifiées par un code activité par rapport auxquels des hypothèses de flux mis en œuvre étaient formulées. Devant le foisonnement de résultats virtuels à vérifier et majoritairement faux, ce type d'approche a été abandonné, le code activité ne permettant donc pas d'affecter un bilan de flux représentatif. La définition des bilans de flux par code de la Nomenclature d'Activités Française (NAF) avait été effectuée via une bibliographie secteur par secteur en se basant sur les procédés que l'on y rencontre, centrée sur le cœur de métier. Il n'apparaît pas d'éléments de dimensionnement, chiffre d'affaire, nombre d'employés, surface des locaux, permettant de cibler et prioriser les vérifications qui poursuivent la démarche.

Depuis, une quarantaine de démarches ont été menées sur le territoire français, toutes ne correspondent pas à des démarches de recherches de symbioses selon la méthode « traditionnelle » (environ 25 démarches territoriales), est il possible alors de s'appuyer sur les bilans de flux réalisés pour une approche statistique plus performante ? Nous avons pu réunir environ 300 bilans de flux d'entreprises, dont 80 personnellement réalisés, établis sur une douzaine de démarches étant donné que nous fournissons les outils informatiques pour les mettre en œuvre (PRESTEO). Alexandre Dain, chargé de mission écologie industrielle au sein du pôle éco-industries de Poitou-Charente, dispose en janvier 2014 d'environ 100 bilans de flux susceptibles d'être, un fois rendus

38 <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-2>

39 Le coût d'acquisition de la BD TOPO est de 160 000 € pour une couverture du territoire national, autour de 5000 € pour un département, la rendant de fait inaccessible et limitant son emploi malgré son potentiel très important.

anonymes, intégrés au corpus. L'ensemble représente a minima la moitié des visites d'entreprises réalisées selon une méthode standard au niveau de la France. Malgré cette somme de données compilées, un constat s'impose vite : aucun code NAF ne se voit assez représenté pour une étude statistique. Une étude répartissant les bilans au premier niveau de la nomenclature, présentant 21 sections, n'est pas non plus envisageable faute de réelle représentativité à ce niveau. Pour conclure, cette approche à partir des codes NAF et de bilans réels demande que soit établi un corpus beaucoup plus vaste et partageant un référentiel commun au niveau des flux relevés même si une requalification a posteriori peut être réalisée pour cela.

Un nouveau panorama des pistes à explorer a alors été effectué, établi d'après les pistes de recherche rencontrées au fil de la bibliographie sur le domaine.

Une première piste est très directement inspirée de l'ouvrage d'André Guillerme sur la naissance de l'industrie à Paris [GUILLERME, 2007]. Avec force détails, il établit un panorama de l'activité parisienne et son évolution en se basant sur des rapports des conseils de salubrité de la ville de Paris. Ces conseils de salubrité, équivalents des DREAL actuelles, ont, par l'élaboration de rapports détaillés et nombreux, conservés dans les archives départementales, un historique très riche de l'activité sur le territoire. Ils sont exploités parmi d'autres sources afin d'établir un Inventaire Historique Régional (IHR) mené dans chaque département et qui a pour but d'identifier des sites industriels et activités de service, en activité ou non, pouvant avoir occasionné une pollution des sols.. Le BRGM entretient, complète et met à jour la base de données résultante : la banque de données d'anciens sites industriels et activités de services (BASIAS), dont la création lui a été confiée par un arrêté du 10 décembre 1998 (J.O. Numéro 89 du 16 Avril 1999 page 5645).

Deux autres pistes sont fournies par Cyrille Harpet et Christophe Blavot dans Technique de l'Ingénieur et concernent les données fournies par le Registre des Émissions Polluantes (bases IREP) et la base des Installations Classées à la Protection de l'Environnement (ICPE). Bien qu'estimées peu exploitables dans leur article, ces deux bases de données présentent l'avantage de refléter une réalité de l'activité industrielle qui manquait dans les explorations précédentes. La première permet directement le

dimensionnement et la localisation de flux associés à des entreprises et correspond a priori exactement au besoin. Dans le cas de la seconde, nous émettons l'hypothèse que les installations classées permettent de mettre en avant des capacités de traitement de flux et sont représentatives du potentiel d'écologie industrielle. Cette hypothèse est inspirée du travail sur de comparaison des niveaux de développement économique de 1810 à 1910 par Paul Bairoch: sur la partie industrielle, au-delà des consommations directes disponibles (coton, fonte), il se base sur des indices indirects, le développement des chemins de fer, la consommation de houille (avec prudence) et la force motrice installée dans l'industrie [BAIROCH, 1965]. La force motrice est pour lui ce que l'on peut « considérer comme le plus représentatif du niveau du développement industriel » [BAIROCH, 1965, p1108] en excluant les machines employées dans les transports. A défaut d'obtenir une information directe sur les flux de matière, l'hypothèse de travailler sur les installations mises en œuvre pour les traiter se justifie.

La dernière piste est induite de la proximité historique de l'écologie industrielle avec le domaine du risque industriel, en émettant l'hypothèse que la réalisation du risque est corrélée à l'activité industrielle et donc indirectement à la matérialité. La réalisation du risque industriel se matérialise dans la base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents), entretenue par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels (BARPI) au sein de la Direction Générale de la Prévention des Risques du ministère du Développement durable.

Pour ces quatre pistes, les modalités de construction de ces informations, leur couverture territoriale, les apports qu'elles peuvent constituer dans le domaine sont considérés en vue de déterminer si elles peuvent servir de base à la construction d'un potentiel d'écologie industrielle.

3.4 BASIAS

La base de données BASIAS, quelques-fois confondue avec la base de données des sols pollués (BASOL) qui en est une déclinaison restreinte aux sites pollués (5543 sites en France métropolitaine et outre-mer), est le fruit de l'établissement de l'Inventaire Historique Régional. Elle compile des informations en provenance de sources variées, des archives départementales aux annuaires téléphoniques.

Sa couverture du territoire est encore partielle comme le montre la figure 25 et le format des données n'est pas facilement exploitable en l'état.

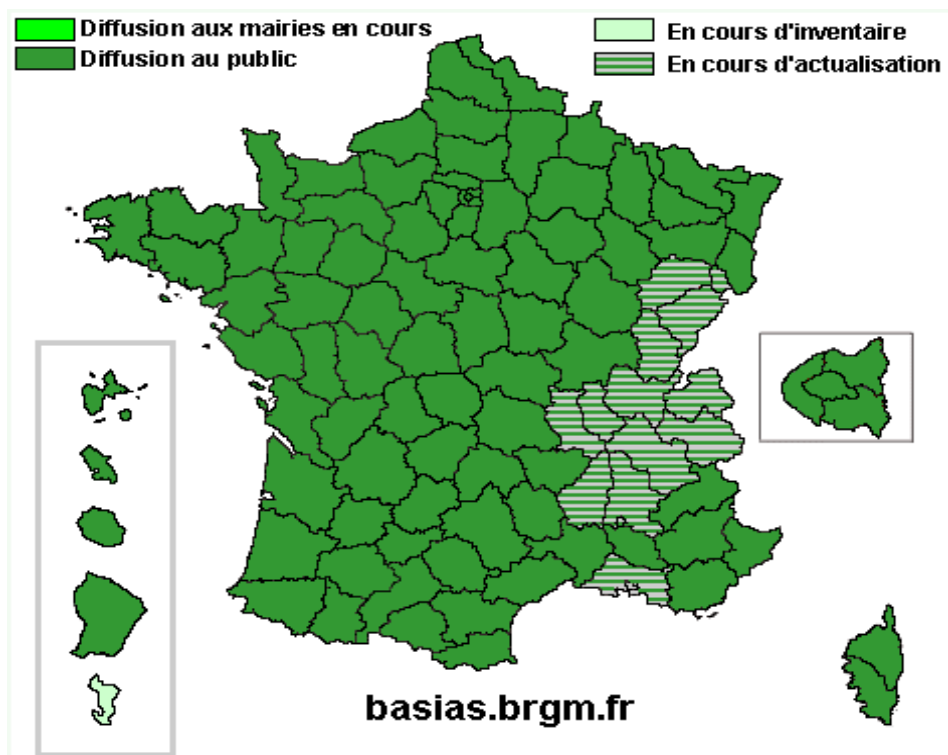


Figure 25: Couverture de l'inventaire BASIAS en 2014, source: BRGM

La base présente un ensemble de sites, géolocalisés pour la plupart, département par département, avec une fiche de synthèse présentant les dates de début et fin d'activité, un code d'activité, complétée par une fiche détaillée pouvant comporter l'historique commenté des sociétés, propriétaires, activités, matières principalement travaillées, impacts réglementaires et suivi des autorités. Une fiche exemple est fournie en annexe II pour illustrer la richesse de ces contenus.

Ces diverses fiches sont dans un format non adapté à une exploitation directe dans une base de données structurée permettant des traitements statistiques. Nous avons développé un agent de récupération distant⁴⁰ pour en lire automatiquement le contenu et le retranscrire dans une base de données exploitable. Cet agent a fonctionné en deux

⁴⁰ L'agent est un programme autonome comparable à un robot d'indexation à la différence qu'il ne s'agit pas ici d'analyse textuelle pour déterminer des catégories ou mots clefs mais la transcription des données d'une structure préalablement analysée (les fiches) vers une base de données relationnelle.

passes, la première pour l'acquisition des fiches de synthèses, la seconde pour l'acquisition des fiches détaillées. Le serveur source (site BRGM) s'étant révélé fragile lors de sollicitations trop rapprochées, un cadencement a été mis en place pour éviter l'effondrement (concrètement sa mise hors service). La récupération des fiches de synthèse a été effectuée en 2,5 jours, la récupération des fiches détaillées a demandé près de 40 jours.

La justification de la prise en compte de cette source était basée sur des consultations aléatoires dans les contenus pour en vérifier la qualité et l'éventuelle adéquation avec le besoin exprimé. La restructuration dans une base de données et quelques vérifications simples mais générales ont permis d'invalider très rapidement l'hypothèse établie: la base ARIA recense 239 763 sites sur le territoire, 41 136 sites n'ont pas de date de début d'activité déclarée, 46 922 sites ont une date de début d'activité située en 1111, les autres se situant, à notre grande surprise, entre 1045 et 9145.

En restreignant à l'intervalle temporel à 1800-2010, la « natalité » des activités est représentée dans la figure 26..



Figure 26: Distribution des sites par début d'activité, Source : BRGM/BASIAS

Cette natalité des sites industriels permet à première vue de distinguer les deux guerres mondiales, les trente glorieuses, le choc pétrolier de 1973 et un déclin industriel à partir des années 1980. Cependant, des pics en 1992 et 1998, associés avec les seulement 11 sites entrés en activité en 2010, les 38 en 2009 posent à nouveau la question la qualité

des données récoltées, d'autant que concernant les dates de fin d'activité, les résultats sont tout aussi surprenants : la tendance est à la fermeture au bout d'un an, les activités sont déclarées débutant au premier janvier de l'année n et terminant le 31 décembre de la même année.

De par le caractère incomplet de sa couverture et les nombreuses aberrations rencontrées dans le corpus, cette base de données pourtant très riche et particulièrement bien géolocalisée ne permet pas l'établissement d'un potentiel d'écologie industrielle tel que défini précédemment. Néanmoins, une reprise minutieuse, au cas par cas, permet de localement se faire une bonne idée de l'histoire industrielle dans laquelle une démarche territoriale se situe. Cette composante historique n'est pas neutre lors des interventions sur le terrain et les développements possibles à partir de la BASIAS sont nombreux, pour situer l'émergence de secteurs, de spécialisations territoriales comme par exemple le développement de l'électricité, du gaz, de la vapeur et de l'air conditionné dans les départements en Île-de-France dans la figure 27, et dont les données, quand elles sont utilisées à des fins statistiques, sont donc à considérer avec prudence.

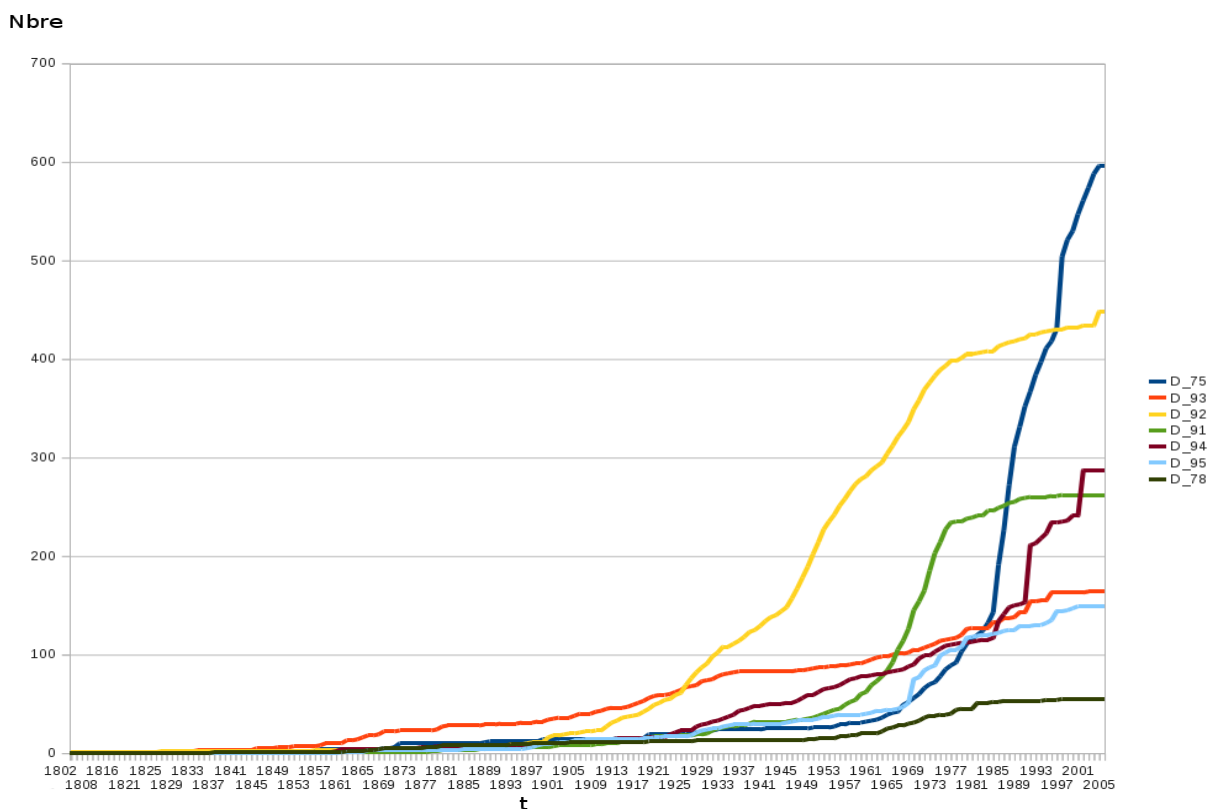


Figure 27: Production distribution d'électricité, gaz, vapeur et air conditionné par département (IDF), Natalité cumulée par département (D_ numéro du département), source BRGM/BASIAS

3.5 IREP

Le Service des Risques Technologiques de la Direction Générale de la Prévention des Risques du ministère de l'Écologie, du Développement Durable, et de l'Énergie publie sur internet le registre des rejets et des transferts de polluants (RRTP), inventaire national basé sur les déclarations des exploitants de sites. Les rejets considérés concernent des substances particulièrement toxiques mais aussi des déchets dangereux ou non et les prélèvements d'eau. Elle est, entre autres, utilisée pour l'établissement du registre national CO2 et sert de base légale aux engagements de la France en matière d'environnement. La couverture est donc nationale.

Cette base compte 12 661 établissements recensés pour 2012, avec la présence des établissements de la Défense Nationale, en général très discrets voire invisibles⁴¹.

⁴¹ La base de Défense de Nancy a participé à la démarche d'écologie industrielle toulousaine en 2012 que nous avons menée en intégrant un régiment du Train (logistique) et une base aérienne dans les participants. Dans la recherche de participants, cet employeur, le plus conséquent sur la zone étudiée,

Rapporté au nombre de départements, le nombre moyen d'établissements est acceptable, d'autant plus que tous les établissements de la base sont correctement géolocalisés (coordonnées ponctuelles, code commune, code postal).

Étant donnée sa définition, les flux entrants, en dehors des prélèvements en eau, sont absents, l'hypothèse qu'ils sont proportionnels aux flux sortants est émise. Les flux de déchets sont catégorisés en déchets non dangereux (DND) et déchets dangereux. A priori, la construction d'un potentiel d'écologie industrielle peut se baser sur ces flux sortants.

Cette base de données consultable en ligne est aussi téléchargeable⁴² dans un format adapté à son intégration dans une base de données tierce et sa mise à jour est régulière.

La base IREP a donc été intégrée dans une base de données locales afin d'établir en premier lieu sa « consistance » et sa réelle représentativité : en effet, toutes les fiches d'établissements ne comprennent pas de flux sortants, certaines sont concentrées uniquement sur des substances spécifiques ou les rejets d'eau sans considérer les autres déchets, le bilan est très partiel, orienté sur la dangerosité des substances. Pour ce faire, sur l'année 2011, les déchets dangereux et non dangereux ont été consolidés par établissement et un premier dénombrement effectué.

Le nombre d'établissements déclarant des déchets dangereux est de 5 434 et celui déclarant les déchets non dangereux reflétant une activité plus générale n'est que de 1 287 établissements. Devant ce constat, l'hypothèse de sa représentativité est abandonnée sans pour autant négliger l'apport de connaissances que cette base peut constituer pour le territoire: tout d'abord il est impossible d'établir une corrélation directe entre les volumes de flux dangereux et ceux plus généralement en circulation, puis, avec une moyenne d'une cinquantaine d'établissements par département, la vision offerte est très partielle.

L'étude bibliographique précédant la visite des sites industriels ne peut que s'enrichir par la prise en compte des éléments déclarés dans cette base.

n'avait simplement pas été identifié a priori par les membres du Comité de Pilotage du fait du peu de lien des activités de Défense avec l'extérieur (collectivités, CCI,...).

42 L'adresse de téléchargement est <http://www.irep.Écologie.gouv.fr/IREP/index.php>

3.6 ICPE

Dans la pratique française, l'écologie industrielle est historiquement liée au risque technologique. La première démarche d'écologie industrielle menée à Dunkerque regroupe des activités particulièrement polluantes et à risque. Un des premiers postes créés en France lié à l'écologie industrielle dans l'association Orée comprenait des missions autour du risque et de l'écologie industrielle : chargé de mission risques et écologie industrielle. En 2013, les Rencontres de Fos, historiquement orientées autour du risque industriel, prirent comme thématique l'écologie industrielle. Cette relation entre praticiens de l'écologie industrielle et de la gestion du risque industriel peut s'expliquer de plusieurs façons.

Une première explication vient du fait que les activités « à risque » nécessitent des études d'impact sur le territoire, la mise en œuvre de procédures de concertation, de contrôles, qui développent, sans parler d'une culture de l'ouverture, a minima de démarches collectives, qui constituent la base des démarches d'écologie industrielle. Le fardeau réglementaire commun aux entreprises installées sur une zone d'activité SEVESO nécessite un minimum de relations.

Une deuxième explication vient de la nécessaire technicité autour de la connaissance des procédés qui se retrouve dans la formation des praticiens de la gestion du risque comme de l'écologie industrielle. L'Université de Technologie de Troyes dont sont issues les premières vagues de praticiens de l'écologie industrielle est avant tout une école d'ingénieurs pour l'industrie, en génie des systèmes industriels, génie mécanique ou génie de systèmes d'information.

Cette proximité se traduit aussi de façon implicite au cours des démarches territoriales dans le choix des entreprises à solliciter : les membres du comité de pilotage, collectivités locales, chambres consulaires, institutions, proposent dans le périmètre envisagé un certain nombre de participants. Le nombre d'employés constitue un des premiers marqueurs susceptibles d'identifier une entreprise intéressante en tant que participante, mais il n'y a pas spécifiquement de méthode structurée pour choisir tel ou tel établissement. Au fil des démarches, il apparaît que les établissements privilégiés sont surtout des entreprises inscrites dans le registre des installations classées, sachant qu'est considérée comme installation classée : « Toute exploitation industrielle ou

agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains est une installation classée. »⁴³

La base ICPE référence donc les établissements dont l'activité ou l'utilisation de certaines substances entraîne un risque pour l'environnement ou la santé publique.

Chaque établissement, localisé par un code postal et une commune, est caractérisé par un certain nombre de rubriques correspondant chacune à une obligation déclarative ou une autorisation accordée pour l'exploitation d'une installation, la détention d'un stock, soumis à la réglementation. La réglementation est progressive selon les quantités et puissances installées mais relativement large. Un circuit de refroidissement, un stock de gazole, une certaine quantité de carton d'emballage stockée, une chaudière industrielle: chacun a droit à une rubrique. La typologie des rubriques permet de couvrir un vaste champ d'activités et de substances.

A l'instar de Paul Bairoch qui voit dans la force motrice par habitant un indice indirect de développement industriel pour discriminer les pays, l'hypothèse émise ici est que la densité de ces installations est représentative de l'activité industrielle et agricole sur le territoire et peut servir de base d'un potentiel d'écologie industrielle. La base des ICPE permet a priori de disposer de données quantitatives concernant des puissances et des stocks, elle va donc au-delà de la force motrice et peut avoir une base élargie.

De part la couverture nationale complète (réglementaire) et le nombre conséquent d'établissements recensés (environ 46 000), le corpus répond aux exigences primaires de l'exercice.

Les données concernant ces établissements sont librement accessibles sur internet⁴⁴. Leur format n'est pas structuré dans le sens où il n'est pas directement exploitable dans une base de données, permettant une interrogation et la création de statistiques. Les établissements soumis à des déclarations de rejets polluants tels que considérés dans la base IREP, permettent de joindre les données des deux bases.

La première étape a donc consisté en la reprise systématique des données du site et à leur adaptation dans un format exploitable, toujours au moyen d'un robot développé à cette occasion. Les données ont été récupérées courant novembre 2012 et cette étape

43 <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Definition.html>, consulté le 12 décembre 2012

44 <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr> consulté le 12 décembre 2012

d'acquisition a duré une dizaine de jours.

Un dénombrement simple permet de déterminer, qu'au niveau national, les 142 000 rubriques ICPE se répartissent dans 46 000 établissements, soit une moyenne de 3,05 rubriques ICPE par établissement.

La première approche consiste à étudier la distribution des établissements sur le territoire, sans considération des rubriques liées à ces établissements et à un niveau régional. Il en résulte le tableau et la figure suivants représentant le classement des régions par nombre d'établissements et la représentation cartographique qui en résulte.

Tableau 8: Classement des régions par nbre d'établissements ICPE

	Région	Nbre étab
1	BRETAGNE	8587
2	RHONE-ALPES	4437
3	PAYS DE LA LOIRE	4029
4	AQUITAINE	2587
5	ILE DE FRANCE	2438
6	CENTRE	2231
7	MIDI-PYRENEES	2049
8	NORD PAS-DE-CALAIS	2042
9	POITOU-CHARENTES	1779
10	FRANCHE-COMTE	1658
11	PICARDIE	1601
12	LANGUEDOC-ROUSSILLON	1556
13	CHAMPAGNE-ARDENNE	1399
14	ALSACE	1378
15	PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	1336
16	BOURGOGNE	1322
17	BASSE NORMANDIE	1276
18	AUVERGNE	1240
19	LORRAINE	1233
20	HAUTE NORMANDIE	1134

21	LIMOUSIN	536
22	REUNION	187
23	GUADELOUPE	119
24	CORSE	113
25	GUYANE	105
26	MARTINIQUE	81

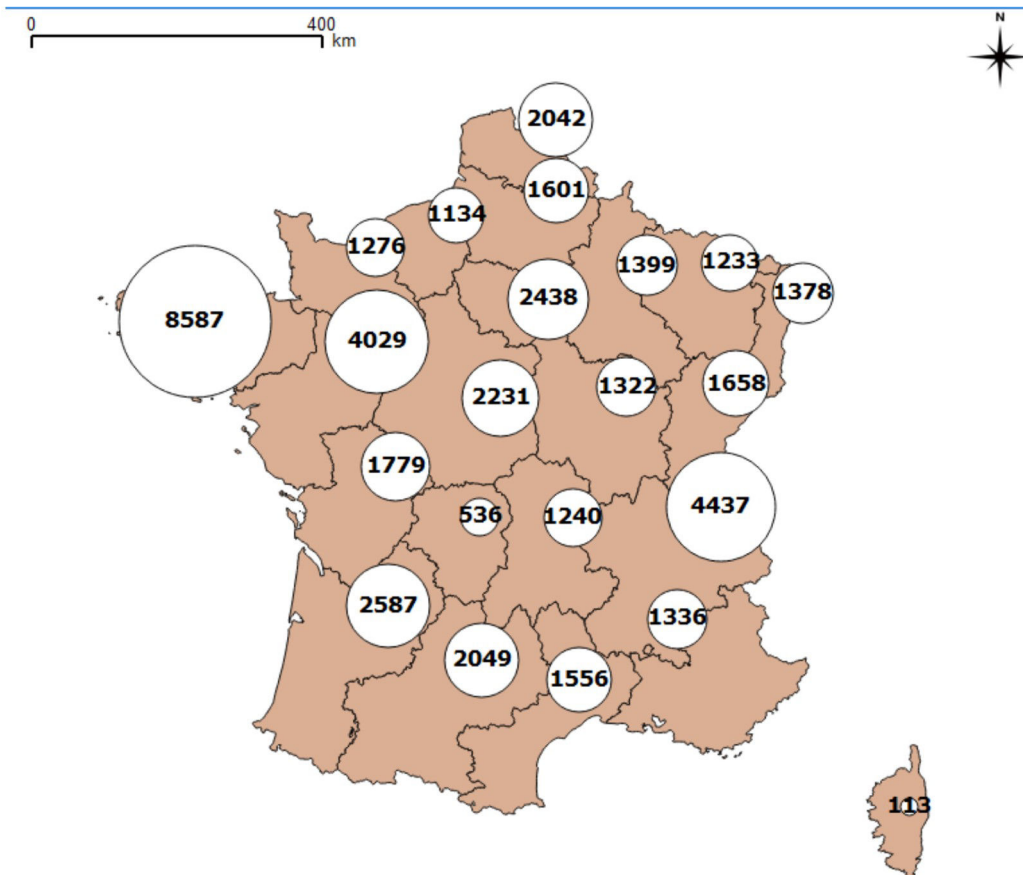


Figure 28: Établissements ICPE par région, source: voir texte

En nombre d'établissements, la région Bretagne arrive en tête suivie de Rhône-Alpes, ce qui peut a priori surprendre. En considérant non plus le nombre d'établissement mais celui de rubriques pour chaque région, une inversion des deux premières places se fait sans pour autant expliquer la présence de la région Bretagne à ce niveau de classement (tableau et figure suivants).

Tableau 9: Classement des régions par nbre de rubriques ICPE

	Région	Etab	Rubrique	Rub/Etab
1	CHAMPAGNE-ARDENNE	1 399	7 003	5,01
2	LORRAINE	1 233	5 792	4,7
3	NORD PAS-DE-CALAIS	2 042	9 292	4,55
4	HAUTE NORMANDIE	1 134	5 050	4,45
5	PICARDIE	1 601	6 914	4,32
6	MARTINIQUE	81	335	4,14
7	ILE DE FRANCE	2 438	9 762	4
8	CENTRE	2 231	8 810	3,95
9	ALSACE	1 378	5 160	3,74
10	PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	1 336	4 726	3,54
11	BOURGOGNE	1 322	4 466	3,38
12	LIMOUSIN	536	1 809	3,38
13	AUVERGNE	1 240	4 122	3,32
14	AQUITAINE	2 587	8 547	3,3
15	RHONE-ALPES	4 437	14 553	3,28
16	FRANCHE-COMTE	1 658	5 245	3,16
17	POITOU-CHARENTES	1 779	5 418	3,05
18	CORSE	113	327	2,89
19	BASSE NORMANDIE	1 276	3 524	2,76
20	GUYANE	105	282	2,69
21	MIDI-PYRENEES	2 049	5 495	2,68
22	LANGUEDOC-ROUSSILLON	1 556	4 137	2,66
23	GUADELOUPE	119	309	2,6
24	REUNION	187	443	2,37
25	PAYS DE LA LOIRE	4 029	8 454	2,1
26	BRETAGNE	8 587	12 082	1,41
	Moyenne	46 453	142 057	3,06

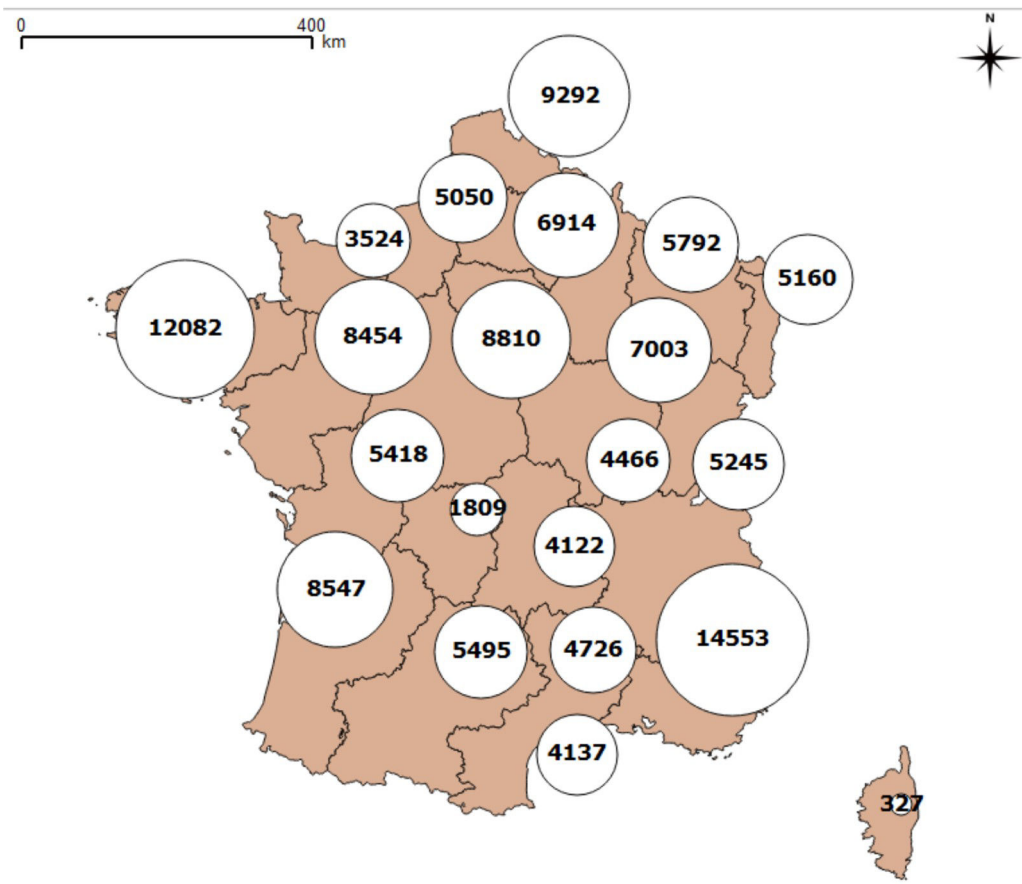


Figure 29: Rubriques ICPE par région, source: voir texte

En s'interrogeant sur le nombre de rubriques ICPE par établissement (tableau suivant), le classement est tout autre, la région Bretagne mais aussi la région Pays de la Loire se retrouvent en fin de classement avec respectivement 1,41 et 2,10 rubriques par établissement alors que les régions les mieux classées se trouvent dans une fourchette de 4 à 5 rubriques par établissements.

Tableau 10: Régions par densité des établissements

	Région	Etab	Rubrique	Rub/Etab
1	CHAMPAGNE-ARDENNE	1 399	7 003	5,01
2	LORRAINE	1 233	5 792	4,7
3	NORD PAS-DE-CALAIS	2 042	9 292	4,55
4	HAUTE NORMANDIE	1 134	5 050	4,45
5	PICARDIE	1 601	6 914	4,32
6	MARTINIQUE	81	335	4,14
7	ILE DE FRANCE	2 438	9 762	4
8	CENTRE	2 231	8 810	3,95
9	ALSACE	1 378	5 160	3,74
10	PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	1 336	4 726	3,54
11	BOURGOGNE	1 322	4 466	3,38
12	LIMOUSIN	536	1 809	3,38
13	AUVERGNE	1 240	4 122	3,32
14	AQUITAINE	2 587	8 547	3,3
15	RHONE-ALPES	4 437	14 553	3,28
16	FRANCHE-COMTE	1 658	5 245	3,16
17	POITOU-CHARENTES	1 779	5 418	3,05
18	CORSE	113	327	2,89
19	BASSE NORMANDIE	1 276	3 524	2,76
20	GUYANE	105	282	2,69
21	MIDI-PYRENEES	2 049	5 495	2,68
22	LANGUEDOC-ROUSSILLON	1 556	4 137	2,66
23	GUADELOUPE	119	309	2,6
24	REUNION	187	443	2,37
25	PAYS DE LA LOIRE	4 029	8 454	2,1
26	BRETAGNE	8 587	12 082	1,41
	Moyenne	46 453	142 057	3,06

Bretagne et Pays de la Loire se distinguent donc par un grand nombre de « petits » établissements alors que la Champagne Ardenne, la Lorraine, le Nord, la Picardie, se

distinguent par des établissements à l'impact environnemental (au sens ICPE) plus important.

En examinant les rubriques ICPE les plus représentées pour chaque région, la vocation agricole (élevage de porcs et de bovins) de la Bretagne et des Pays de la Loire apparaît très distinctement alors que pour Rhône-Alpes et Picardie, ce sont les installations de combustion, les stocks de liquides inflammables, les installations de compression qui sont en première place, caractérisant un profil industriel plus classique (tableau suivant).

Tableau 11: Classement des rubriques par région

	Bretagne	Pays de la Loire	Rhône Alpes	Picardie
1	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	Combustion (installation de)	Combustion (installation de)
2	Bovins (élevage, vente, transit, etc)	Bovins (élevage, vente, transit, etc)	Liquides inflammables (stockage)	Liquides inflammables (stockage)
3	Combustion (installation de)	Combustion (installation de)	Réfrigération ou compression (installation de) pression >10E5 Pa	Réfrigération ou compression (installation de) pression >10E5 Pa
4	Liquides inflammables (stockage)	Liquides inflammables (stockage)	Papiers, cartons ou analogues (dépôt de) hors ERP	Papiers, cartons ou analogues (dépôt de) hors ERP
5	Ammoniac (emploi ou stockage)	Vernis, peinture, colle, ... (application, cuisson, séchage)	Métaux et matières plastiques (Traitement des)	Entrepôts couvert (à l'exclusion des 1511)
6	Carrières (exploitation de)	Papiers, cartons ou analogues (dépôt de) hors ERP	Métaux et alliages (travail mécanique des)	Gaz inflammables liquéfiés (stockage)
7	Réfrigération ou compression (installation de) pression >10E5 Pa	Carrières (exploitation de)	Métaux (stockage, activité de récupération)	Métaux et alliages (travail mécanique des)
8	Liquides inflammables (installation de remplissage distribution)	Réfrigération ou compression (installation de) pression >10E5 Pa	Broyage, concassage, criblage... de déchets non dangereux inertes	Liquides inflammables (installation de remplissage distribution)

9	Broyage, concassage, criblage, etc des substances végétales	Broyage, concassage, criblage... déchets non dangereux inertes	Carrières (exploitation de)	Polymères (stockage de)
10	Papiers, cartons ou analogues (dépôt de) hors ERP	Liquides inflammables (installation de remplissage distribution)	Entrepôts couverts (à l'exclusion des 1511)	Toxiques (emploi ou stockage)

Ces premières expérimentations mises en œuvre sur la base des installations classées au niveau régional permettent de distinguer les régions les unes par rapport aux autres, en considérant les rubriques, tant d'un point de vue quantitatif que d'un point de vue qualitatif. Le nombre d'établissements enregistrés et la couverture correcte du territoire national permettent de considérer que cette base est à même de fournir des informations pour apprécier correctement le potentiel d'un territoire par rapport à un autre en matière de matérialité et de construire un potentiel d'écologie industrielle discriminant.

Cette base présente aussi l'avantage de ne considérer que des établissements a priori encore actifs.

3.7 ARIA

La prise en compte du risque industriel n'est pas récente, le contrôle des risques via les réglementations concernant les établissements dont l'activité est susceptible de causer des nuisances est déjà établi à la fin du 18^e siècle [GUILLERME, 2007], la base des Installations Classées précédemment considérée en est d'ailleurs un héritage. La réalisation de ce risque est donc elle aussi très suivie et l'accidentologie doit, a priori, elle aussi traduire des enjeux semblables même s'ils dépassent la matérialité principalement recherchée.

En France, au «sein de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère du développement durable, le Bureau d'Analyse des risques et Pollutions Industriels (BARPI) est chargé de rassembler et de diffuser les informations et le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques.»⁴⁵. Le BARPI, créé en 1992,

⁴⁵ <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/le-BARPI--5183.html>

recense les accidents technologiques en vue de retours d'expériences, d'analyse et d'améliorations. Il maintient la base de données ARIA. (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) consultable en ligne⁴⁶. Un moteur de recherche assez fin en permet une consultation mais les données ne sont fournies que sous la forme de fiches « internet » et non dans un format directement exploitable en termes de base de données. A noter qu'au delà des accidents ayant eu lieu sur le territoire national, la base ARIA comprend aussi quelques événements majeurs ayant eu lieu à l'étranger. De nombreux comptes-rendus richement illustrés ainsi que des analyses, comparatifs et retours d'expériences viennent compléter ce travail de recensement et apportent des éclairages intéressants sur la thématique.

La littérature consacrée à l'écologie industrielle ne fait pas mention de démarche d'écologie industrielle spécialement dirigée par le risque industriel ou la survenue d'accidents technologiques. Pourtant, de par les participants aux démarches, dans une bonne proportion des sites industriels importants, classés, voire SEVESO, la notion de risque industriel n'est pas loin et commune aux participants. La classification européenne des accidents technologiques qui considère dans ses impacts les rejets de produits dangereux, les impacts humains, environnementaux et économiques, entretient une proximité avec les enjeux de l'écologie industrielle.

Il apparaît alors un intérêt à considérer ce que peut apporter l'analyse de l'accidentologie industrielle pour deux raisons principales :

- pour identifier des zones géographiques présentant des enjeux en vue d'une intervention collective visant à faire diminuer la sinistralité,
- pour s'approprier le contexte territorial lors d'interventions sur le terrain, avoir une connaissance de l'historique susceptible de guider le comportement des différents acteurs, entre industriels mais aussi vis à vis de la population lors de démarches de concertation par exemple.

Ainsi, une question se pose concernant la survenue des accidents technologiques: les données issues des observations du BARPI reflètent-elles géographiquement l'activité industrielle ? Est ce que considérer la survenue des accidents technologiques sur un

⁴⁶ <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/index.html>

territoire peut permettre de mieux en appréhender les problématiques d'activité industrielle et de matérialité?

Dans un premier temps, une compréhension de la base ARIA selon les modalités de sa constitution et sa représentativité sur le plan de l'activité industrielle voire territoriale permet de vérifier l'hypothèse de l'utilisabilité. Ensuite, grâce à une exploitation sur deux territoires différents, la valeur ajoutée de son utilisation dans le cadre de l'écologie industrielle proprement dite est analysée.

Une première étape de reprise systématique de ces fiches « accident » a tout d'abord été effectuée via la réalisation d'un robot qui a récupéré (en cinq jours) et remis dans un format exploitable informatiquement l'ensemble des événements ayant eu lieu sur le territoire français, soient 36 821 événements.

Une deuxième étape a considéré la survenue des accidents au fil du temps : de très nettes variations sont directement observables (figure suivante).

Comment expliquer les très fortes variations observables à la hausse pour les périodes [1986-1990], [1993-1996] et [2001-2004] et surtout à la baisse pour [2004-2006] : sont elles liées à des règlements ou des lois qui se traduisent par la prise en compte de ces événements? Sont elles liées à des phénomènes particuliers de type climatique ? A une hausse des activités des catégories concernées ?

Le directeur du BARPI, Mr Simon-Pierre Eury⁴⁷, a été interrogé sur ces fluctuations, et les explique par le fonctionnement interne du service et indique d'autres biais qui n'avaient pas été constatés.

Concernant les variations anciennes, de 1993 à 1996, il s'agit de la mise en place de la collecte et de son amélioration. Les données précédentes sont issues des bases de données des pompiers qui ont été resaisies et analysées, des fonds de dossiers et des données des DRIRE. Rhône-Alpes est surreprésentée car ce furent des données de cette région qui ont servis à amorcer la base ARIA.

47 Entretien du 30/08/2013

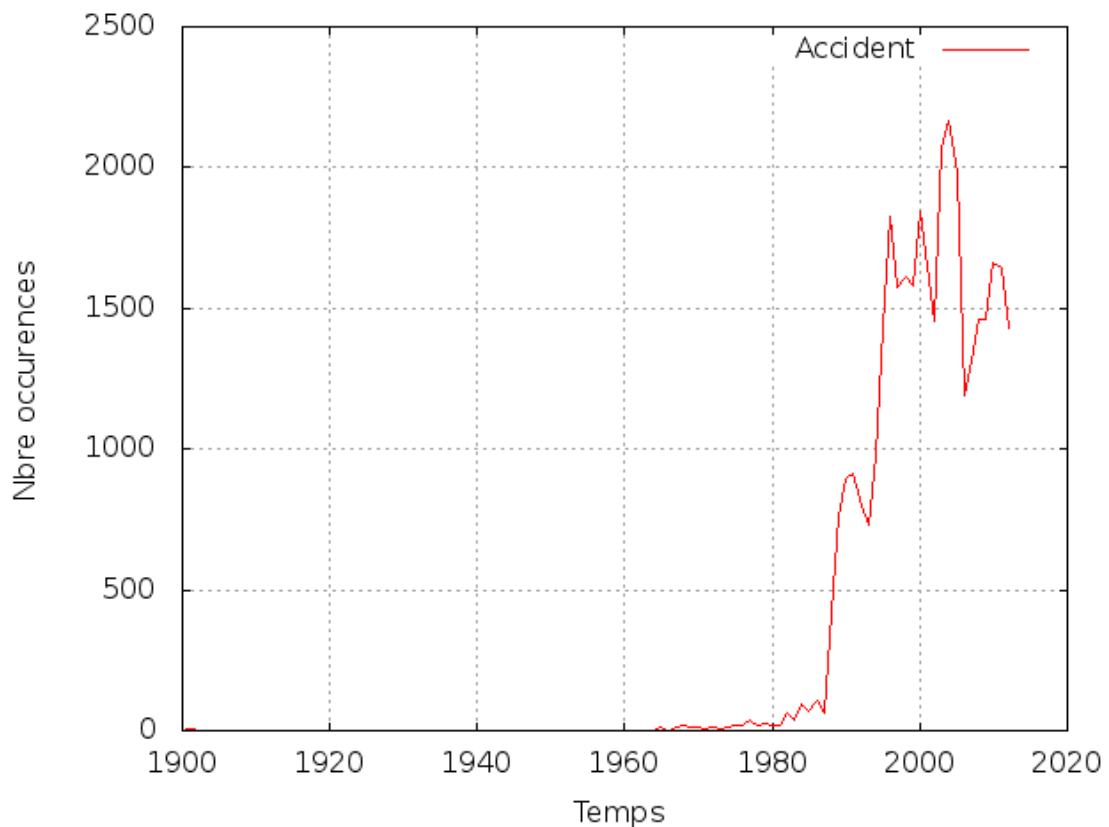


Figure 30: Évolution des observations d'accidents technologiques, source : voir texte

Pour la période 2001-2004, les fortes variations sont liées à deux facteurs internes (remplacement du chef de service et mise en place du site internet de collecte) et à un facteur externe : la catastrophe d'AZF le 21 septembre 2001 à Toulouse.

La baisse constatée en 2004-2006 est expliquée par l'intégration de nouveaux effectifs et par la nécessité de leur formation qui a mobilisé les effectifs existants.

De 2008 à 2013, seules des modifications de périmètres expliquent les variations. Le périmètre réglementaire est jugé « stable » mais il y a un tournant « qualitatif » qui est en train d'être opéré en vue de générer du retour d'expérience plutôt que de la statistique brute.

Référencés par nature d'activité, les accidents survenus, de par les explications reçues précédemment ne permettent pas de pousser beaucoup plus loin l'analyse.

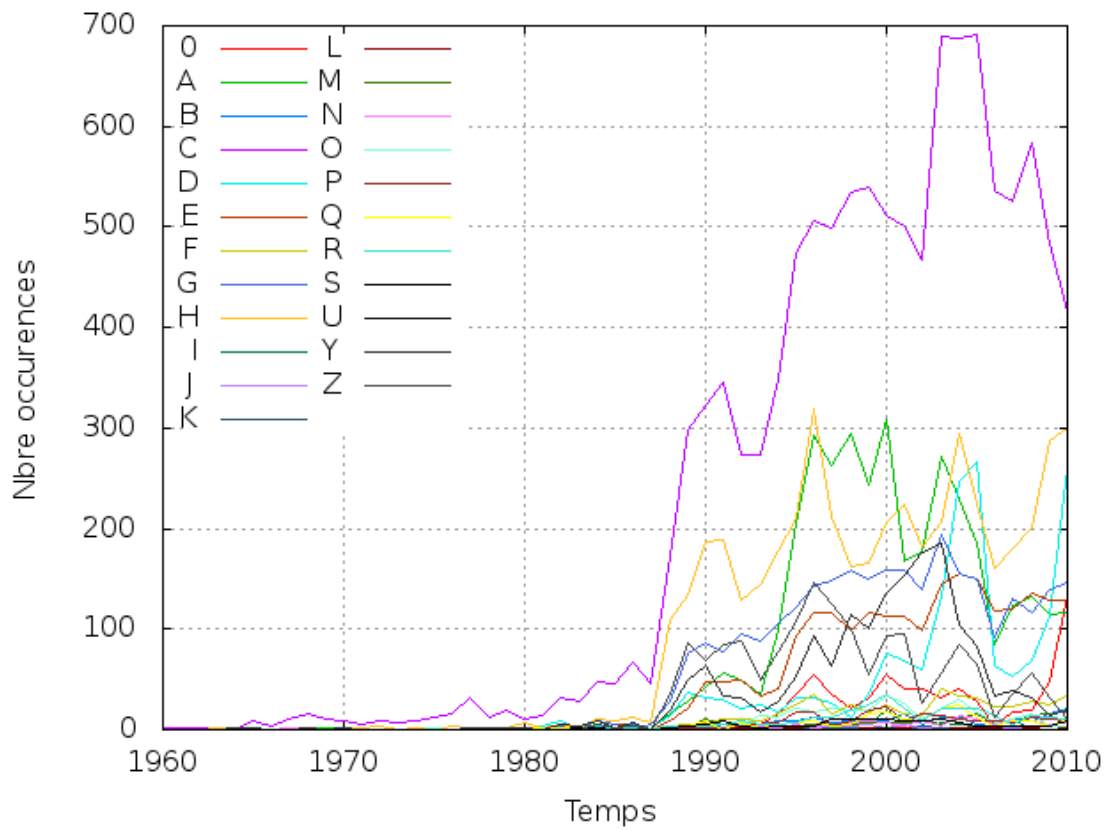


Figure 31: Répartitions des accidents technologiques par secteurs d'activités, source : voir texte

- 0 - Particuliers
- A - Agriculture, sylviculture et pêche
- B - Industries extractives
- C - Industrie manufacturière
- D - Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné
- E - Production et distribution d'eau ; assainissement, gestion des déchets et dépollution
- F - Construction
- G - Commerce ; réparation d'automobiles et de motocycles
- H - Transports et entreposage
- I - Hébergement et restauration
- J - Information et communication
- K - Activités financières et d'assurance
- L - Activités immobilières
- M - Activités spécialisées, scientifiques et techniques
- N - Activités de services administratifs et de soutien
- O - Administration publique
- P - Enseignement
- Q - Santé humaine et action sociale

- R - Arts, spectacles et activités récréatives
- S - Autres activités de services
- T - Activités des ménages en tant qu'employeurs ; activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens et services pour usage propre
- U - Activités extra-territoriales
- Y - Activité indéterminée
- Z - Origine inconnue

Il a été indiqué par Mr Eury qu'il n'y avait pas d'évolution notable en matière de survenue des accidents par secteur d'activité. La seule variation dans les observations concerne les accidents technologiques liés aux activités « déchets » dont l'augmentation dans la survenance des accidents est corrélable au développement de l'activité.

De même, la notation en fonction des critères européens et l'observation de la survenance des incidents catégorisés ainsi ne permet pas de dégager de tendances réelles.

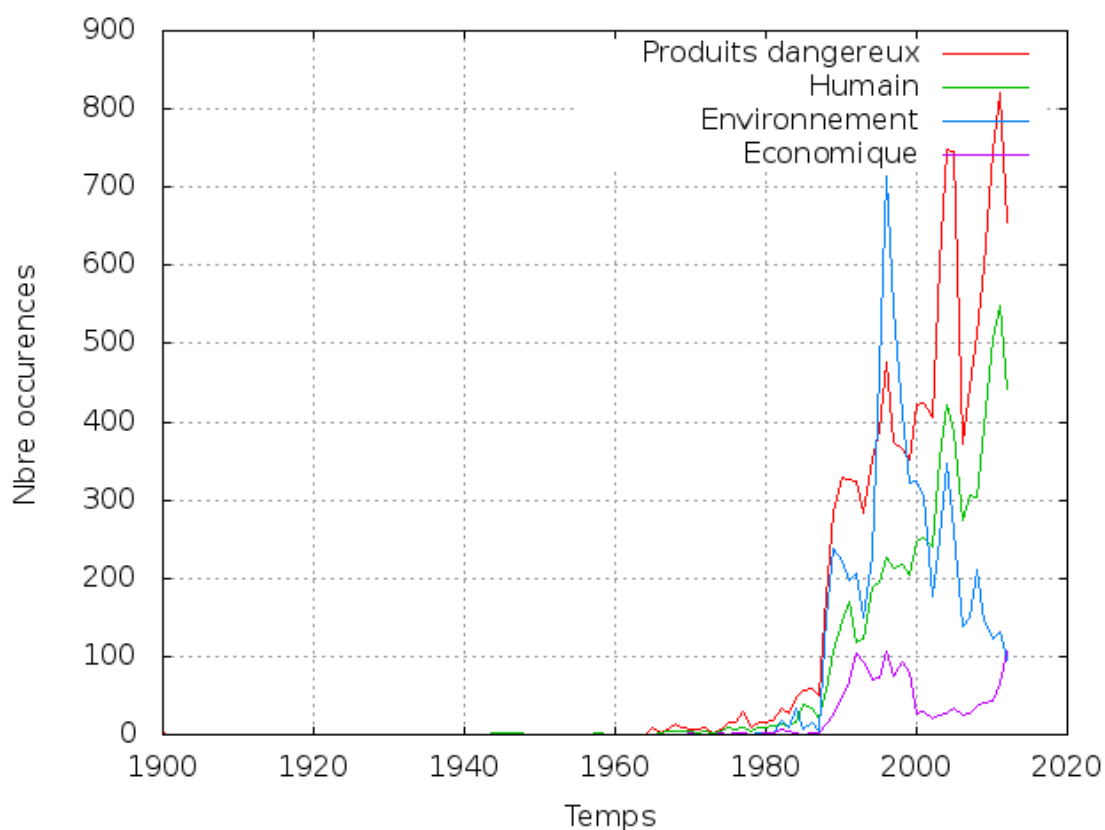


Figure 32: Accidents technologiques par impacts, source : voir texte

Au niveau géographique, en considérant la totalité des accidents par département depuis la création de la base ARIA ou uniquement depuis 2000, il apparaît effectivement comme annoncé par Mr Eury une sur-représentation de la région Rhône-Alpes mais pas uniquement pour les données d'amorçage de la base. Une bonne partie des observations de la période 2000-2013 est aussi concentrée sur le couloir rhodanien.

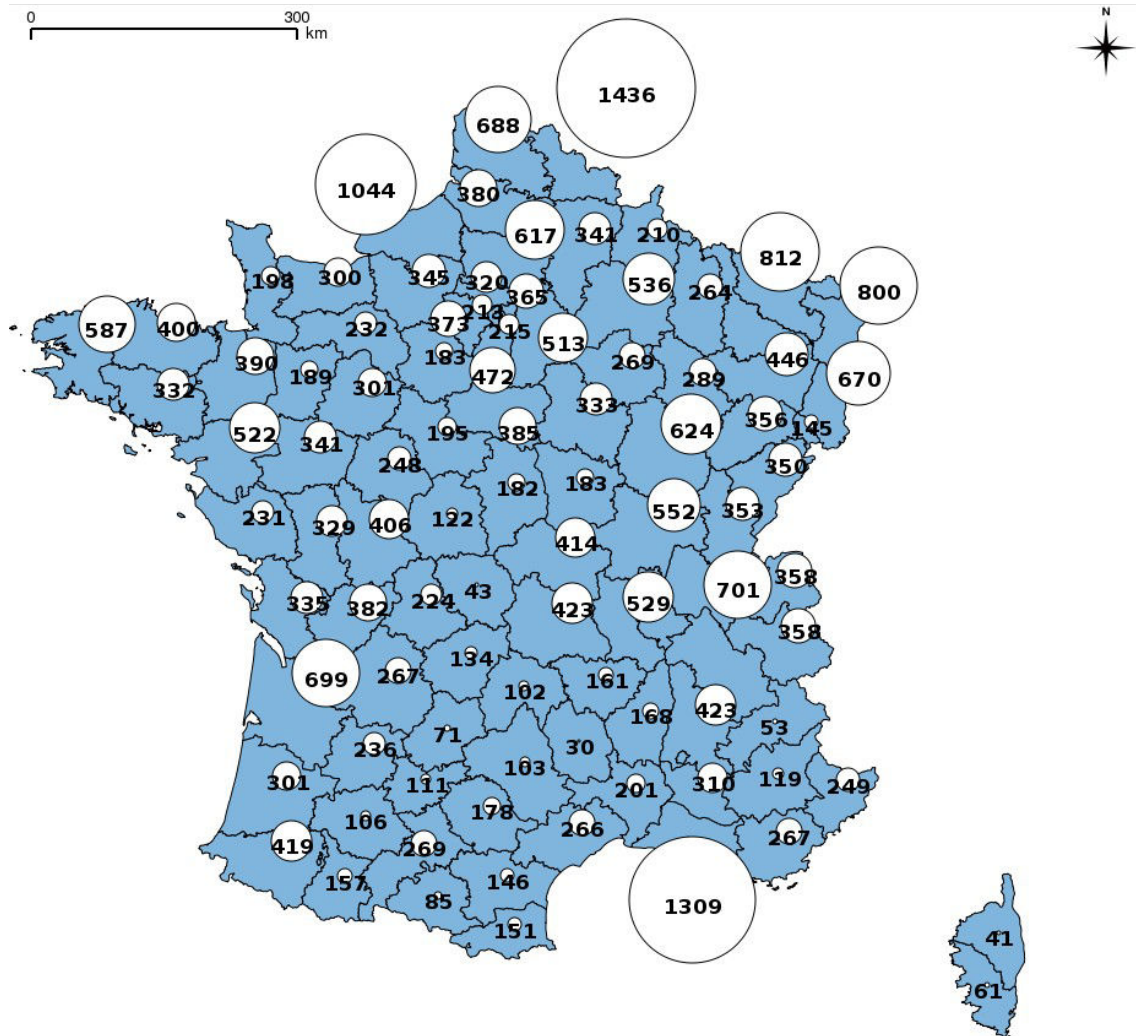


Figure 33: Les accidents technologiques par département (depuis création), source: voir texte

Ainsi, le volume de données est intéressant, et celles-ci sont localisées au niveau communal, sans faire référence à un acteur identifié (entreprise). La couverture géographique est annoncée inégale et le biais non mesuré. Pouvons nous cependant en

tirer des informations pour diriger une démarche d'écologie industrielle vers un territoire plutôt qu'un autre ?

En considérant au niveau national le classement des 30 localités les plus accidentogènes, on constate qu'une bonne partie est engagée dans des démarches d'écologie industrielle (Fos sur Mer, Dunkerque, Le Havre, Strasbourg, Amiens, Bordeaux, Le Grand-Quevilly, Petit-Couronne, Gonfreville l'Orcher, Lille).

Tableau 12: Classement national des localités par accidentologie

dépt	commune	nbre d'accidents
13	FOS-SUR-MER	190
13	MARTIGUES	184
13	MARSEILLE	127
75	PARIS	120
69	LYON	106
67	STRASBOURG	82
76	GONFREVILLE-L'ORCHER	75
76	LE HAVRE	74
13	BERRE-L'ETANG	72
38	LE PONT-DE-CLAIX	60
31	TOULOUSE	58
80	AMIENS	57
69	FEYZIN	54
87	LIMOGES	50
33	BORDEAUX	49
51	REIMS	49
65	TARBES	49
59	LILLE	47
38	JARRIE	46
13	CHATEAUNEUF-LES-MARTIGUES	45
21	DIJON	45
76	NOTRE-DAME-DE-GRAVENCHON	43
84	SORGUES	41
4	CHATEAU-ARNOUX-SAINT-AUBAN	40
62	CALAIS	40
69	PIERRE-BENITE	40
29	BREST	39
76	LE GRAND-QUEVILLY	39
59	DUNKERQUE	38
76	PETIT-COURONNE	38

Les territoires ayant une forte survenue d'accidents technologiques ont donc manifesté un intérêt fort pour l'écologie industrielle. Au niveau national, si l'objectif d'un déploiement de l'écologie industrielle est guidé par une volonté de limiter les dommages de l'activité économique selon des critères environnementaux, sociaux et économiques, cette approche, très empirique, est susceptible de guider le choix des territoires cibles non pas directement en considérant la matérialité des activités mais selon des critères originaux et cependant cohérents avec les enjeux du développement durable. Cette approche est susceptible de prendre en compte une dimension humaine dont Nicols Buclet ne manque pas de souligner la relative absence dans le champs disciplinaire : « La démarche fait l'impasse sur un certain nombre d'enjeux, qu'il s'agisse des aspects sociaux de l'écologie industrielle ou de la question de la biodiversité » [BUCLET, 2011, p27].

Dans le cadre d'une action à un niveau géographique inférieur, la région ou bien le département, le même principe de priorisation peut il être utilisé ?

La Région Picardie a entamé un programme d'écologie industrielle qui se décline en deux démarches menées en parallèle sur les départements de l'Oise et de la Somme. Les deux zones ciblées sont Amiens Nord (80) et Villers-Saint-Paul (60). En se référant à l'accidentologie de ces deux départements, nous pouvons constater qu'Amiens arrive en priorité dans la Somme, et de très loin, tandis que la zone de Villers-Saint-Paul et les localités voisines (Montataire, Pont Sainte-Maxence, Creil, Verneuil-en-Halatte) regroupent elles aussi une grande partie des accidents technologiques.

Tableau 13: Classement accidentologie de la Somme depuis 2000

dépt	commune	nbre d'accidents
80	AMIENS	57
80	MESNIL-SAINT-NICAISE	13
80	ABBEVILLE	9
80	DOULLENS	8
80	EPPEVILLE	8

Tableau 14: Classement accidentologie de l'Oise depuis 2000

dept	commune	nbre d'accidents
60	BEAUVAIS	27
60	MONTATAIRE	15
60	PONT-SAINTE-MAXENCE	12
60	CREIL	10
60	CLAIROIX	9
60	VILLERS-SAINT-PAUL	9
60	COMPIEGNE	9
60	MERU	7
60	SAINT-MAXIMIN	7
60	NOYON	7
60	CREPY-EN-VALOIS	7
60	FITZ-JAMES	6
60	BRETEUIL	6
60	VERNEUIL-EN-HALATTE	6

Volontaire ou pas, dans le ciblage des zones d'intervention, la Région Picardie a donc orienté son dispositif vers des zones présentant le plus d'intérêt et d'enjeux au sens environnemental, économique et humain que l'exploitation de la base de données ARIA traduit correctement.

La deuxième utilisation des données concernant les accidents technologiques en matière d'écologie industrielle concerne la connaissance du territoire proprement dite, son histoire industrielle et spécialement les résistances et obstacles à l'avancement de projets que des incidents antérieurs sont susceptibles d'avoir développés. La conservation d'une mémoire structurée des incidents passés peut s'avérer très utile lors des interventions sur le terrain.

Au-delà du commanditaire de la démarche qui peut préciser le contexte territorial tout comme l'interview de personnalités et la consultation de la presse, les entreprises participant aux démarches d'écologie industrielle ne communiquent pas spontanément sur les éventuels événements marquants susceptibles d'interférer négativement avec la démarche. Elles ne communiquent pas car ce genre d'élément n'est pas explicitement demandé lors des diagnostics d'écologie industrielle, car les personnels se renouvelant, la mémoire collective peut disparaître, et finalement car cela ne va pas dans leur intérêt de porter à la lumière des nuisances dont elles sont éventuellement responsables.

Ainsi, la conservation de la connaissance des incidents permet d'anticiper les éventuels blocages, notamment lors des processus de concertation, afin de mieux comprendre les motivations des interlocuteurs. Cette phase préparatoire évitera par exemple la proposition de construction d'un barrage aux alentours de Fréjus.

Les événements étant classés par secteur d'activité, il est possible de rapidement avoir une idée des problématiques territoriales à enjeux, et ce, même si le territoire ne présente pas, ou plus, d'activité industrielle car la base ARIA répertorie des événements qui ne sont pas limités aux installations classées.

Par exemple, sur la commune de Modane en Savoie qui ne présente plus d'industries, la consultation des incidents technologiques permet de déterminer que des quatorze incidents répertoriés, douze concernent le transport de fret, en particulier ferroviaire, caractérisant une problématique forte autour du transport ferroviaire sur cette commune.

3.8 Conclusion

Les obligations déclaratives des entreprises et l'important travail historique et de documentation réalisé par les services de l'État ont permis d'établir des bases de données intéressantes pour la connaissance des territoires, sur des dimensions historiques, industrielles mais aussi environnementales et humaines. Ces bases de données sont souvent directement disponibles à la consultation sur internet sans pour autant permettre un minimum d'opérations statistiques permettant d'en éprouver les données. Cela nous a contraint à mettre en œuvre des robots spécifiques qui lisent,

interprètent et réorganisent l'information dans un format plus structuré, adapté. Ce n'est qu'une fois ces opérations d'acquisitions faites qu'apparaissent les qualités et défauts réels des corpus étudiés, en particulier les aberrations.

Une fois restructurées et leurs biais principaux connus, ces informations doivent pouvoir répondre aux questions posées dans la démarche d'écologie industrielle : OÙ se trouve le territoire représentant le plus d'intérêt ? QUI intégrer dans la démarche qui y est déployée ? Des sources étudiées (cf tableau 15), une se distingue particulièrement : la base des installations classées à la protection de l'environnement. Elle présente des qualités propres à servir de base à un potentiel d'écologie industrielle :

- Tout d'abord, le nombre des établissements qui la constituent est important (autour de 45 000); ils sont qualifiés avec une certaine finesse, tant sur les substances qu'ils déclarent mettre en œuvre que sur les installations sur site.
- Ensuite, cette base reflète une réalité instantanée : la durée de vie des autorisations permet d'éliminer celles qui ne sont pas renouvelées.
- Enfin, la couverture territoriale (nationale) et la localisation par code postal nous permettent de répondre à l'aspect géographique même si des améliorations sont toujours possibles comme l'utilisation de code commune ou une géolocalisation plus fine des établissements.

Pour nous, l'hypothèse selon laquelle les installations classées permettent de mettre en avant des capacités de traitement de flux et sont représentatives d'un potentiel d'écologie industrielle se vérifie. C'est à partir de cette source que constitue la base des ICPE que nous allons mettre en application ce principe.

Tableau 15: Intérêts et faiblesses des sources envisagées

Base de données	Intérêts	Points faibles
Bd Topo/CLC	Géographie physique,	Faible réalité de l'activité supposée
BASIAS	Histoire industrielle du territoire Bonne géolocalisation	Couverture partielle du territoire Structure des données complexes Qualité variable des données
IREP	Bonne géolocalisation (entreprises identifiées) Bilans très précis sur certains items Réalité des entreprises	Faible nombre d'entreprises Bilans partiels
ICPE	Réalité des entreprises (identifiées) Nombre d'établissements Détail des activités	Géolocalisation moyenne (code postal) Ne reflète pas exactement les flux mis en œuvre
ARIA	Dimensions humaines et environnementales Connaissance de enjeux du territoire	Couverture partielle du territoire Entreprises non identifiées

Tableau 16: Disponibilité des sources de données

Base de données	Disponibilité
Bd Topo	Format directement exploitable, Coût financier important hors Recherche ou service public
Corine Land Cover	Format directement exploitable, Librement téléchargeable
BASIAS	Format inadapté, très difficilement exploitable, reprise automatisée des données d'une grande complexité
IREP	Format directement exploitable, Librement téléchargeable
ICPE	Format difficilement exploitable, reprise automatisée réalisable Librement téléchargeable
ARIA	Format difficilement exploitable, reprise automatisée réalisable Librement téléchargeable

4 Application

Maintenant que la source de données principale est identifiée, son application est étudiée. Dans un premier temps, la mise en place proprement dite est traitée, dans un deuxième son évaluation, ses biais et ses principaux axes d'amélioration. Enfin, issus de retours d'expériences et de besoins rencontrés au fil de démarches réelles, les prolongements et autres exploitations de cette source dans le cadre des démarches d'écologie industrielle sont envisagés.

4.1 Disponibilité, structure et traitements mis en place

La base des installations classées à la protection de l'environnement se présente sur internet sous la forme d'un moteur de recherche et de listes de « fiches » détaillant chaque établissement et les rubriques (représentant chacune une obligation déclarative sur une substance ou un procédé). Ces fiches sont structurées sur un même format dont la lecture automatique est aisée.

La première étape consiste donc à procéder l'acquisition de l'ensemble des fiches à l'aide d'un robot développé pour l'occasion⁴⁸ et qui est lancé en tâche de fond le temps nécessaire à l'absorption des contenus. Chaque fiche ayant été aspirée est ensuite lue et les informations qu'elle contient restructurées dans une base de données relationnelle⁴⁹.

Le résultat obtenu est la liste de tous les établissements et de toutes les rubriques attachées dans un format interrogeable informatiquement en masse et propres à être réorganisées selon nos besoins.

Le potentiel d'écologie industrielle visant à détecter les terrains les plus propices les uns par rapport aux autres à la mise en œuvre d'une démarche d'écologie industrielle, l'essentiel de l'étape suivante consiste à consolider ces établissements et rubriques à différents niveaux géographiques. Il s'agit d'une géographie « administrative » ne reflétant que partiellement la géographie physique, d'autant que le code postal servant à la localisation des installations présente des limites en termes d'identification des localités (un code postal peut regrouper plusieurs communes, l'identifiant INSEE de référence est le Code Commune).

48 Langage utilisé : php v5

49 Base de données utilisée : MySQL v5

Les nombres d'établissements et de rubriques sont d'abord consolidés au niveau de chaque localité (ou plus précisément code postal), de chaque département et de chaque région.

Chaque niveau ainsi défini est ensuite repris pour qu'y soient déterminés :

- Le classement des entreprises présentant le plus grand nombre d'installations (rubriques), pour trouver les participants les plus intéressants.
- Le classement des installations les plus souvent rencontrées, pour qualifier le tissu industriel installé.
- Le classement des sous-niveaux administratifs les plus industrialisés, en nombre de rubriques et en établissements, pour déterminer l'orientation géographique de la démarche s'il est nécessaire de la concentrer.

Ainsi, pour une région, chaque département est qualifié selon son activité, en nombre d'établissements, de rubriques, en vue de pouvoir les distinguer les uns des autres.

Les départements :

Département	Nbre établissements	Nbre rubriques	Densité
74 - Haute Savoie ↗	410	1406	3.43
73 - Savoie ↗	309	1094	3.54
42 - Loire ↗	686	2021	2.95
26 - Drôme ↗	526	1309	2.49
69 - Rhône ↗	912	3374	3.70
07 - Ardèche ↗	219	626	2.86
01 - Ain ↗	597	1693	2.84
38 - Isère ↗	772	3036	3.93

Figure 34: PEI Rhône Alpes :les départements (non classés), source: auteur

Mais si le département peut représenter une entité au périmètre géographique trop large, le même travail est réalisé au niveau des communes. Seules les 50 plus industrialisées

sont présentées, avec leur nombre d'établissements et d'installations spécifiques.

Les communes

Commune	Nbre établissements	Nbre rubriques	Densité
42000 - ST ETIENNE ↗	71	215	3.03
38070 - ST QUENTIN FALLAVIER ↗	54	223	4.13
26800 - PORTES LES VALENCE ↗	50	144	2.88
69400 - VILLEFRANCHE SUR SAONE ↗	45	219	4.87
26120 - UPIE ↗	42	48	1.14
01150 - STE JULIE ↗	41	238	5.80
26300 - ST DIDIER DE CHARPEY ↗	41	62	1.51
01560 - VESCOURS ↗	40	45	1.13
26400 - VAUNAVEYS LA ROCHETTE ↗	39	47	1.21
73000 - SONNAZ ↗	39	160	4.10
69791 - ST PRIEST ↗	39	196	5.03
69791 - ST PRIEST ↗	39	196	5.03
69330 - PUSIGNAN ↗	39	163	4.18
42600 - ST PAUL D UZORE ↗	38	93	2.45
42110 - VALEILLE ↗	37	76	2.05
69960 - CORBAS ↗	33	99	3.00
01340 - ST DIDIER D AUSSIAT ↗	33	46	1.39
69007 - LYON 07 ↗	32	126	3.94
69200 - VENISSIEUX ↗	32	152	4.75

Figure 35: PEI Rhône Alpes :les communes, source: auteur

Si la concentration n'est pas recherchée, les 50 entreprises les plus importantes au sens

ICPE du terme sont alors présentées ainsi que le nombre d'installations qu'elles ont déclarées.

Les entreprises les plus importantes de la région

Nom	Commune	Nbre rubriques
ARKEMA - Usine de Pierre-Benite	PIERRE BENITE (69310)	48
SANOFI CHIMIE (ex Aventis Pharma)	NEUVILLE SUR SAONE (69250)	39
ARKEMA (Usine de Jarrie)	JARRIE (38560)	39
PERSTORP ex RHODIA OPER.	LE PONT DE CLAIX (38800)	35
SOITEC	BERNIN (38190)	30
SNF SAS ANDREZIEUX	ANDREZIEUX BOUTHEON (42160)	30
NOVASEP - FINORGA	CHASSE SUR RHONE (38670)	30
FABRICATION CHIMIQUE ARDECHOISE product	TOURNON SUR RHONE (07300)	30
ST MICROELECTRONICS	CROLLES (38920)	29
ALUMINIUM PECHINEY SA (USINE de ST JEAN)	ST JEAN DE MAURIENNE (73300)	28
BRIOCHE PASQUIER SUD	ETOILE SUR RHONE (26800)	28
RHODIA OPERATIONS (Roussillon)	ROUSSILLON (38150)	27
ISOCHEM	LE PONT DE CLAIX (38800)	26
TEFAL SA Les Granges'	RUMILLY (74150)	26
BASF Pharma (St Vulbas) SAS	ST VULBAS (01150)	25
SNCF -EIMM OULLINS	LA MULATIERE (69350)	23

Figure 36: PEI Rhône Alpes :les entreprises, source: auteur

Pour compléter le panorama, le classement des rubriques les plus représentées est opéré.

Les rubriques les plus rencontrées la région

Classement	Rubrique	Nbre
1	Combustion (installation de)	946
2	Liquides inflammables (stockage)	745
3	Réfrigération ou compression (installation de) pression >10E5 Pa	547
4	Papiers, cartons ou analogues (dépôt de) hors ERP	513
5	METAUX ET MATIERES PLASTIQUES (TRAITEMENT DES)	431
6	Métaux et alliages (travail mécanique des)	425
7	Métaux (stockage, activité de récupération)	409
8	Broyage, concassage, criblage... de pierres...autres minéraux...ou de déchets non dangereux inertes	409
9	CARRIERES(EXPLOITATION DE)	403
10	Entrepôts couvert (à l'exclusion des 1511)	399
11	Liquides inflammables (installation de remplissage distribution) non visées par la 1435)	398
12	Polymères (stockage de)	381
13	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	355
14	Vernis, peinture, colle, ... (application, cuisson, séchage)	341
15	Gaz inflammables liquéfiés (stockage)	300
16	MATIERES PLASTIQUES, CAOUTCHOUC...(EMPLOI OU REEMPLOI)	282
17	Pneumatiques, produits avec polymères>50%(stockage)	261

Figure 37: PEI Rhône Alpes :les installations, source: auteur

Le même type de résultats est disponible au niveau de chaque département et de chaque commune. Le choix d'un niveau inférieur peut alors se faire plus aisément en considérant l'aspect quantitatif (le nombre d'établissements et de rubriques) mais aussi qualitatif, en considérant les rubriques les plus représentées.

Le lien vers les établissements en lien de la rubrique et à un même niveau géographique

est aussi présent tout comme la fiche initiale des établissements mais cela n'apportant pas de nouveauté par rapport à la base des installations classées existantes, ces aspects là ne sont pas détaillés.

4.2 Évaluation

Reste à savoir si le système de « matching » proposé traduit les orientations des démarches passées ?

En ce qui concerne la démarche menée par le département de l'Aube, Grégory Lannou⁵⁰ interrogé plusieurs fois sur le sujet a indiqué que le choix des participants a été réalisé à partir du nombre de salariés dans les entreprises.

Avec le système de matching proposé, géographiquement, dans le département de l'Aube, c'est la zone d'Arcis sur Aube qui arrive en tête. La première entreprise en termes d'installations classées est Crystal Union. Cette entreprise, participante dans la démarche Auboise, a mis en œuvre une synergie autour du sable de nettoyage des betteraves, il est maintenant valorisé par une entreprise de BTP alors qu'auparavant il était considéré comme un déchet (et accessoirement un coût). La première entreprise au niveau départemental est la distillerie de Buchères DISLAUB qui elle aussi a mis en œuvre l'écologie industrielle dans la même démarche via distillation de solvants, pour les régénérer, l'opération ayant détecté un potentiel au niveau local.

En considérant la démarche d'écologie industrielle picarde, d'un point de vue géographique, la localité de l'Oise choisie par la Région Picardie, Villers-Saint-Paul, arrive à la neuvième place sur 80, et la localité de la Somme choisie par la région, Amiens, arrive première sur 74.

En considérant la démarche du CAPEMM en Meurthe-et-Moselle, à un niveau départemental, la localité choisie, Toul, est deuxième sur 74.

⁵⁰ Grégory LANNOU est ingénieur territorial au Conseil général de l'Aube, mis à disposition de l'Université de technologie de Troyes pour y faire du transfert de technologie. Il a participé à plusieurs projets d'écologie industrielle et assure la coordination du Club d'écologie industrielle de l'Aube.

Tableau 17: PEI des démarches françaises

Démarche	Position dans le matching départemental
Picardie – Villers-Saint-Paul	9 sur 80
Picardie - Amiens	1 sur 74
Meurthe & Moselle - Toul	2 sur 74
Le Havre	1 sur 89
Plaine Commune - Aubervilliers	4 sur 36
Dunkerque	4 sur 216
Vitré	2 sur 76

Les démarches d'écologie industrielle qui ont eu lieu sur le territoire national ont donc pris place dans des localités dont le potentiel d'écologie industrielle est important au niveau départemental comme en témoigne le tableau précédent. Cette corrélation entre les démarches passées et le potentiel d'écologie industrielle s'y vérifie très directement, les localités ayant mises en place des démarches figurant dans les meilleures places.

Au niveau de l'orientation géographique, le système est en accord avec les orientations qui ont été prises dans la majorité des démarches de référence en France. Non seulement il permet la détermination des localités sur lesquelles la mise en place de l'écologie industrielle a le plus d'impact mais il détermine aussi directement les acteurs importants à faire participer au prolongement par une analyse des flux de matière et d'énergie.

4.3 Les biais & limites

Parmi les biais manifestes, les rubriques à caractères agricoles, spécialement l'élevage, peuvent donner à des localités très rurales un potentiel d'écologie industrielle qu'il convient de relativiser. Le traitement des installations les plus représentées au sein d'une entité géographique permet de corriger des aberrations de cet ordre mais rend moins directe l'expression du potentiel et nécessite des vérifications à chaque choix.

Un autre biais concerne les établissements de Défense qui ne figurent pas dans la base des installations classées à la protection de l'environnement⁵¹. Les établissements de la Défense nationale sont soumis au même type d'autorisation et de déclarations mais leurs

⁵¹ Ils figurent par contre dans la base IREP.

dossiers sont gérés au niveau du ministère de la Défense. Pour avoir eu l'occasion d'auditer sur le plan bilan matière/énergie un régiment du Train (logistique) et une base aérienne dans la démarche toulousaine, nous pouvons affirmer que leurs bilans matière sont importants et qu'il est nécessaire de ne pas négliger leur présence sur les territoires malgré leur relative discrétion.

Une dernière faiblesse de notre réalisation est le découpage et les emboîtements très administratifs qui ont été pris en compte. Deux localités voisines mais dans des départements différents sont séparées dans l'absolu. Une approche spatiale par les proches voisins ou des agrégats plus pertinents doivent pouvoir apporter des réponses géographiques encore plus adaptés, prenant par exemple en compte des proximités liées aux transports. Dans le chapitre 4, une proposition basée sur la proximité est formulée : à partir de coordonnées géographiques et d'un rayon, les établissements sont identifiés. Cette réalisation présente un intérêt concret pour les territoires de projet pour mettre autour de la table les acteurs les plus pertinents sans pour autant correspondre à notre besoin d'orientation (le OU).

Ainsi, en répondant à la problématique énoncée, le potentiel d'écologie industrielle reflète une vision très jacobine et centralisatrice du développement des territoires.

4.4 Prolongements envisageables

La connaissance des établissements industriels et de leurs principales installations autorise à répondre aux questions principales du OU et du QUI posée par le potentiel d'écologie industrielle. Dans le cadre des démarches d'écologie industrielle, les informations ICPE récoltées peuvent aussi servir à renforcer certaines phases, que ce soit la préparation de visites comme la recherche de matières spécifiques.

La préparation des visites de terrain

Chaque visite d'établissement sur le terrain donne lieu à une préparation plus ou moins structurée. En général, la préparation se limite à la consultation du site internet de l'entreprise, éventuellement un approfondissement sur son secteur d'activité et, bien trop rarement, faute de l'avoir reçu, de la préparation effectuée par l'établissement lui-même et matérialisée par les grilles d'entretien fournies remplies. Les visites de sites se font

ensuite selon ces grilles d'entretien souvent vierges d'informations.

La préparation des entretiens en incluant la consultation de la base des installations classées permet de plus finement connaître l'activité et les flux, installations, qui sont parties prenantes. A titre expérimental, en 2013, sur un établissement classé, un entretien s'est effectué selon la méthode classique et s'est vu prolongé par le parcours des rubriques des installations classées déclarées par l'entreprise elle-même. Alors que l'entreprise déclarait a priori environ 200 000 t de matières entrantes (hors eau), la consultation des rubriques ICPE la concernant a permis d'identifier une matière oubliée dans le bilan, un acide, à hauteur de 60 000 t. Une erreur de plus de vingt cinq pour cents a donc été évitée.

La recherche d'un co-produit

L'exploitation de la base ICPE permet de cibler rapidement des entreprises susceptibles d'alimenter en matière une synergie, de méthanisation par exemple.

En prenant le cas de la Picardie, nous pouvons rapidement identifier les entreprises utilisatrices de lait (rubrique 2230) qui fait partie des substances facilement méthanisables. On obtient les 13 entreprises utilisant du lait dans leur process.

Tableau 18: Entreprises picardes utilisatrices de lait source : ICPE

Établissement	Code postal	Commune
FLANDRES PICARDIE LAIT - SFPL	80 100	ABBEVILLE
UPCL	80 270	AIRAINES
NESTLE GRAND FROID	60 000	BEAUVAIS
NESTLE France Boué	2 450	BOUE
UNILEP	2 220	BRAINE
LU CHATEAU THIERRY	2 400	CHATEAU THIERRY
LAITIERE DE CLERMONT	60 600	CLERMONT
AUCHAN Dury	80 480	DURY
AUCHAN Fayet	2 100	FAYET
LES FROMAGERS DE THIERACHE	2 170	LE NOUVION EN THIERACHE
BABYNOV	2 290	MONTIGNY LENGRAIN
SENAGRAL (EX SENOBLE)	60 220	QUINCAMPOIX FLEUZY
POMLY (ex LLO)	2 210	ROZET ST ALBIN

Nous pouvons aussi rechercher les issues de céréales (donc des silos, rubriques 2160): nous obtenons 139 établissements identifiés. Pour être plus complet, les rubriques 2101 (bovins), 2102 (porcs), 2103 (sangliers), 2110 (lapins), 2110 (volailles et gibiers à plumes), 2112 (couvoirs), 2120 (chiens) et 2171 (fumiers) permettent de cibler 239 entreprises supplémentaires susceptibles de fournir de la matière au méthaniseur. Ce sont majoritairement des entreprises agricoles.

Pour finir de déterminer les gisements et la liste des entreprises pouvant être intéressées par l'installation d'un méthaniseur, la consultation des rubriques 2220 (préparations alimentaires/végétal) et 2221 (préparations alimentaires/animal) cible les transformateurs et retourne 50 industriels dont les flux de biomasse justifient un approfondissement sur leurs besoins.

Les données concernent ici toute la région « Picardie » mais la détermination des gisements peut être affinée en fonction de la position escomptée de l'installation et du potentiel que représente l'établissement.

La recherche d'énergie fatale

L'axe énergétique est en écologie industrielle une priorité. L'eau constitue un des vecteurs énergétiques les plus utilisés et la recherche d'eau chaude en sortie d'établissement peut être aidée par la base ICPE. Il n'y a pas directement de rubrique « eau chaude en sortie d'établissement » mais la connaissance de certaines activités permet de cibler efficacement les énergies fatales.

Par exemple, l'abattage d'animaux est une activité consommant de grandes quantités d'eau pour le lavage des installations. Cette eau est chauffée, utilisée et très souvent rejetée à une température élevée, permettant d'en récupérer des calories, pour du chauffage par exemple. Au niveau de la région « Picardie », 6 établissements sont concernés et susceptibles de rejeter des énergies fatales (rubrique 2210).

Tableau 19: Abattoirs picards source : ICPE

Établissement	CP	Commune	Volume	Unité
VIANDES HENRI PETIT (LES) - ABATTOIRS	80 620	DOMART EN PONTHEIU	38	t/j
SA GROUPE BIGARD	60 220	FORMERIE	140	t/j
SARL SOCIETE D'ABATTAGE D'HIRSON	2 500	HIRSON	5	t/j
SEDAL	2 000	LAON	12	t/j
PIG AISNE	2 170	LE NOUVION EN THIERACHE	80	t/j
SOCIETE NOUVELLE D'ABATTAGE DE MONTDIDI	80 500	MONTDIDIER	25	t/j

Le principal avantage de cette synergie est la concentration du gisement à la différence du cas précédemment traité.

5 Conclusion

En s'appuyant sur l'exploitation d'informations disponibles et actualisées régulièrement, la construction d'un potentiel d'écologie industrielle permet de distinguer les territoires les uns par rapport aux autres sur le plan de la matérialité. Il autorise même

l'identification des entreprises les plus pertinentes à intégrer dans les démarches.

Dans le cadre d'un déploiement massif des démarches d'écologie industrielle, ce ciblage précis et rapide permet d'envisager des affectations de moyens en fonction de la réalité économique des territoires.

Au sein du ministère de l'Écologie, le Comité d'Animation Territoire Durable et Écologie Industrielle (CATEI) a organisé le 9 janvier 2014 un atelier sur l'intégration de l'écologie industrielle dans les Agendas 21. Dans les discussions, la connaissance sur la matérialité de l'activité des territoires prit une large place mais peu de pistes, en dehors de deux bases de données (SITRAM et IREP) furent évoquées. L'utilisation du potentiel d'écologie industrielle peut répondre en partie à ce type de question.

Nous devons tout de même préciser que ce potentiel d'écologie industrielle ne reflète que la matérialité du sous-système de production / distribution, c'est pour cela que le terme écologie industrielle est employé au lieu du terme écologie industrielle et territoriale. Les praticiens de l'écologie industrielle français utilisent écologie industrielle et territoriale pour qualifier les démarches telles que vues précédemment sans pour autant sortir du périmètre limité des sous-systèmes production distribution. Il faudrait pour ce faire dépasser la frontière de ce sous-système, ce qui n'est pas le cas dans les faits.

6 Alternative au potentiel d'écologie industrielle

La détermination du potentiel d'écologie industrielle tel que précédemment défini permet d'aller rechercher les lieux les plus pertinents pour prolonger l'application d'une démarche d'écologie industrielle selon les méthodes d'analyse des flux de matière et d'énergie dans les conditions les meilleures. Il permet aussi de cibler directement des entreprises qui mettent en œuvre ces flux.

La démonstration de la pertinence de ce potentiel d'écologie industrielle est pour l'instant partielle : la présence d'un haut potentiel avec l'engagement dans une démarche d'écologie industrielle est observable mais rien ne démontre qu'en son absence aucun résultat ne serait atteignable. Un potentiel d'écologie industrielle faible induit-il qu'aucune réalisation n'est envisageable selon la méthode classique des démarches d'écologie industrielle?

Ainsi, dans cette partie, une démarche territoriale d'écologie industrielle classique est tout d'abord menée sur un périmètre dont le potentiel d'écologie industrielle est nul. De ses résultats dépend la validité du potentiel d'écologie industrielle.

7 Démonstration par l'absurde

Les sphères économiques sont définies par l'INSEE jusqu'en 2010 de la façon suivante :

« - La sphère productive : l'emploi suit les entreprises pour les secteurs orientés vers les marchés extérieurs. Les principaux secteurs concernés sont l'industrie, l'énergie, les services aux entreprises, le transport de marchandises, le commerce de gros et une partie des activités immobilières.

- La sphère de l'économie résidentielle : l'emploi suit la population pour les services marchands aux personnes ; comme les services aux particuliers, la construction, l'éducation (hors fonction publique), la santé, l'action sociale, le commerce de détail, les activités financières et le transport de voyageurs.

- La sphère publique : regroupe l'ensemble des emplois de la fonction publique (fonction publique d'État, fonctions publiques territoriale et hospitalière). »⁵²

⁵² <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/sphere-eco-ancienne.htm> consulté le 5 juillet 2014.

Un potentiel d'écologie industrielle nul se traduit par l'absence de sphère productive ou par sa relative faiblesse. Mettre en œuvre une démarche d'écologie industrielle sur un territoire sans sphère productive (ou à la sphère productive très limitée) revient à s'intéresser uniquement aux sphères résidentielles et publiques même si la construction ne peut être écartée. Selon l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île-de-France, les emplois qualifiés de domestiques sont présentés dans le tableau suivant [IAU IdF, 2005, p39]. Ils sont ceux qui sont pris en compte - même si domestique et résidentiel ne regroupent pas exactement les mêmes notions - pour répondre à la question suivante : les démarches d'écologie industrielle actuelles sont elles adaptées quand le potentiel d'écologie industrielle est faible voire nul?

Emplois salariés du secteur « domestique pur »

Sélection de la NAF 700

50.1	Commerce de véhicules automobiles
50.2	Entretien et réparation de véhicules automobiles
50.3	Commerce d'équipements automobiles
50.4	Commerce et réparation de motocycles
50.5	Commerce de détail de carburants
52.1	Commerce de détail en magasin non spécialisé
52.2	Commerce de détail alimentaire en magasin spécialisé
52.3	Commerce de détail de produits pharmaceutiques et de parfumerie
52.4	Autres commerces de détail en magasin spécialisé
52.5	Commerce de détail de biens d'occasion
52.6	Commerce de détail hors magasin
52.7	Réparation d'articles personnels et domestiques
80.1	Enseignement primaire
80.2	Enseignement secondaire
85.1	Activités pour la santé humaine
92.6	Activités liées au sport
93.0	Services personnels
95.0	Services domestiques

Figure 38: Code NAF du secteur "domestique" Source : [IAU IdF, 2005, p39]

Le périmètre des métiers pris en compte est défini, celui de l'entité géographique aussi : l'Ile-Saint-Denis en Seine-Saint-Denis. Cette localité couvre une superficie de 1,77 km², et, à l'image du département, elle est dans un processus de rénovation urbaine important (tramway, reconversion de friches industrielles, aménagement d'éco-quartiers).

Son potentiel d'écologie industrielle est a priori nul étant donnée l'absence d'installation classée sur son territoire. Au-delà du caractère insulaire qui matérialise physiquement la frontière du système étudié, l'Ile-Saint-Denis présente des enjeux sociaux forts : selon l'INSEE, en 2009, plus de 20% de la population est au chômage, le revenu net déclaré par foyer fiscal (16 807 €) est inférieur à celui du département déjà pauvre de la Seine-Saint-Denis (19 789 €) et plus de 60% des logements sont des logements sociaux.

Au niveau environnemental, une zone Natura 2000 occupe la pointe nord de l'île et un projet de rénovation urbaine visant à la construction d'un éco-quartier fluvial est largement soutenu par la municipalité dirigée par un maire Europe Écologie Les Verts, Michel Bourgain. Un parc départemental occupe aussi une vaste étendue (vingt trois hectares).

Toujours au plan environnemental, un incident marquant, référencé n°11630 dans la base ARIA, a lieu le 10 juillet 1997, il s'agit d'une pollution radioactive sur le site d'une ancienne usine de radium. Selon la municipalité, seuls dix pourcents des crédits nécessaires à une dépollution ayant été obtenus, le site demeure en l'état et fermé au public.

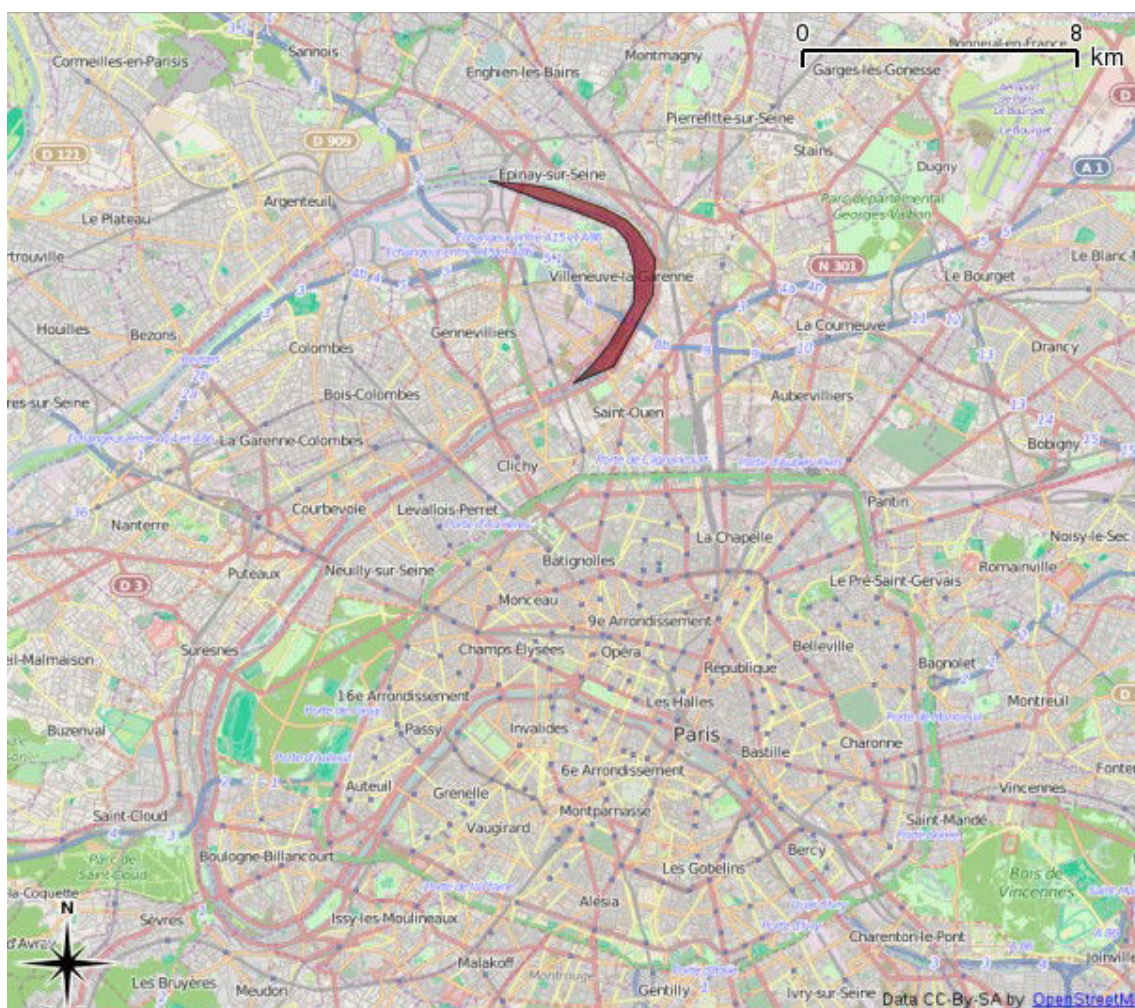


Figure 39: Paris et L'Ile-Saint-Denis (en rouge), source: Open Street Map

7.1 Présentation L'Ile-Saint-Denis

L'Ile-Saint-Denis est une commune de Seine-Saint-Denis qui compte 7017 habitants en 2009 (INSEE). Cette île fluviale sépare Saint-Denis de Villeneuve-La-Garenne.

Louis-Victor Flamand-Grétry en présente un historique:

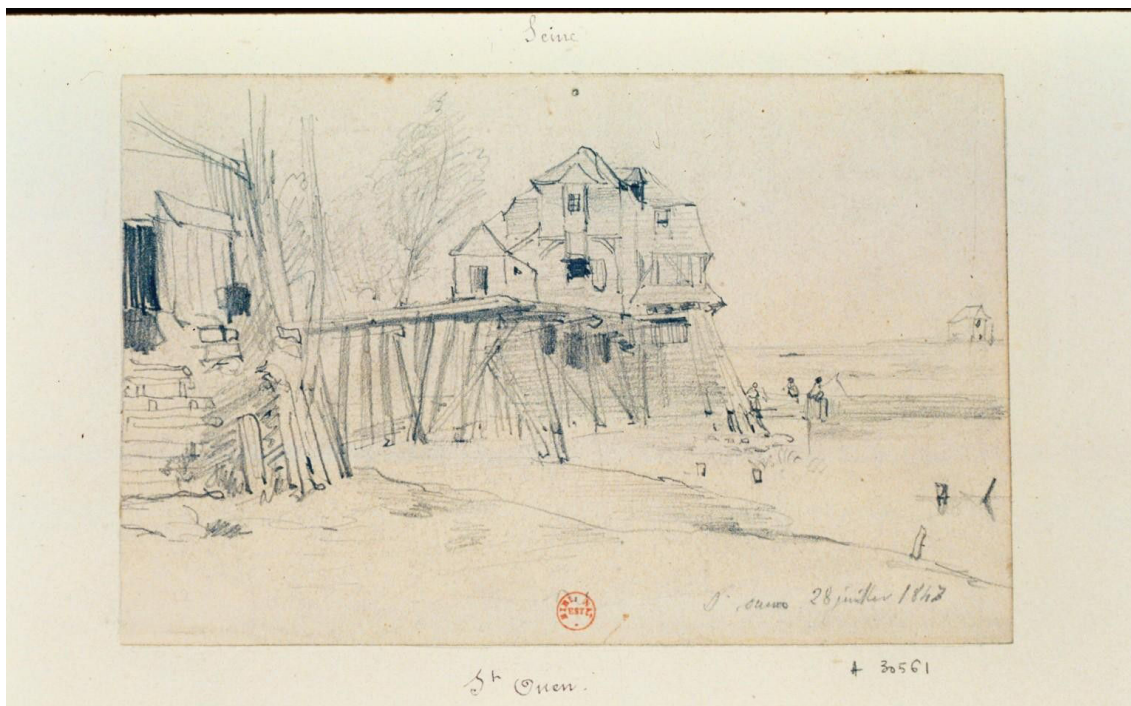
« Cette île s'appelait autrefois l'île de Chastelier ou Chasteler, nom qui, probablement, lui vint d'un ancien château qui y aurait existé. Le titre le plus ancien qui fasse mention de cet île sous ce nom, est une charte du roi Robert de l'an 998. » [FLAMAND-GRETRY, 1840, p234-235]. Il s'agit d'un village de 456 habitants en 1709, 230 en 1840 suite à des remaniements administratifs en 1790.

Pour Flamand-Grétry, il s'agit avant tout d'un lieu de villégiature :

« Enrichie de tous les dons de la nature, cette île, qui peut être regardée comme un lieu de plaisir, joint à l'agrément de sa position pittoresque, des eaux très abondantes; aussi l'a-t-on choisie pour y faire construire de très jolies maisons de campagne qui couvrent presque entièrement son territoire. Cette position si heureuse est cause qu'il s'y est établi beaucoup de guinguettes, de restaurateurs et de jardins publics. » [FLAMAND-GRETRY, 1840, p239-240]

Et aucune activité n'y est spécialement développée : « La majeure partie des habitants de l'île ne s'occupent que de pêche et de blanchissage, mais très peu d'agriculture. » [FLAMAND-GRETRY, 1840, p240]. D'autres sources montrent qu'existaient déjà alors des activités de chaudronnerie et de tonnellerie.

La figure suivante, « le moulin de la Cage » qui fut transformé en guinguette puis détruit est emblématique de cette époque.



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Figure 40: Le Moulin de la Cage, Ile-Saint-Denis, en 1847 source: BNF

La construction d'un premier pont, déclaré d'utilité publique par ordonnance royale du 9 mai 1842 et dont la construction est adjugée aux frères Seguin le 4 janvier 1843 moyennant une concession de 62 ans et une subvention de 150 000 francs de la part du département, ouvre l'île vers l'extérieur et autorise son développement dans la dynamique de la naissance de l'industrie à Paris. Le pont sera inauguré le 20 août 1844. [LEVEAU-FERNANDEZ, 2013, p78].

Son activité était historiquement orientée vers le fleuve mais avec la construction de ponts, elle reflète ensuite les activités industrielles parisiennes de l'époque [LEVEAU-FERNANDEZ, 2013]. La base de données BASIAS précédemment présentée permet de suivre les activités industrielle qui ont marqué ce territoire.

En 1810, au 30 Quai de la MARINE, se situe une activité de chaudronnerie, tonnellerie qui perdura au-delà de 1909⁵³ d'après le Service Interdépartemental d'Inspection des Installations Classées (STIIC) qui établit la *liste par arrondissement et par commune des établissements classés autorisés de 1909*.

En 1837, toujours d'après cette liste mais aussi d'après les archives départementales de 53 http://basias.brgm.fr/fiche_detaillee.asp?IDT=IDF9301009 consulté le 28 février 2015

Seine-Saint-Denis (AD93-DM5.12/2, 13/2), une activité de blanchisserie-teinturerie, déjà mentionnée par Flamand-Grétry en 1840, blanchissement et traitement des pailles, fibres textiles, chiffons est créée suite à la demande d'autorisation d'un certain M. WARINIER afin d'établir une blanchisserie de laine à l'Ile-Saint-Denis et d'y faire usage d'une machine à vapeur à haute pression. Il obtiendra par un arrêté préfectoral du 24 mai 1838 l'autorisation du blanchiment des laines par l'acide sulfureux au 33 quai de Seine, et l'autorisation, le 19 avril 1861, à faire usage de deux nouvelles chaudières à vapeur et d'une machine à vapeur dans sa blanchisserie d'étoffes de laine.

Avec l'ouverture des ponts en 1844, les activités liées à la pharmacie, la chimie mais aussi liées à la mécanique et la construction navale, s'installent et se développent leurs activités sur l'île.

La chimie

Les frères Dalsace sont les premiers , le 10 août 1863, à demander l'autorisation d'établir à l'Ile-Saint-Denis, quai de Seine, un atelier dédié à la chimie, la distillation de benzine et de pétrole et de fabrication de violet d'aniline. Cette activité de raffinage, distillation et rectification du pétrole est destinée à la fabrication de colorants, de pigments et d'encre (AD93-DM5.12/2, 13/2).

En 1910, une fabrique de produits azotés et d'engrais est répertoriée (AC93027-W825) et le 21 novembre 1911, un certain M. Simonin demande l'autorisation d'exploiter au lieu-dit le Coudrier à l'Ile-St-Denis :

- « un dépôt d'engrais au moyen de matières provenant de vidanges (la quantité > 25 tonnes),
- un atelier de fabrication d'engrais au moyen de matières de vidanges,
- un atelier de fabrication de sulfate d'ammoniaque par l'emploi des matières de vidanges »⁵⁴

Au début du XXe siècle, en 1911 la SA d'Exploitation des Procédés Bécigneul (Paris, 18

⁵⁴ http://basias.brgm.fr/fiche_detaillee.asp?IDT=IDF9301013 consulté le 28 février 2015

rue Lafayette) demande l'autorisation d'exploiter au lieu-dit le Bioco, à l'angle du pont d'Epinau, une manufacture dans laquelle on emploie en grand le sulfure de carbone pour la fabrication de caoutchouc synthétique.

Durant la même période (1910), les époux Pierre et Marie Curie installent quai du Châtelier des laboratoires d'extraction de radium 226 : «le fleuve offre à la fois un acheminement par bateau des minerais en provenance du Portugal ou de Madagascar et une grande quantité d'eau, nécessaire à l'extraction du radium » [LEVEAU-FERNANDEZ, 2013, p134]. Cette usine, financée par Henri de Rodhschild fonctionne de 1910 et 1928 pour produire le radium à destination de l'armée (service de santé, peintures lumineuses). L'ANDRA référence ce site dans l'inventaire des déchets radioactifs en France en 1999 , la DDE de Seine-Saint-Denis le prend en compte pour le risque d'inondation lié à la Seine et on en retrouve la trace dans les archives départementales (PREF93 S14 00004 A). Il fut en partie démoli en 1948, mais réoccupé par une entreprises industrielle : les établissements Charvet (aujourd'hui fermés), entreprise de collecte de déchets de viande en occupent une partie. Les bâtiments et les environs présentent une contamination variable à l'uranium et au radium 226. L'assainissement d'une partie de la voirie a été réalisé, et un revêtement provisoire installé sur le trottoir pour permettre une libre circulation. La berge de la Seine sur laquelle débouche un ancien émissaire est clôturée. En juin 1999, la remise en propreté de l'usine reste à réaliser et les zones contaminées sont toujours interdites d'accès⁵⁵.

Dans les années 1930-1940 s'installent la savonnerie SAPIC et des fabriques de parfum (Verley, Isabey). La famille îlodionysienne Fumouze installe rue Méchin ses laboratoires pharmaceutiques [LEVEAU-FERNANDEZ, 2013, p135].

En 1944, Mme Schuppert, au 4 rue Théodore Descoings ouvre une fabrique de peintures, vernis, encres et mastics/solvants⁵⁶.

Aucune activité liée à la chimie n'a persisté jusqu'à nous jours.

55 http://basias.brgm.fr/fiche_detaillee.asp?IDT=IDF9300999 consulté le 25 février 2015

56 http://basias.brgm.fr/fiche_detaillee.asp?IDT=IDF9305380 consulté le 25 février 2015

La mécanique

Les activités liées au fleuve [LEVEAU-FERNANDEZ, 2013] sont multiples mais ce sont surtout les activités attachées à la mécanique qui ont été référencées.

En juillet 1907, un arrêté préfectoral autorise l'exploitation d'une nouvelle chaudronnerie au 5 quai de la Marine.

En 1914, les archives départementales (AD93-1322W38) permettent déjà d'identifier au 27 rue Théodore Descoings et au 5 quai du Saule Fleuri, des activités de chaudronnerie, tonnellerie, mécanique industrielle et de construction navale. Le 29 mai 1929 « M. Montagne exploite depuis plus de 15 ans, 27 rue Théodore Descoings à l'Ile-Saint-Denis un chantier de construction de bateaux métalliques comprenant 15 ouvriers. »⁵⁷. Toujours d'après la même source, le 8 mai 1931, la société MOVAL succède à M. Montagne, 27 rue Théodore Descoings, dans le domaine des moteurs, de la mécanique et du matériel naval. Le 7 juillet 1931 Mr Montagne est autorisé à installer à l'Ile-Saint-Denis, rue Théodore Descoings, une chaudronnerie de petites œuvres ayant 8 ouvriers et plus. En 1937, la société MOVAL installe un atelier d'essais de moteurs Diesel dans son usine et le 18 janvier 1951 elle exploite encore un atelier de mécanique générale pour la réparation et la rénovation des moteurs Diesel pour la marine. En 1978, la société MOVAL n'existe plus, remplacée par la cité d'habitations le Saule Fleuri.

D'après la carte industrielle de la Région Parisienne de 1927, la société DLOGWSKY, Paris (12 rue Saint-Sabin) possède aussi un établissement sur l'Ile-Saint-Denis, 4 place Javeau (actuelle place de la Libération) dédiées à la ferblanterie et à la fabrication de coutellerie.

Au 62 avenue Jean Jaurès, un atelier de mécanique industrielle est autorisé en 1939 (PREF93 S14 00002) pour la fabrication de machines (pompe, moteur, turbine, compresseur, robinets). D'après l'*Atlas communal du département de la Seine de 1936* (feuille 13) et la Préfecture (PREF93 S14 00002 A), il s'agit de la société des MOTEURS ABC et de la société SESM (ex MINERVA) qui fabriquent des engrenages

⁵⁷ http://basias.brgm.fr/fiche_detaillee.asp?IDT=IDF9303171 consulté le 28 février 2015

de haute précision et des boîtes de vitesse.

En 1943, La société des Chaudières et Appareils à Vapeur déclare rue Pasteur des ateliers de construction de chaudières et moteurs à vapeur et hydrauliques

Il ne subsiste plus d'activité liée au fleuve en 2014 à l'Ile-Saint-Denis. Les dernières traces de ses activités sont visibles sur la rive de Villeneuve-La-Garenne avec la présence de deux chantiers navals (Van Praet & Vandebossche). Seule la présence de bateaux-logements et un grand nombre de déchets ferreux dans la Seine évoque ce passé.

Les déchets

Les premières traces administratives que nous avons relevées dans la base BASIAS liées aux déchets datent de 1962. Le 8 octobre 1962, « suite à des plaintes contre les mauvaises odeurs et la fumée en provenance de décharges privées situées à l'extrémité nord-ouest de l'Ile-St-Denis (quai de la Marine prolongé) mise en demeure à Mme Struen de supprimer le dépôt d'ordures ménagères qu'elle a illicitement constitué à l'Ile-Saint-Denis au lieu-dit la Bellangère » (AD93-SC7850). La même mise en demeure est établie pour le lieu-dit les Portes sans que soit mentionné de nom et au lieu-dit la Ruelle de St Marc pour un certain M. Dezobry. Place nette doit être faite.

Toujours au quai de la Marine (mais cette fois au numéro 70), s'engage en 1975 une bataille autour d'une activité illicite de traitement de déchets. Elle durera près de 10 ans. Un certain M. Besnard est tout d'abord mis en demeure de cesser l'exploitation de "stockage et activité de récupération de déchets et d'alliages, de résidus métalliques, d'objets en métal et carcasses de véhicules hors d'usage" en 1975.

Son activité est qualifiée d'après les archives départementales (AD93-1322W146) de « Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables (ferrailleur, casse auto...) ».

En 1976, à la même adresse, c'est un M. Spiquel qui est mis en demeure de cesser l'exploitation de la tôlerie et de l'atelier de peintures

En 1979, M. Le Chabrier est à son tour mis en demeure de cesser l'exploitation d'un

dépôt de ferrailles non déclaré. Cette mise en demeure est réitérée en avril 1983 mais ce n'est qu'en 1984 que l'activité est, non pas arrêtée mais réduite pour ne cesser finalement qu'en 1986, date à laquelle le terrain est nettoyé et débarrassé du dépôt.

Sur le quai Chatelier, qui accueillait auparavant les laboratoires d'extraction de radium évoqués plus haut, puis les établissements Charvet (équarrissage), la société SORECO (Société de Remblais Écologiques ex TRIMO, 12 - 14 quai Chatelier) est de nos jours spécialisée dans les activités de:

- remblais, décharge, démolition, terrassement,
- matériaux de compactage, terre végétale.
- enlèvement de terre et gravais.
- tri de déchets transit (gravats, ferrailles, bois, cartons, plastiques).

D'après la préfecture, elle exerce une activité de collecte, traitement et élimination des déchets, récupération et régénération, soumise à autorisation, accordée de 2002 à 2004 (PREF93 S14 00048 A). Cette société a déposé des comptes 2012 et son activité est effective, cependant, aucune trace n'a été décelée dans la base des installations classées à la protection de l'environnement, ce qui ne constitue pas une infraction en soi mais interroge a minima sur l'évolution réglementaire.

Pour finir concernant le rapport de l'Ile-Saint-Denis à ses déchets, le promeneur peut assister tous les matins ou presque à une pratique d'un autre âge, d'autant plus interdite qu'elle est effectuée en milieu urbain, mais pourtant très répandue sur le territoire français⁵⁸, le brûlage des déchets à ciel ouvert par certaines entreprises, comme en témoignent la figure 41.

⁵⁸ Nous avons pu constater au cours de nombreuses visites d'entreprises sur le territoire national que le moyen le moins onéreux pour faire disparaître un déchet est de le brûler sur site.



Figure 41: Le brûlage de déchets à ciel ouvert en 2013 sur l'Ile-Saint-Denis, source: auteur

Cette chronologie de l'apparition de l'industrie à l'Ile-Saint-Denis démontre que ce territoire se situe dans la dynamique de la naissance de l'industrie à Paris telle que présentée par André Guillerme [GUILLERME, 2007]: le fleuve, les pêcheurs, les blanchisseuses, puis les activités liées à la chimie, la pharmacie, la mécanique et les déchets recomposent sur une petite île le tableau du développement industriel séquanais.

De cette aventure industrielle il reste bien des traces, bâtiments désaffectés, pollutions à plus ou moins long terme mais bien peu d'emplois. Quelques entreprises de construction se sont installées sur les espaces rendus libres par le déclin industriel et profitent d'une desserte routière favorable avec les accès immédiats à l'A86, l'A1, l'A15 et les quais de Seine mais elles ont peu d'activité in situ. Des Magasins d'usine sont venus s'installer avec leurs lots de boutiques de mode standardisées aux tarifs éloignés du pouvoir d'achat de la population locale. Ils font venir une population extérieure attirée par les

marques et dont le flux ne bénéficie pas aux commerces locaux.

7.2 La démarche ilodionysienne

L'objectif étant de vérifier l'efficacité (ou plutôt l'inefficacité) des démarches d'écologie industrielle sur le secteur domestique, la démarche qui est mise en œuvre sur l'Ile-Saint-Denis en reprend les principales caractéristiques à la différence près qu'elle n'est pas diligentée par une collectivité territoriale spécifique mais annoncée comme une expérimentation universitaire et concentrées sur des activités bien peu industrielles.

Les démarches d'écologie industrielle, telles que menées par Systèmes Durables puis LGCD à Vitré, à Toul, à Villers-Saint-Paul, à Amiens, dans le centre de la France, à Bordeaux, comportent généralement 7 étapes :

Étape 1 : Le cadrage de la démarche. Cette étape correspond à la mise en place de l'animation, l'appréhension et l'intégration des enjeux globaux du territoire. Pour la démarche de l'Ile-Saint-Denis, aucune instance d'animation n'est prévue, la démarche étant dédiée spécifiquement à la recherche.

Étape 2 : Le pré-diagnostic territorial. Cette étape vise à l'identification des filières et acteurs d'intérêt. Le potentiel d'écologie industrielle a été construit pour répondre rapidement à cette problématique et dans le cas présent, aucune filière spécifique ou entreprise particulière n'a été identifiée comme présentant un intérêt majeur. Il en résulte que le secteur domestique, ses activités de commerce, restaurations, seront les activités ciblées. Malgré un passé industriel, l'Ile-Saint-Denis s'est transformée peu à peu en banlieue dortoir et les actifs travaillent principalement en dehors de l'île.

Étape 3 : La mobilisation des entreprises. Solliciter les entreprises d'un territoire en vue de leur participation à une démarche d'écologie industrielle demande l'établissement d'une communication spécifique. Pour les recruter, la présence à des événements de réseaux institutionnels (chambres consulaires) mais aussi l'usage intensif du téléphone sont nécessaires. L'approche prévue pour l'Ile-Saint-Denis est plus directe du fait du périmètre et des entreprises ciblées : le porte à porte. Il s'agit d'une différence majeure avec les entreprises qui participent aux démarches d'écologie industrielle, ici, le contact est personnel, physique et direct.

Étape 4 : L'établissement du diagnostic d'écologie industrielle. Il s'agit dans un premier temps de collecter les données de terrain en établissant les bilans de flux de matière et d'énergie des entreprises qui acceptent de participer à la démarche. En général cette étape est la plus consommatrice de moyens humains, une visite nécessitant au minimum une demi-journée.

Les bilans de flux sont ensuite saisis dans un système informatique dédié à la recherche de synergies, l'outil PRESTEO, qui produit des rapports sur les mutualisations et substitutions de flux au sein de l'ensemble des entreprises.

Il ressort de cette étape une liste de synergies potentielles.

Étape 5 : L'approfondissement des pistes de synergies. Il s'agit de vérifier la faisabilité des pistes précédemment détectées.

Étape 6 : L'établissement d'une stratégie de pérennisation. Cette étape est destinée à préparer l'évolution de la démarche d'écologie industrielle et sa pérennisation dans le temps.

L'étape suivante est en général un transfert de compétences, via une formation, depuis le cabinet extérieur qui initie la démarche vers la collectivité qui souhaite la poursuivre et l'internaliser.

Dans le cadre de notre démarche, les étapes 4 et 5 sont celles qui mobilisent toute notre attention.

Un formulaire de recueil de données est préalablement établi sur la base des formulaires utilisés dans les démarches d'écologie industrielle traditionnelles (Annexe III). Il comprend les champs nécessaires à l'identification de la structure visitée, la présentation de l'interlocuteur qui reçoit, un bref descriptif de l'activité et les grilles concernant les principaux flux qui entrent dans le périmètre de l'étude : consommations et production d'énergie, flux d'eaux entrant et sortant, flux de matière entrants, produits finis, matières résiduelles et flotte de véhicules.

Une fois le formulaire complété, des questions ouvertes orientées sur les services mutualisables et problématiques sectorielles sont posées.

Les participants

Au niveau des participants, la mairie a été sollicitée pour engager ses installations dans la démarche. Rendez-vous a été pris en premier lieu avec la responsable de l'Agenda 21 local qui elle-même présenta le projet au Maire qui donna son approbation pour que le responsable des services puisse être sollicité. Une liste des établissements attendus (crèche, école élémentaire et services administratifs et techniques) a été fournie mais au dernier moment, le rendez-vous avec le responsable des services a été finalement annulé à la veille des vacances d'été et n'a pas été reconduit.

En dehors des deux commerces de la pointe sud, l'ensemble des établissements sollicités se trouvent dans le quartier centre :

- 3 bars
- 4 restaurants (un italien, un ouvrier, deux snacks)
- 2 boulangeries (points chauds⁵⁹)
- 2 épiceries (Franprix)
- 2 pharmacies
- 1 magasin de produits exotiques
- 1 boutique internet
- 1 coiffeur

Sur les seize établissements sollicités dans le quartier centre, huit ont accepté de participer à la démarche en ouvrant leurs portes à une visite d'écologie industrielle, essentiellement des établissements en rapport avec le commerce alimentaire, les quatre restaurants, les deux boulangeries et les deux épiceries.

En vue de préparer les visites, une rapide étude bibliographique des activités est en général réalisée pour les établissements industriels, ce qui n'est pas le cas ici. En revanche, au lieu de n'être que les réceptacles des informations sur l'activité, il est

⁵⁹ On entend par point chaud une boulangerie qui ne produit pas artisanalement sur place les marchandises qu'elle distribue. Équipée d'un terminal de cuisson, elle reçoit des produits industriels qu'elle distribue après une phase de cuisson.

décidé d'apporter aux interlocuteurs des entreprises des informations concernant un dispositif orienté vers la performance énergétique mis en place par l'État, les certificats d'économie d'énergie ou CEE (voir encadré 2). Ainsi, une réciprocité peut être attendue dans l'échange, permettant aux entreprises interrogées d'avoir un intérêt à participer.

7.3 Les résultats et approfondissements

Dans huit entreprises visitées, l'approvisionnement est assuré par les livraisons des fournisseurs en ce qui concerne les épiceries et les points chauds; pour les activités de restauration, la proximité d'un fournisseur dédié à proximité (enseigne Métro de Villeneuve-la-Garenne à moins de 3 km) facilite les achats.

Trente huit flux seulement ont été déclarés au total, portant à 4,75 flux la moyenne par établissement. En comparaison, les démarches que nous avons menées sur Villers-Saint-Paul permettaient l'obtention de vingt sept flux par établissement, celle d'Amiens Nord vingt et un, celle de Toul vingt quatre et celle de Vitré vingt sept (source : LGCD). Les établissements ne sont pas rentrés dans le détail de leurs approvisionnements en dehors des aspects énergétiques, bien que la question ait été posée.

Les données fournies concernent principalement les flux sortants.

Biomasse

La biomasse, emballée ou non, est la principale matière (en masse) rejetée. Environ dix tonnes sont éliminées chaque année par le biais des ordures ménagères.

Tableau 20: Flux sortant de biomasse, kg/an

Participant	Biomasse (kg/an)
Épicerie 1	7 300
Point chaud 1	
Point chaud 2	55
Restaurant ouvrier	440
Snack 1	365
Restaurant italien	220
Snack 2	1 100
Épicerie 2	660
Total	10 140

Ce flux n'est pas problématique pour les établissements et son traitement n'est pas prioritaire étant donné qu'il n'est pas, dans ces volumes, soumis à une quelconque réglementation contraignante. On notera cependant, à l'initiative de restaurateurs parisiens, des expérimentations pour la collecte de ce flux diffus pour une valorisation énergétique par méthanisation (chez Bionerval dans l'Essonne)⁶⁰, et ce, en vue de devancer d'éventuelles évolutions réglementaires.

Du compte-rendu de la mise en place de leur expérimentation, nous retiendrons trois points : le premier concerne l'absence de fournisseurs d'équipements adaptés en France, le deuxième concerne la pauvreté en termes de filières de valorisation et le troisième le bilan économique et environnemental a priori positif. Les agriculteurs qui utilisent le digestat du méthaniseur pour fertiliser leurs terres économisent entre cinquante et soixante euros par hectare en remplacement d'engrais chimique.

Il est aussi important de souligner que ce ne sont pas les activités de restauration qui génèrent le plus de déchets de type biomasse mais principalement les épiceries, aussi petites soient-elles. La première épicerie met à la benne dix kilogramme de légumes par jour et environ autant de biomasse emballée (yaourts, viande, préparations). La seconde épicerie, dont le chiffre d'affaire ne dépasse pas les 180.000 €, rejette un kilogramme

60 <http://www.lesechos.fr/entreprises-secteurs/service-distribution/actu/0203303337202-quand-les-restaurateurs-parisiens-s-essaient-a-l-economie-circulaire-648952.php> consulté le 28 février 2015

par jour de légumes et deux kilogramme par jour de biomasse emballée.

L'arrêté du 12 juillet 2011 fixant les seuils définis à l'article R. 543-225 du code de l'environnement⁶¹ concerne très directement cette catégorie de déchets et les seuils applicables aux bio-déchets autres que les huiles alimentaires seront de dix tonnes par an à partir du 1er janvier 2016. L'épicerie 1 (7,3 t/an) disposera encore de marges de manœuvre mais tend à se rapprocher du seuil réglementaire malgré son chiffre d'affaire relativement limité (environ deux millions d'euros).

Carton

Le carton est LE flux récurrent dans l'industrie, nous avons pu le constater au travers toutes les opérations d'écologie industrielle auxquelles nous avons participé: aucune entreprise n'y échappe et son absence rend suspecte la sincérité des bilans de flux. Il est essentiellement utilisé pour le conditionnement et la réception des produits génère des déchets de carton dans l'essentiel des entreprises. Ces déchets de carton ont une valeur non négligeable: la tonne de carton de récupération issu d'emballages commerciaux s'échangeait au mois de mars 2014 aux alentours de soixante-sept euros sur le marché français (source COPACEL⁶²).

Le carton est le deuxième déchet le plus présent (7,5 T). Il est trié et mis dans une poubelle destinée au recyclage pour la majorité des participants à l'exception d'une épicerie qui doit évacuer cinq containers tous les deux jours. Dans un contexte urbain caractérisé par la rareté des places de stationnement automobile, une des deux places de livraison disponibles pour ce commerce est occupée en permanence par un véhicule utilitaire destiné au stockage du carton. Ce carton peut être à l'occasion apporté dans une déchetterie à la Courneuve (93) pour débarras, ou valorisé financièrement, très ponctuellement à Nanterre (92). L'exploitant a très clairement identifié sa problématique concernant le carton. Il a un temps envisagé d'investir dans une petite presse mais le problème foncier, l'absence de place dans son établissement ne lui permettent pas de mettre en œuvre une solution opérationnelle.

61 [http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?](http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024388182&dateTexte=&categorieLien=id)

[cidTexte=JORFTEXT000024388182&dateTexte=&categorieLien=id](http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024388182&dateTexte=&categorieLien=id) consulté le 1er mars 2015.

62 COPACEL est l'Union Française des Industries des Cartons, Papiers et Celluloses qui effectue des relevés des prix d'échanges des papiers et cartons de recyclage.

Tableau 21: Flux sortant de carton, kg/an

Participant	Carton (en kg/an)
Épicerie 1	5 475
Point chaud 1	
Point chaud 2	275
Restaurant ouvrier	275
Snack 1	825
Restaurant italien	30
Snack 2	275
Épicerie 2	260
Total	7 415

La valorisation financière de ce flux n'est pas optimale pour les entreprises de l'échantillon. Ce flux est même coûteux puisque pris en charge par la collecte des ordures ménagères qui représente une charge ou nécessitant un transport spécifique à fonds perdus.

D'un point de vue environnemental, le bilan est positif puisque une bonne partie du carton est collectée, triée et intégrée dans une filière de valorisation par le gestionnaire des ordures ménagères. La filière de recyclage est a priori performante, relativement bien organisée pour aller récolter ce type de déchet diffus. Selon la COPACEL, en 2013, sur environ 8 000 kt de production, 5 100 kt de matière provient du recyclage⁶³. D'un point de vue financier, le bilan est moins favorable: le coût de gestion des papiers graphiques est estimé à 3,45 euros par habitant et par an en France et entre 0,35 à 1,84 euro dans le reste de l'Europe⁶⁴.

Pain

Quatre acteurs (une épicerie, un restaurant ouvrier et les deux boulangeries) ont indiqué un flux de type « pain » spécifique et non mélangé à la biomasse.

63 <http://www.copacel.fr/fr/chiffres-cles.html> consulté le 1er mars 2015

64 <http://www.actu-environnement.com/ae/news/papiers-recyclage-REP-Ecofolio-Amorce-bareme-soutien-17843.php4> consulté le 1er mars 2015

Les points chauds distribuant du pain sont particulièrement économes en matière, ils produisent presque à la demande et ne génèrent que très peu de rebus alors qu'il s'agit de leur principal flux. Aucune boulangerie artisanale n'étant présente sur l'Ile-Saint-Denis, un comparatif n'a pu être établi.

Tableau 22: Flux sortant de pain, kg/an

Participant	Pain (kg/an)
Épicerie 1	365
Point chaud 1	36
Point chaud 2	55
Restaurant ouvrier	88
Snack 1	
Restaurant italien	
Snack 2	
Épicerie 2	
Total	544

Les snacks utilisent des pains dont le conditionnement permet une bonne conservation et aucune perte. Seul le pain intégré aux préparations vendues et non totalement consommées sur place est perdu.

Le restaurant italien fabrique lui-même son pain à partir de sa pâte à pizza.

Pour les établissements générant ce type de déchet, il apparaît très clairement que le pain est traité comme un déchet à part. Au-delà de ses qualités propres (déchet sec facilement conservable), il y a une recherche de valorisation systématique : il est donné à des habitants pour nourrir des canards nichant aux alentours, pour des poulaillers personnels (à Stains), ou bien encore récupéré par des agriculteurs pour de l'alimentation animale. Une dimension symbolique est attachée à ce produit alors que sa valeur marchande peut être considérée comme négligeable par rapport à la viande ou même aux légumes qui sont jetés quotidiennement.

Verre

Seuls les deux restaurants ont identifié ce flux. Pour le restaurant italien qui n'a pas

d'activité bar à proprement parler, le verre n'est pas quantifié et il est éliminé dans les ordures ménagères faute d'avoir trouvé une borne de récupération située à proximité. La bonne foie de l'explication peine à nous convaincre.

Pour le second dont l'activité bar est plus marquée, les bouteilles consignées sont reprises par le brasseur qui fournit. Pour le reste du verre, il est intégré au système de recyclage traditionnel via une borne a proximité.

Eau

Un seul participant (restaurateur) a identifié un flux d'eau pour un coût de 6 000 €. Il s'agit d'une fuite non détectée maintenant traitée. Cette société a déclaré 104 500 € de chiffre d'affaire en 2011 (source : societe.com) et un résultat d'exploitation de 2 200 €. Cette fuite représente donc près de trois années de résultat et environ 5% du chiffre d'affaire.

Ordures ménagères

Au niveau des ordures ménagères, hors biomasse et carton déjà comptabilisés, entre 500 kg et une tonne sont rejetées par les établissements qui ont répondu. Il s'agit principalement des emballages. Aucune synergie n'est spécifiquement envisageable les concernant, hormis peut-être en amont de la chaîne par l'éco-conception des produits et de leurs emballages mais cela dépasse de beaucoup le périmètre fixé puisque ce type d'opérateur concerne principalement les producteurs.

Énergie : électricité et gaz

L'énergie est un flux important pour les participants. Même si quelques uns n'ont qu'une idée vague de leurs consommations (en rouge dans le tableau), la majorité connaît le coût associé.

Tableau 23: Consommations énergétiques

Participant	Électricité (€/an)	Gaz (€/an)	Total (€)	CA (€)	Énergie en % du CA
Épicerie 1	15 000		15 000	2 000 000	0,75
Point chaud 1	4 000		4 000		
Point chaud 2	4 500		4 500	40 000	11,25
Restaurant ouvrier	5 000	4 000	9 000	104 000	8,65
Snack 1	5 000		5 000	110 000	4,55
Restaurant italien	4 000	1 650	5 650	50 000	11,30
Snack 2	4 000	1 500	5 500		
Épicerie 2	4 000		4 000	170 000	2,35
Total	45 500	7 150	52 650		

Pour les activités incluant de la préparation, restaurants et points chauds, il s'agit d'un poste très important puisqu'il représente quatre à onze pourcents du chiffre d'affaire (source : societe.om). Pour l'épicerie principale au chiffre d'affaire d'environ deux millions d'euros en 2012, l'impact peut sembler moindre mais il correspond tout de même à la moitié du résultat d'exploitation (30 000 €) malgré des efforts non négligeables (rideaux de nuit pour fermer les vitrines réfrigérées, vitrines en froid négatif équipées de portes, absence de chauffage).

Encadré 2: Les certificats d'économie d'énergie (CEE)

La loi de Programmation des orientations de la politique énergétique du 13 juillet 2005 (loi POPE) définit les objectifs et les grandes orientations de la politique énergétique française et de nouveaux outils incitatifs dont les certificats d'économie d'énergie (CEE). Il s'agit pour les fournisseurs d'énergie (les obligés, principalement EDF et GDF) de faire réaliser des économies d'énergie à leurs clients ou en interne. Ces économies d'énergies sont comptées en KWh "cumac" (contraction de cumulé et actualisé) qui prend à la fois en compte les économies annuelles réalisées et la durée de vie des équipements.

Des fiches d'opérations standardisées permettent de proposer un ensemble de solutions d'économies d'énergies normées concernant équipements (chaudières plus

performantes, régulateurs de vitesse sur des compresseurs, haute pression flottante pour les systèmes de froid...) ou enveloppes (isolation).

« Un objectif triennal est défini et réparti entre les opérateurs en fonction de leurs volumes de ventes. En fin de période, les vendeurs d'énergie obligés doivent justifier de l'accomplissement de leurs obligations par la détention d'un montant de certificats équivalent à ces obligations. Les certificats sont obtenus à la suite d'actions entreprises en propre par les opérateurs ou par l'achat à d'autres acteurs ayant mené des opérations d'économies d'énergie. En cas de non respect de leurs obligations, les obligés sont tenus de verser une pénalité libératoire de deux centimes d'euro par kWh manquant. »⁶⁵

L'objectif de 54 TWh cumac de la première période (mi 2006 – mi 2009) a été dépassé. Au 1er juillet 2009, des économies d'énergie avaient été certifiées pour un volume de 65,3 Twh. On notera cependant que « les dépenses des obligés seraient réparties de la façon suivante : 74 millions d'euros de coûts directs (primes et prêts à taux bonifiés accordés aux bénéficiaires des opérations d'économies d'énergie) et 136 millions d'euros de coûts indirects (formation de personnels, développement des offres, gestion administrative des dossiers de demandes de certificats, campagne de marketing, etc.) » selon un bilan effectué par l'ADEME et le Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED).

Le dispositif a été reconduit pour une deuxième période (jusqu'au 31 décembre 2014) puis une troisième (jusqu'au 31 décembre 2017) avec des objectifs à chaque fois plus ambitieux en termes d'économies d'énergie.

Une seule piste d'économie d'énergie a été détectée au niveau de l'échantillon et concerne les épiceries. Elle est issue des fiches d'opérations standardisées pour les économies d'énergie dans le cadre du dispositif CEE de la loi POPE. Il s'agit de la fiche

65 <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Certificats-d-economies-d-Energie,188-.html> consulté le 28 février 2015

« Meuble frigorifique de type vertical avec uniquement éclairage en fronton » référencée BAT-EQ-14. Très concrètement, les vitrines réfrigérées présentant les produits contiennent des éclairages internes qui sont des sources chaudes. Le dispositif de production de froid est donc sollicité pour éliminer des calories issues de cet éclairage. L'opération consiste à remplacer les vitrines présentant cet éclairage interne par des vitrines présentant un éclairage frontal. Sensibiliser l'exploitant est très simple, en plaçant une main sur la lampe n'importe qui peut se rendre compte du dégagement de chaleur. Le dispositif CEE est censé financer une partie des équipements.

Un cas similaire avait été rencontré lors de la démarche d'écologie industrielle toulousaine dans la grande distribution : le gérant d'un centre E. Leclerc, très au fait du dispositif CEE en tant qu'obligé⁶⁶ avait présenté ses diverses réalisations dont une adaptation maison de vitrine réfrigérée à éclairage frontal (figure 42), en lieu et place d'un changement pur et simple de l'équipement. Les résultats annoncés étaient estimés à un gain de trente pourcents sur la consommation électrique de l'équipement.

⁶⁶ Les centres E. Leclerc sont des obligés par le fait qu'ils importent et distribuent du carburant par l'intermédiaire de la SIPLEC. Ils ont donc une obligation de collecter des CEE qui se matérialise par la mise en place d'un portail web <http://www.lEnergimoinscher.com> sur lequel les opérations d'économies d'énergie des particuliers sont « transformées » en bon d'achat.



Figure 42: Vitrine réfrigérée à éclairage frontal, source: auteur

Lors de l'opération ilodionysienne, cette piste d'amélioration a donc été choisie pour approfondissement et a entraîné un travail sur deux axes : le premier concerne la recherche d'une solution technique et le second la valorisation des certificats d'économie d'énergie générés par l'opération.

Pour la solution technique, après une recherche d'un prestataire puis de blocs d'éclairage directement prêts à poser, voire à assembler, infructueuses, un industriel spécialisé dans la fabrication d'éclairages et situé dans l'est de la France a été sollicité et visité mais n'était pas intéressé : aucun bureau d'études n'y est présent pour la conception de nouveaux produits, même simples. Une fois l'an, les associés se réunissent pour concevoir les modèles en fonction des sous-ensembles disponibles sur le marchés et des tendances observées. Même à moyen termes, l'industriel n'est pas intéressé.

Un second industriel spécialisé dans l'éclairage a été sollicité, la société SOUDURES ET APPLICATIONS ELECTRIQUES (S.E.A.E.), entreprise située à Montrabe (31). Cette société familiale et indépendante conçoit et fabrique un catalogue important dédié à l'éclairage industriel et tertiaire. Une visite de son show-room parisien et un rendez-

vous commercial ont permis, d'après le catalogue et l'expression du besoin, d'établir la faisabilité ainsi qu'un coût approximatif se situant autour de 30 € HT pour 1.5m de linéaire (sans lampe), soit 20 € HT le mètre linéaire. Le fabricant n'avait pas été informé de l'estimation de valorisation des certificats en vue de ne pas fausser son appréciation budgétaire.

Pour le second axe de travail, la valorisation des certificats d'économie d'énergie, le calcul des kWh cumac générés par l'opération est simple et se fait en fonction de la longueur de vitrine équipée, ici 18 mètres linéaires, soient, à 5.700 kWh cumac le mètre, 102 600 kWh cumac. Une première évaluation selon le site du teneur du marché⁶⁷ permet une estimation à 0,39 € par kWh cumac, soit 22,23 € le mètre linéaire de vitrine équipée. Une seconde estimation, basse, a été établie à 0,13 € par kWh cumac en interrogeant trois opérateurs de valorisation des certificats d'économie d'énergie. Ces opérateurs sont des agences de conseil privé qui accompagnent les collectivités ou entreprises dans ce type d'opération . Les parties prenantes de la chaîne de valorisation financière des certificats d'économie d'énergie sont très discrètes sur l'information relative aux tarifs de rachats des certificats. Il y a une très nette différence de valorisation entre le prix de marché affiché et la valorisation effective en bout de chaîne.

Au niveau de Plaine Commune, communauté d'agglomération dont dépend l'Ile-Saint-Denis, une structure destinée aux économies d'énergie, l'Agence Locale de l'Énergie et du Climat (ALEC) , a été inaugurée le 18 avril 2013. Un de ses engagements est très clair : « l'ALEC accompagne les porteurs de projets publics et privés dans leurs actions : économies d'énergies, plans de déplacements, énergies renouvelables »⁶⁸.

Plusieurs échanges ont eu lieu concernant la capacité de valorisation des certificats d'économie d'énergie de telles opérations par cette structure, en particulier par la proximité affichée de partenaires obligés tels qu'EDF et GDF. Au-delà de la surprenante méconnaissance du dispositif pourtant susceptible de financer les actions de l'agence, la volonté manifestée de s'approprier le sujet ne s'est pas traduite dans les faits. La complexité relative du système associée et des objectifs opérationnels déjà engagés

67 www.emmy.fr : opérateur mandaté pour la tenue d'une place de marché électronique dédiée certificats d'économie d'énergie. Il s'y échange des kWh cumac contre paiement. consulté le 13 mars 2014.

68 <http://alec-plaineco.org/engagement/> consulté le 13 mars 2014

(autour de la problématique des centres d'appels très consommateurs d'énergie et des bailleurs) n'ont pas permis d'aboutir.

Au niveau municipal, l'Ile-Saint-Denis achète son énergie par l'intermédiaire du Syndicat Intercommunal pour le Gaz et l'Électricité en Île-de-France⁶⁹ (SIGEIF), pour le gaz, et par l'intermédiaire du Syndicat Intercommunal de la Périphérie de Paris pour l'Électricité et les Réseaux de Communication (SIPEREC) pour l'électricité, au travers d'appels d'offre groupés permettant l'obtention de tarifs avantageux. Le SIGEIF a développé un mécanisme de valorisation des certificats d'énergie pour les communes qui doivent faire valider l'adhésion au dispositif par le conseil municipal. Le SIGEIF nous a précisé l'impossibilité pour l'ALEC d'adhérer en vue de faire valoriser les certificats d'économie d'énergie de la communauté d'agglomération de Plaine-Commune. Ce sont obligatoirement les communes qui doivent adhérer à ce dispositif spécifique. Pour notre opération orientée exclusivement vers des entreprises privées, la démarche est jugée non appropriée, l'ouverture aux établissements publics et un engagement généralisé aurait pourtant du sens.

En conclusion concernant cette piste de synergie, un potentiel d'économies d'énergie important, documenté et a priori soutenu financièrement par l'État se heurte dans la réalité du petit commerce à trois freins :

- l'absence d'information efficace vers le public cible,
- des solutions techniques inappropriées (renouvellement du parc de vitrines) ou des solutions techniques absentes,
- la complexité du dispositif incitatif et l'absence de visibilité quant au soutien financier dont disposera le maître-d'œuvre.

Étant donné les résultats attendus en termes d'efficacité énergétique et donc financière d'un simple changement d'éclairage, la recherche de financements tiers pour le mettre en place n'est pas un impératif. Cependant, les dispositifs existants mis en place à l'occasion de la loi POPE se devaient, pour être complet, d'être explorés dans le cas de figure étudié car il correspond très exactement au type d'opération envisagé. Si chaque

⁶⁹ <http://www.sigeif.fr/> consulté le 25 avril 2014

établissement peut faire appel à un opérateur de valorisation au cas par cas, la recherche d'un tiers collecteur en vue d'organiser des opérations collectives s'est avérée un échec.

Le prolongement sur un échantillon plus large autorise à envisager une synergie de mutualisation dans la mise en œuvre. La mise en place très récente de l'ALEC explique aussi sa difficulté à se saisir du dossier.

Les huiles de friture

Un flux d'huile alimentaire usagée a été déclaré par toutes les activités de restauration.

Tableau 24: Flux sortant d'huile alimentaire usagée, l/an

Participant	huile usagée (l/an)
Restaurant ouvrier	600
Snack 1	1 100
Restaurant italien	550
Snack 2	480
Total	2 730

Le traitement de ce déchet est très variable : un établissement utilise les services gratuits d'un collecteur, deux autres ramènent les bidons d'huile usagée au grossiste spécialisé dans la restauration à proximité (enseigne Métro de Villeneuve-la-Garenne) pour un coût annuel de 900 € par établissement (75 € par mois). Un dernier établissement n'était pas au courant de l'obligation d'intégrer ce type de flux dans une filière agréée.

Une diffusion des coordonnées du collecteur gratuit a permis aux trois établissements un gain annuel de 900 € et la mise en conformité de leur établissement vis à vis de la législation⁷⁰.

Cette mutualisation d'un carnet d'adresse à si peu de frais a généré au total une économie de 2 700 € et un bénéfice environnemental certain de part l'arrêt d'un rejet interdit.

A nouveau, la synergie de mutualisation est ici sectorielle.

⁷⁰ La loi du 13 juillet 1992 interdit aux restaurants de rejeter dans la nature l'huile qu'ils utilisent. La mise en décharge des huiles en mélange avec les déchets ménagers et assimilés est interdite.

Services et équipements

Lors de l'établissement des bilans de flux, des questions relatives aux services consommés sont posées en vue de déterminer si des mutualisations sont réalisables.

Dans la démarche ilodionysienne, seul un restaurant a indiqué les services auxquels il fait appel. Ils concernent la révision de l'installation gaz annuelle de son piano de cuisson, de ses frigos (400 €/an), des nettoyages semestriels et obligatoires de ses conduits et filtres de hottes (1 500 €/an) ainsi que la révision des extincteurs (50 €/an/extincteur). Les autres restaurateurs, pourtant soumis aux mêmes obligations, n'ont pas fait mention de la consommation de ces services.

Un prolongement a été effectué concernant les services spécifiques à la restauration. Sébastien Franjau, diplômé d'une école de gestion (EDHEC), propriétaire de plusieurs restaurants à Toulouse et lui-même fils de restaurateur, a été interrogé sur les services spécifiques à la restauration voire aux commerces de proximité. Il est membre du bureau national Tables et Auberges de France et de la branche restaurant du SYNHORCAT⁷¹ 31.

En plus de la liste établie par l'établissement ilodionysien, il nous en a indiqué trois autres : le premier, anecdotique, concerne des services d'abonnements musicaux pour la musique d'ambiance, le deuxième concerne la vidéo-surveillance, le dernier les systèmes d'encaissement.

Les systèmes d'encaissement ont été indiqués comme problématiques tant au niveau de la faiblesse de la concurrence et des tarifs prohibitifs qu'au niveau de la qualité de service générale. Les caisses enregistreuses sont en général louées pour une période de 36 mois pour un coût de 100 € par mois dans le meilleur des cas. A l'achat dans les enseignes fournissant les petits commerces, les tarifs sont aussi relativement élevés, de l'ordre de 3 500 € HT chez Métro Villeneuve-la-Garenne, sans compter le support (hotline) par rapport à la solution informatique installée.

Au niveau de l'Ile-Saint-Denis, les commerces possèdent tous des systèmes d'encaissement, sous la forme de caisse enregistreuses simples ou informatisées.

71 Le SYNHORCAT est le même syndicat qui a initié la démarche volontaire de collecte de la biomasse dans les restaurants précédemment citée.

Tableau 25: Équipements d'encaissement

Participant	Caisse informatisée (nb)	Caisse simple (nb)
Épicerie 1	2	
Point chaud 1		1
Point chaud 2		1
Restaurant ouvrier		1
Snack 1		1
Restaurant italien	1	
Snack 2	1	
Épicerie 2	2	
Total	6	4

Un des restaurants équipés d'une caisse tactile a effectivement confirmé les difficultés relatives au service d'encaissement par manque de réparateur ainsi que par le coût de renouvellement problématique pour un établissement au faible chiffre d'affaires.

L'assemblage d'une caisse performante est pourtant réalisable à peu de frais. Une solution opérationnelle basée sur l'usage d'un logiciel libre, d'un écran tactile neuf, d'un ordinateur neuf et d'une imprimante neuve spécifique ne dépasse pas 800 € et elle est tout à fait disponible sur le marché.

En prenant en compte les recommandations de Mr Franjau qui concernent la qualité de l'écran tactile et la qualité de l'imprimante, un écran de référence de marque ELO⁷² et une imprimante tickets thermique EPSON TM-T88V⁷³ (très largement répandue pour sa fiabilité et sa rapidité d'impression dans le milieu professionnel) ont été retenues dans l'établissement d'une solution type.

Le logiciel libre PASTEQUE⁷⁴ de gestion de caisse, adapté par une petite entreprise de Lille (59), Scil (Société coopérative en informatique libre), utilisable sans frais, adaptable car au code source ouvert et modifiable, a été testé et a été présenté en

72 Ecran tactile 15,6 Pouces 16:9 modèle ELO TOUCH 1509L
<http://www.univers-discount.fr/produits/d43.cfm> (30 mars 2014).

73 Imprimante tickets thermique EPSON TM-T88V
<http://www.univers-discount.fr/produits/d1.cfm> (30 mars 2014).

74 <http://www.pasteque-logiciel.fr> (consulté le 30 mars 2014).

décembre 2013 à Mr Franjau qui nous en a indiqué l'adéquation fonctionnelle avec le besoin des restaurants. Des aménagements mineurs (tickets de caisse, manuel utilisateur) ont été proposés.

Le choix de l'unité centrale s'est porté sur un PC de marque Dust⁷⁵ matériellement tout à fait adapté voire surdimensionné (4 Go de Ram, 1.5 To de disque dur) au prix de 165,82€ HT. Le prix très faible s'explique par la vente flash sur internet qui présente ce matériel mais aussi par l'absence d'un système d'exploitation propriétaire tel qu'édité par Microsoft (Windows) ou Apple (Mac OS X). Le système d'exploitation est une distribution Linux dont la compatibilité avec les matériels (en particulier l'imprimante) a été vérifiée. Nous avons pu installer et tester le logiciel de caisse PASTEQUE dans une configuration équivalente (et même sur tablette Android) sans aucun problème.

La solution envisagée représente alors un coût de 702 € HT, soit cinq fois moins que l'équivalent en magasin ou dans des formules de location.

Tableau 26: Estimation des coûts matériels de la solution d'encaissement, en € HT

Élément	Tarif (€ HT)
PC	165,8
Ecran	278
Imprimante	258
Total	701,8

En comparaison avec une solution de location sur trois ans telle que fréquemment rencontrée selon le membre du SYNHORCAT 31, il y a un potentiel d'économie de 11 592 € HT pour l'équipement de quatre restaurants avec des matériels qui correspondent au niveau de performance attendu. Ce calcul n'est pas valable concernant l'Ile-Saint-Denis de part le fait que les quatre restaurants n'utilisent pas ce type de service. Il correspond au mieux à 5 796 € d'économie en considérant que deux établissements sont à prendre en compte.

Nous sommes à nouveau dans le cas d'une synergie potentielle de mutualisation

⁷⁵ PC Dust Linux

<http://www.cdiseout.com/f-popup-VISIONC15.html> consulté le 30 mars 2014.

sectorielle même si le cas des épiceries peut être examiné selon le même prisme : cela n'a pas été réalisé du fait de la bien plus grande complexité des systèmes de caisse des établissements concernés (tapis roulants, affichage client, scanners, systèmes d'information intégrés).

Pour la réalisation de la synergie concernant les solutions d'encaissement rencontre trois freins principaux :

- Tout d'abord des compétences techniques minimales sont nécessaires pour l'assemblage d'une telle solution et son maintien dans de bonnes conditions opérationnelles.
- Les restaurateurs indépendants sont isolés et entretiennent peu de relations entre eux à l'Ile-Saint-Denis. La synergie sur les huiles usagées illustre bien le fait qu'entre voisins aucun échange sur les problématiques métier n'a lieu.
- Les contrats de location actuels engagent les établissements sur 36 mois, limitant de fait leur capacité à s'engager dans une alternative.

Cependant, de par l'importance financière associée à la synergie et la capacité des acteurs de la restauration à s'organiser (cf. initiative de collecte de la biomasse), la reprise du sujet peut être envisagée. Habités à l'achat d'un service plutôt que du matériel en lui-même, une orientation « économie de fonctionnalité » telle que définie par Nicolas Buclet [BUCLET, 2005] [BUCLET, 2011] et Dominique Bourg [BOURG, 2005] doit pouvoir aussi être envisagée. Il s'agit, en lieu et place de l'appropriation privative d'un bien, d'une consommation de l'usage et de la fonctionnalité du bien [VAN NIEL, 2014]. Ce principe, initialement théorisé par Stahel et Giarini [STAHEL, 1989], visait en premier lieu à l'émergence de nouveaux leviers de croissance économique. Le potentiel de découplage de l'économie de fonctionnalité (limitation de la quantité de ressources mobilisées par unité de croissance) a conduit à l'envisager comme une solution dans une optique de développement durable.

7.4 Conclusion

Lors de la démarche menée à l'Ile-Saint-Denis, les flux identifiés, majoritairement sortants, hors eau et produits distribués, représentent en masse de vingt cinq tonnes,

c'est à dire bien peu au regard des flux rencontrés dans une démarche classique. Faute de foncier disponible (presse à carton), de circuit de collecte adapté (biomasse), d'information (CEE) ou d'un nombre suffisant de participants (services d'encaissements), aucune réalisation concrète n'a pu être mise en œuvre en dehors de la synergie concernant l'huile, qui n'est pas négligeable mais sans rapport avec les efforts déployés. Seules des synergies de mutualisation sont apparues, souvent sectorielles.

Les activités présentes dans l'échantillon entraînent un centrage sur les commerces alimentaires en général, ce qui est le principal biais de l'étude du territoire. Il permet tout de même d'affirmer que ce type d'établissement se sent beaucoup plus concerné par le gaspillage matière. La dimension symbolique de la nourriture, en particulier pour le pain, facilite la participation des acteurs.

Au-delà de la détection de cette sensibilité spécifique, le travail réalisé pour approfondir les synergies détectées n'est pas complètement vain. Au niveau de la biomasse, la pression réglementaire va peu à peu contraindre les acteurs à s'organiser. Au niveau des services, ici spécifiquement des solutions d'encaissement, le potentiel de mutualisation reste très important. Les restaurateurs bénéficient d'un potentiel réel d'amélioration de leur performance financière mais aussi environnementale (si la mise en œuvre se fait selon les canons de l'éco-conception et de l'économie de fonctionnalité) par la mutualisation de quelques services. Bien qu'ils soient isolés et dispersés, l'exemple des pharmaciens (voir encadré 3) à l'origine du groupe Welcoop permet d'illustrer la trajectoire que ne manqueront pas de prendre les quelques uns qui sauront se saisir de la problématique.

L'apparition d'une solution relevant de l'économie de fonctionnalité permet d'identifier les limites de la coopération territoriale et la nécessité d'une coopération sectorielle. Sans être antinomiques, ces deux types de coopération ont des périmètres différents et complémentaires [ADOUE, 2014]. Les collectivités locales, en matière de développement économique, dépassent maintenant leur rôle de lotisseur et d'aménageur ponctuel de zones d'activités. Elles essaient, au travers, par exemple, des démarches d'écologie industrielle, d'instaurer les bases de coopération territoriales entre les acteurs. Au niveau sectoriel, les organisations professionnelles sauront elles trouver des

solutions déployables au travers l'économie de fonctionnalité et la coopération?

Encadré 3: Une coopération sectorielle fructueuse : le groupe Welcoop [ANTOINE, 2006]

La création des premières coopératives de pharmaciens, dédiées à leur fonction achat date du début du XX siècle. Il s'agissait alors d'« un petit groupe de pharmaciens, jeunes pour la plupart, certes pleins d'idées mais néanmoins pauvres en moyens fiduciaires » [ANTOINE, 2006, p57].

Le groupe Welcoop est issu de ce milieu coopératif et voit son origine en 1935 à Nancy lors de la création de la Coopérative des Pharmaciens de Nancy (CPN) . En 1966, elle devient la Coopérative d'Expansion et de Répartition Pharmaceutique (CERP) Lorraine, un grossiste répartiteur pour devenir en 2008 le Groupe Welcoop, avec 3 300 sociétaires, 1 milliard d'euros de chiffre d'affaire en 2013⁷⁶.

De la coopérative d'achats dédiée à l'approvisionnement, la coopérative a évolué. Elle possède maintenant des laboratoires et des moyens de fabrication (en particuliers de médicaments génériques), fournit les équipements et consommables de soins à domicile, accompagne les points de vente dans le merchandising et leur fournit des outils de gestions informatiques.

« L'informatique prenant de plus en plus d'importance dans l'évolution du métier de pharmacien, la CERP Lorraine s'est efforcée de développer un outil performant au fil des années. ... Actuellement, il s'agit du leader français de l'informatique officinale avec 43 % de parts de marché. » [ANTOINE, 2006, p77]

Un exemple sûrement à suivre.

La démarche sur un territoire au potentiel d'écologie industrielle faible (et même nul dans le cas de l'Ile-Saint-Denis) et la faiblesse des résultats obtenus en termes de matérialité, volumes de flux, nous permettent de valider l'hypothèse de la représentativité du potentiel d'écologie industrielle.

Les activités qui ont ici été intégrées à la démarche n'offrent pas un panorama assez complet à notre avis. Les activités municipales mais aussi les centres commerciaux sont des entités qui devraient avoir légitimement leur place dans l'échantillon.

⁷⁶ <http://www.welcoop.com/le-groupe-welcoop.html> consulté le 31/03/2014

Pour les activités administratives ou scolaires de l'Ile-Saint-Denis, elles n'ont pas été intégrées à la démarche. Une approche plus directe des établissements concernés l'aurait peut-être permise mais cela reste une hypothèse non vérifiée. Ce cas n'a rien de surprenant, à notre connaissance, en dehors des installations de traitement de déchets, aucune installation publique n'est en général incorporée aux démarches d'écologie industrielle, par exemple les collèges pour les départements ou encore les lycées pour les régions. Seule la base de Défense de Nancy s'est engagée à ce jour au travers la participation d'un régiment du Train et d'une base aérienne en tant que participante à la démarche menée par le département de Meurthe-et-Moselle, mais elle n'en est pas à l'initiative.

Pour les centres commerciaux, et plus généralement les zones commerciales, qu'Elisabeth Pèlerin-Grenel qualifie d'« espaces dupliqués » [PELEGRIN-GRENEL, 2010, p88], nous pensons qu'ils doivent être étudiés à part et spécifiquement. La notion d'espace dupliqué est liée aux enseignes et aménagements qui nous semblent familiers quelques soient les zones commerciales dans lesquelles nous nous rendons. Villes dans la ville, leurs fonctionnements n'obéissent pas à la seule volonté des commerçants, même indépendants, qui s'y trouvent. La concentration d'enseignes (de mode pour l'Ile-Saint-Denis) n'est pas destinée à approvisionner les habitants de proximité mais vise un rayonnement bien plus important. A nouveau, l'importance d'une coordination sectorielle et de sa déclinaison territoriale ressurgit. Dans la recherche d'efficacité via la coopération, une coordination territoriale sera a priori moins efficace qu'une politique sectorielle déployée dans tous les espaces dupliqués.

Une dernière nuance sur la relation entre le potentiel d'écologie industrielle et la matérialité du territoire concerne la nature urbaine ou agricole du territoire. En effet, dans le cas ilodionysien, nous sommes dans un milieu urbain dense très spécifique qui ne permet pas d'affirmer qu'un terrain à dominante agricole autoriserait les mêmes résultats.

Au niveau des politiques et acteurs publics, la dualité de l'action, territoriale ou sectorielle, est omniprésente. Le cas des CEE et de l'ALEC dans le domaine de l'énergie sont représentatifs de dispositifs qui se croisent sans jamais se rencontrer ou établir de

relation alors que l'engagement de toutes les parties prenantes pour des économies d'énergies a été de multiples fois répété.

Chapitre 3 : Mesurer la performance matérielle des territoires : Le métabolisme de la Seine-Saint-Denis et de l'Île-de-France

Le potentiel d'écologie industrielle permet de discriminer des sous-parties du territoire les unes par rapport aux autres en vue de guider le déploiement de démarches de terrain. Dans cette partie, l'observation du territoire est élargie à l'ensemble des activités humaines pour compléter les dispositifs d'analyse de la matérialité qui est mise en œuvre en son sein. A défaut de la détection d'un potentiel, une observation est tout de même réalisable pour quantifier et analyser les flux d'énergie et de matières.

Nous allons caractériser les métabolismes des territoires envisagés afin de prioritairement observer la matérialité de la Seine-Saint-Denis. Pour cette réalisation, nous utilisons deux publications qui constitue des références en la matière : Mesurer la performance écologique des villes et des territoires : Le métabolisme de Paris et de l'Île-de-France de Sabine Barles en 2007 [BARLES, 2007], dont certaines hypothèses ont été revues en 2009 [BARLES, 2009]. Au niveau méthodologique, tout est clairement indiqué relativement précisément. Au niveau des sources, elles sont explicitées, tout comme les hypothèses retenues. Cette publication a de nombreuses fois été prise en exemple, pour des publications scientifiques en France comme à l'international. Nous pouvons mesurer l'impact de ces résultats dans la perception des problématiques territoriales de Plaine Commune, de la région Île-de-France et au niveau international. Concernant l'influence de ce travail, nous en retiendrons que « The most sophisticated framework has been developed by Barles based on the Paris city-region » [UNEP, 2013, p34]. La traduction n'est pas nécessaire.

Notre effort principal consiste, au-delà de reproduire l'exercice, à départementaliser les résultats autant que faire se peut.

Ce chapitre est aussi l'occasion de discuter de l'évolution de l'appareil statistique disponible pour établir les analyses de flux de matières et la pertinence des échelles alors que de récentes publications institutionnelles visent à engager les territoires dans la réalisation de tels exercices [SOES, 2014].

1 Enjeux

La faiblesse de la matérialité observée quand le potentiel d'écologie industrielle est nul n'est relative qu'au périmètre initialement défini : celui du sous-système de production distribution. Le territoire est-il pour autant dépourvu d'enjeu sur cette thématique ? L'absence de matérialité industrielle signifie-t-elle l'absence de matérialité du système territorial? Évidemment pas.

Pour observer cette matérialité et en définir les enjeux, deux axes de travail sont étudiés : le premier consiste, au travers des acteurs institutionnels du territoire, à déterminer quelles sont leurs préoccupations et quels enjeux sont considérés comme prioritaires, le second consiste, au travers de l'analyse métabolisme territorial, à observer scientifiquement les problématiques matérielles du territoire.

Le croisement de ces deux axes permet de déterminer dans quelle mesure les acteurs institutionnels prennent en compte la réalité matérielle de leur territoire.

1.1 Approche par les acteurs institutionnels

La commune de l'Île-Saint-Denis fait partie de la communauté d'agglomération Plaine-Commune, du département de la Seine-Saint-Denis et de la région Île-de-France.

Concernant son approvisionnement énergétique en gaz, la commune est adhérente au SIGEIF (Syndicat Intercommunal pour le Gaz et l'Électricité en Île-de-France) et pour l'électricité, elle est adhérente au SIPEREC (Syndicat Intercommunal de la Périphérie de Paris pour l'Électricité et les Réseaux de Communication). Comme vu précédemment, le SIGEIF a mis en place un dispositif de valorisation des certificats d'économie d'énergie selon les recommandations de la loi POPE, traduisant une préoccupation généralisée pour les aspects énergétiques.

La commune a délégué à la communauté d'agglomération Plaine-Commune un large partie de ses attributions et en particulier, la gestion de ses déchets. Les compétences de la communauté d'agglomération concernent [PLAINE-COMMUNE, 2006]:

- l'aménagement de l'espace,
- la création ou aménagement et gestion de voirie d'intérêt communautaire,

- la création ou aménagement et gestion de parcs de stationnement d'intérêt communautaire,
- la politique de la Ville,
- les actions de développement économique intéressant l'ensemble de la communauté,
- la protection et mise en valeur de l'environnement et du cadre de vie ,
- l'équilibre social de l'habitat sur le territoire communautaire ,
- la construction, aménagement, entretien et gestion d'équipements culturels et sportifs d'intérêt communautaire,
- les actions touristiques.

Au niveau énergétique, la création récente (2013) d'une agence locale de l'énergie pour Plaine Commune, principalement tournée vers les bailleurs et la rénovations thermique des bâtiments, illustre la prise en compte de la problématique. Cette préoccupation se retrouve dans le Plan climat énergie départemental du Conseil Général de Seine-Saint-Denis [CG93, 2010] ainsi que dans le rapport développement durable de la région Île-de-France [CRIDE, 2012], là aussi principalement tournée vers la rénovations thermique des bâtiments.

Concernant la matérialité de la société, le Conseil Régional d'Île-de-France s'intéresse principalement aux déchets, avec un focus sur les déchets de chantiers de BTP. Cette même préoccupation est partagée par la communauté d'agglomération de Plaine Commune. Au travers les travaux de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région Île-de-France (IAU), la gestion des déchets de BTP est largement mise en avant suite à la quantification du métabolisme régional pour l'année 2010 [IAUIDF, 2013]. La nécessité d'une gestion « circulaire » et du réemploi fait partie des objectifs du SDRIF et se traduit en particulier dans l'élaboration en cours d'un PREDEC (Plan de prévention et de gestion des déchets de chantier).

Au niveau de Plaine Commune, un appel d'offre clos en octobre 2013 [PLAINE-COMMUNE, 2013], intitulé *Analyse des flux et des consommations de ressources sur le*

territoire de Plaine-Commune, synthétise la problématique locale relative à la matérialité. Plaine Commune indique que des tendances se confirment :

- « la raréfaction des matériaux naturels de construction (granulats, sables) tend à poser la question des approvisionnements et des modes de construction; »
- « les nouvelles exigences réglementaires liées à l'économie des ressources, à la gestion des nuisances, à la maîtrise des consommations énergétiques, aux aspects sanitaires de matériaux, renforcent les besoins de modifications des projets urbains; »
- « la raréfaction des fonciers disponibles pour les activités de tri et de valorisation des matériaux les conflits d'usages concernant les modes de transports des matières, les exigences nouvelles en termes de tri des déchets de chantiers et de contrôle des procédés de déconstruction, voire de construction, impactent les filières du bâtiment et de la logistique, en plus des filières de collecte et de recyclage. » [PLAINE-COMMUNE, 2013, p2-3].

Il est demandé par cet appel d'offre une analyse sur la disponibilité des ressources naturelles pouvant avoir un impact sur les projets urbains futurs . « Il appartiendra au prestataire d'éclairer les acteurs économiques et institutionnelles sur la réalité des enjeux en termes de raréfaction des ressources naturelles pouvant grever les projets urbains futurs. »[PLAINE-COMMUNE, 2013, p4].

Ce travail doit être complété d'un diagnostic et d'une analyse des stocks, des flux de matières et d'énergie et d'une analyse prospective en termes de matériaux, d'énergie et de flux inhérents relative aux futurs chantiers. Il doit se conclure par la sensibilisation des parties prenantes, donneurs d'ordre, acteurs institutionnels et entreprises.

Bien qu'ils soient réalisés en ordre dispersé, une convergence apparaît très clairement de ces travaux autour des aspects énergétiques, de la réduction des volumes de déchets, en particulier des déchets de BTP. En outre, l'idée d'une certaine circularité chère à l'écologie industrielle y tient une bonne place et est considérée comme une voie de résolution des problèmes rencontrés.

Au niveau des acteurs scientifiques spécialisés sur la matérialité de la région parisienne,

Sabine Barles réalise un premier métabolisme de Paris et de l'Île-de-France pour l'année 2003 [BARLES, 2007] et conclut à l'important enjeu que constituent les flux de matériaux de construction (figure 43).

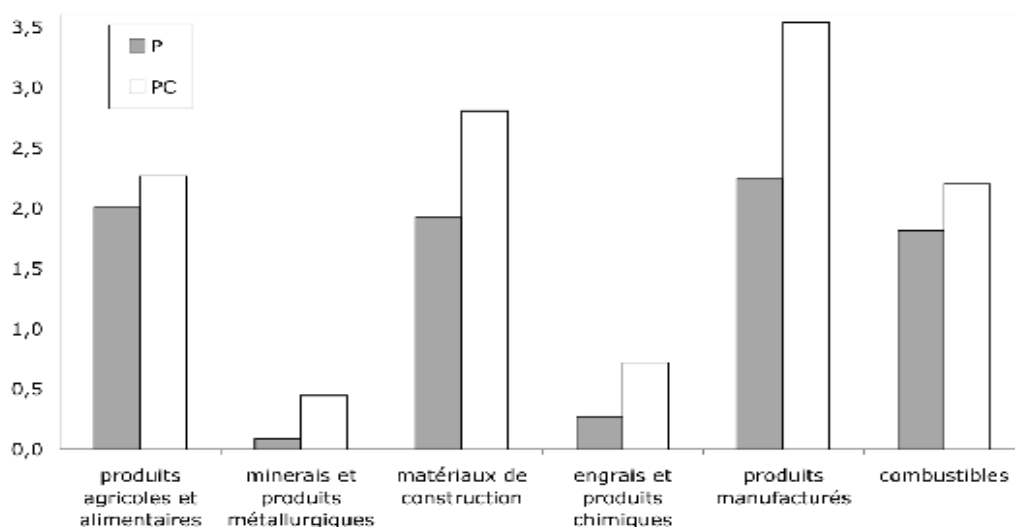


Figure 43: Composition des importations de marchandises (hors chemin de fer, combustibles compris), Paris et petite couronne, 2003 (t/hab) source : [BARLES 2007, p64].

Et cet enjeu est d'autant plus manifeste quand elle compare le métabolisme et l'Île-de-France (figure 44) avec celui de Midi-Pyrénées (figure 45) au niveau des flux de matériaux de construction [BARLES, 2014]. La dépendance de la région parisienne quant à son approvisionnement en matériaux de construction vis à vis de l'extérieur est très nette: les importations correspondant à plus de 50 % de ses besoins alors que pour Midi-Pyrénées, les importations représentent seulement autour de 10% des matériaux nécessaires. Mais ce ne sont pas là les seules différences. La région Île-de-France est plus « en situation de renouvellement urbain que de stockage additionnel » [BARLES, 2014, p27] tandis que pour la région Midi-Pyrénées, « ce n'est [...] pas le renouvellement qui prime, mais bien la création de nouvelles superstructures et infrastructures ». Dans le premier cas, le principe de symbiose industrielle constitue une voie potentielle d'amélioration de la situation tandis que pour Midi-Pyrénées, les limites du concept sont atteintes et seule une réduction nette de la consommation peut influencer sur le métabolisme.

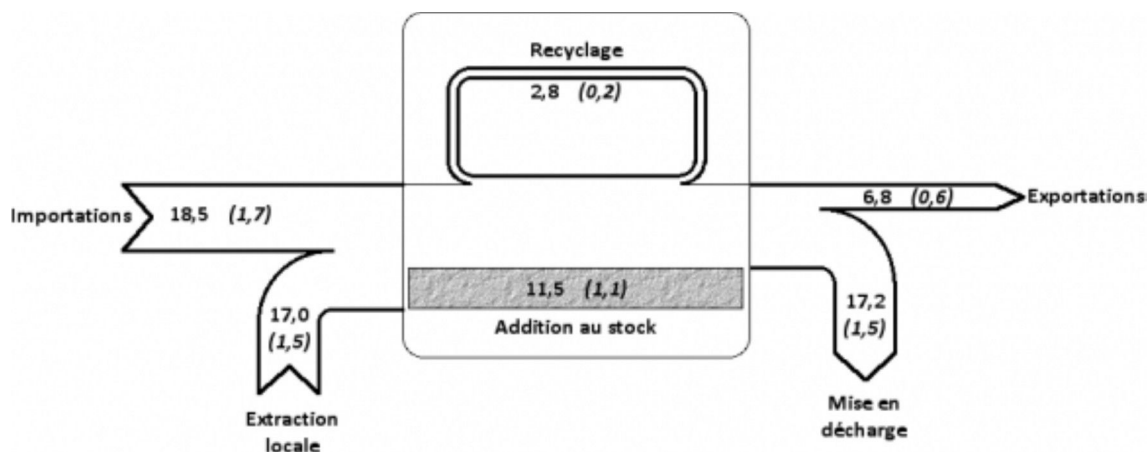


Figure 44: Bilan des matériaux de construction Île-de-France, 2003, millions de t, (t/hab), source : [BARLES, 2014].

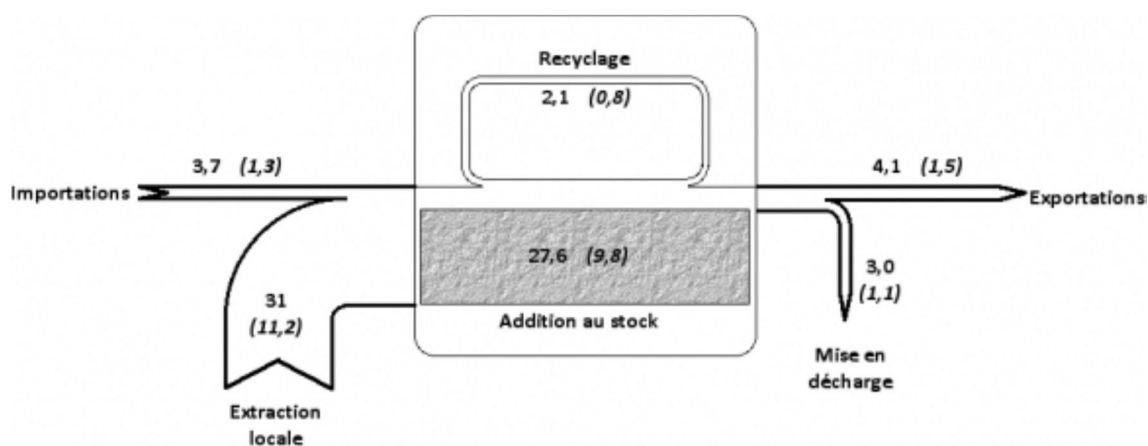


Figure 45: Bilan des matériaux de construction Midi-Pyrénées, 2006, millions de t, (t/hab), source [BARLES, 2014]

Poursuivant sur les flux de matériaux de construction, elle s'interroge sur leur distribution entre construction de logements et travaux d'infrastructure tant des différences apparaissent dans les tentatives de rapprocher les surfaces hors œuvre nette (SHON) des quantités de matière consommées. Les variations vont de 2,0 t/m² pour Paris et la petite couronne à 6,6 t/m² pour l'Ariège, alors que la valeur de 2 t/m² est en général admise pour la construction. En rapportant la consommation de sol par nouvel habitant (d'après Corinne Land Cover) et en observant la corrélation de ce ratio avec la consommation de matériaux de construction par m² de logement, elle établit le lien entre « consommation de matériaux de construction, processus d'urbanisation, et formes urbaines. » [BARLES, 2014, p29].

Au niveau de l'Île-de-France, les comparatifs entre Paris, Paris petite couronne, grande couronne et moyenne régionale sont parlantes en ce qui concerne la consommation de matériaux de construction. C'est à ce niveau que les différences sont les plus significatives. Ainsi, les considérations régionales ne sont visiblement pas les mêmes qu'il s'agisse de Paris, de la petite ou de la grande couronne. Pour Paris, les flux principaux concernent l'approvisionnement alimentaire et les énergies fossiles. Pour la grande couronne, les flux de matériaux de construction constituent plus de la moitié de la matière consommée.

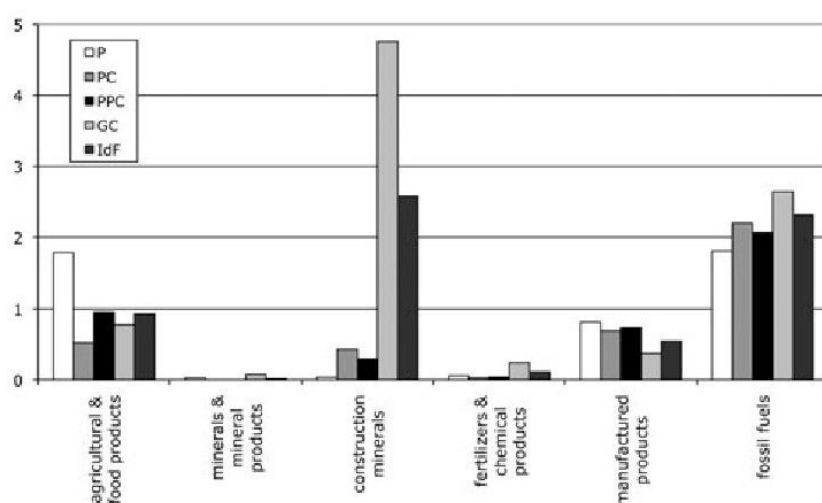


Figure 4 Domestic material consumption (DMC), 2003 (tonnes per capita). P = Paris; PC = dense suburb of Paris; PPC = dense urban area (PPC = P + PC); GC = urban sprawl and agricultural area; IdF = Île-de-France region.

Figure 46: Consommation matière tonnes par habitant, Idf, 2003, source[BARLES, 2009, p908]

L'éclairage demandé par Plaine Commune sur son territoire indique alors bien la nécessité de considérer les spécificités territoriales à une échelle inférieure à la région et va dans le sens des résultats de Sabine Barles quand elle distingue les différentes composantes de la région Île-de-France. Pour distinguer ces composantes, l'analyse des flux de matière et d'énergie s'impose.

1.2 Par un retour au métabolisme

Le métabolisme de la région Île-de-France réalisé par Sabine Barles pour l'année 2003 a été réactualisé par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région Île-de-France

pour l'année 2010. Malheureusement, pour 2010, aucune tentative de descendre à une échelle plus fine n'est faite et cela ne nous permet pas d'observer les particularités du métabolisme de la Seine-Saint-Denis, et encore moins de l'Ile-Saint-Denis, par rapport à celui de la région parisienne. Or, nous avons pu constater les très fortes disparités Paris/Grande couronne quant à la matérialité et donc à ses enjeux. L'objectif étant d'établir une observation la plus fine possible du territoire, nous devons a minima départementaliser l'exercice. Nous nous servons du métabolisme de 2010, peu détaillé dans son élaboration, pour constituer un cadre comparatif pour nos résultats.

Les résultats de 2003 distinguant la petite couronne dont fait partie la Seine-Saint-Denis pourraient être directement utilisés mais seraient-ils assez proches de la réalité depuis 2008 et la période de crise qui suivit en France?

Nous veillerons donc à produire les résultats pour chaque département d'Île-de-France, pour une entité Paris et Petite Couronne (PPC) et pour une entité régionale et en suivant le plus strictement possible les hypothèses retenues pour la réalisation du métabolisme de 2003 à moins que des améliorations puissent être apportées. Notre objectif prioritaire est l'observation des enjeux du territoire étudié (l'Ile-Saint-Denis, la Seine-Saint-Denis) à un instant donné; néanmoins, la production d'éléments de comparaisons permettra de situer le territoire dans la dynamique régionale et fournira des bases pour des recherches ultérieures.

2 Méthode

Pour la caractérisation du métabolisme en 2003, le choix s'était porté sur la méthode mise au point par le service européen de statistique (Eurostat) plutôt que sur celle de Peter Baccini et Paul H. Brunner. Cette dernière méthode, présentant la spécificité de retenir les flux liés à l'activité humaine (nourrir, laver, résider et travailler, transporter et communiquer), n'avait pas été retenue par l'auteur.

La méthode Eurostat, au-delà d'une entrée territoriale plus marquée, présente l'avantage de faire référence à l'échelle internationale et autorise des comparaisons. S'agissant de la réactualisation et de l'approfondissement d'un travail existant, nous en reprendrons la méthode précédemment utilisée, inspirée très largement d'Eurostat.

Nous présentons ci-dessous une figure illustrant les principaux indicateurs issus du bilan matière en guise de rappel. Toutes les informations et détails concernant la méthodologie sont en effet disponibles en ligne⁷⁷ dans les publications largement présentées précédemment [BARLES, 2007] [BARLES, 2009] [SOES, 2014] ou dans le guide dédié d'Eurostat⁷⁸ [EUROSTAT, 2001].

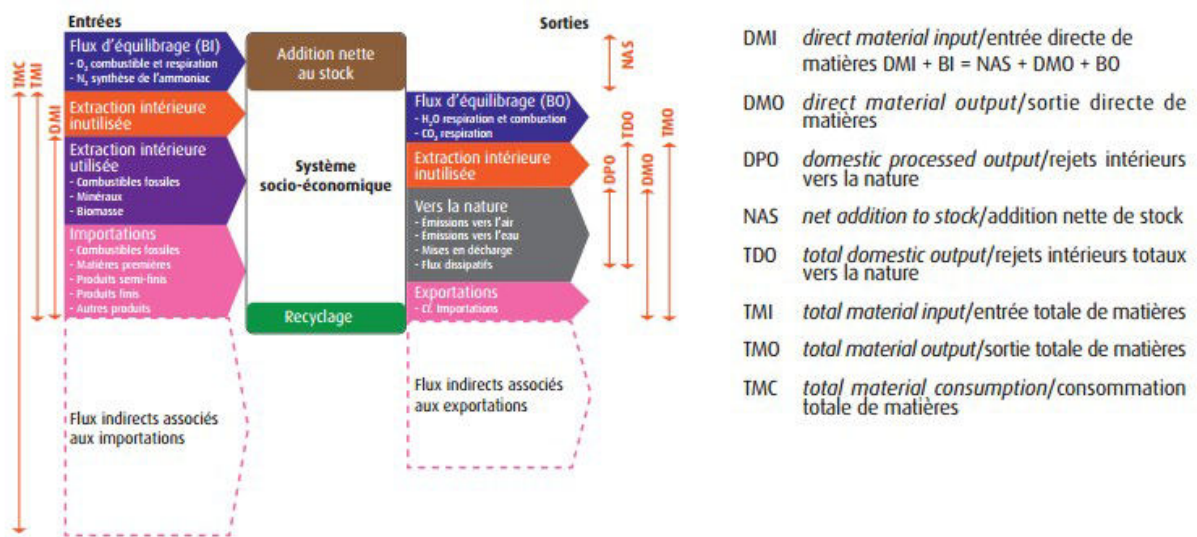


Figure 47: Schéma de principe et principaux indicateurs de l'AFM territoriale, source: Alterre Bourgogne

Pour choisir une année de référence, la tentation est forte de choisir une réactualisation décennale 2003/2013 en utilisant les données les plus récentes possibles. Cependant, l'existence d'un travail permettant un cadrage sur l'année 2010 ainsi qu'une latence incompressible pour l'obtention des données statistiques nécessaires amènent à choisir 2010 comme référence. En considérant un début de crise en 2008 et les considérations sur les surfaces mises en chantier de la publication de 2014 [BARLES, 2014], la prise en compte de ces surfaces sur la moyenne des trois dernières années (2008/2009/2010) permettra aussi en retenant 2010 d'observer a priori les effets d'une crise sur le métabolisme étudié.

La population évolue de façon relativement homogène dans tous les départements de la

⁷⁷ http://perso.univ-mlv.fr/www-ltmu/groupe_documents/doc_pdf/Barles-EI-Paris.pdf consulté le 18 Avril 2014.

⁷⁸ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-34-00-536/FR/KS-34-00-536-FR.PDF consulté le 18 Avril 2014

région Île-de-France, avec en général entre 3 et 6% d'augmentation sur la période. Seules la Seine-Saint-Denis et les Yvelines se distinguent en dépassant les 8% d'augmentation pour la première et avec une quasi-stabilité de sa population (+1.9%) pour la seconde.

Tableau 27: Population, Île-de-France, 2003-2010 (en milliers d'habitants au 1er janvier), Source: INSEE

	75	92	93	94	77	78	91	95	PPC	IDF
2003	2 168	1 481	1 408	1 251	1 242	1 381	1 164	1 131	6 308	11 226
2010	2 243	1 572	1 522	1 327	1 324	1 408	1 215	1 171	6 664	11 782

En termes économiques, le PIB régional augmente de 30% de 2003 à 2010 mais la répartition de cette hausse n'est pas homogène. Le Val-de-Marne se distingue avec 48 % d'augmentation, tout comme l'Essonne et ses 43 % d'augmentation alors que Paris clôture la marche avec une augmentation de 20 % de son PIB.

Tableau 28: PIB, Île-de-France, 2003-2010 (en Millions d'Euros), Source: INSEE

	75	92	93	94	77	78	91	95	PPC	IDF
2003	155	100	36	35	27	40	30	26	326	449
2010	186	134	49	52	37	50	43	34	421	585

Ce n'est que rapporté par habitant que le PIB permet d'illustrer les différences territoriales : Paris et les Hauts-de-Seine se caractérisent par un PIB par habitant équivalent à plus du double des autres départements. Leurs évolutions qui peuvent sembler faibles en pourcentage sont en valeur absolue dans les deux premières places. La Seine-Saint-Denis, contrairement à l'idée couramment admise qu'elle constitue le département le plus pauvre de France se situe pourtant selon cet indicateur devant la Seine-et-Marne et le Val-d'Oise.

Tableau 29: PIB/hab, Île-de-France, 2003-2010 (en Milliers d'Euros), Source: INSEE

	75	92	93	94	77	78	91	95	PPC	IDF
2003	71	67	25	27	21	28	25	22	51	40
2010	82	85	32	39	27	35	35	29	63	49
Évolution en %	+ 15	+ 26	+ 25	+ 40	+ 28	+ 22	+ 37	+ 26	+ 22	+ 24
Évolution en valeur absolue	+ 11	+ 18	+ 7	+ 11	+ 6	+ 7	+ 10	+ 6	+ 11	+ 10

Une fois encore, retenir l'Île-de-France en tant que périmètre géographique semble risqué tant les disparités sont observables. Les découpages opérés précédemment entre Paris/Petite Couronne, Grande Couronne et Région Île-de-France méritent aussi d'être revus et/ou complétés tant le caractère homogène de ces constructions est discutable au regard d'un indicateur comme le PIB par habitant. L'intérêt de la caractérisation du métabolisme de chaque département est donc confortée en vue d'une exploitation ultérieure pouvant se baser sur cette nouvelle granularité et des constructions alternatives, Ouest (78-92-75) vs Est (94-93-95-77-91) par exemple.

3 Sources

Pour l'année 2003, les sources de données sont nombreuses, éparées et quelques fois inaccessibles. En reprenant la même feuille de route, nous pourrions constater les évolutions dans ce domaine. Une grande partie des données est disponible sur internet sur le portail de la statistique du ministère de l'Écologie⁷⁹ (base de données EIDER). D'un usage simple, elles sont téléchargeables dans des formats appropriés à une utilisation bureautique ou sous la forme de fichiers textes pour être incorporées dans d'autres bases de données⁸⁰. Une attention particulière doit tout de même être portée à la vérification de ces données, quelques surprises peuvent attendre le candidat à la

⁷⁹ <http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/Eider/series.do#>

⁸⁰ Les candidats à ce type d'opération doivent bien s'assurer des formats qu'ils utilisent. L'importation des fichiers depuis un format bureautique peut conduire à des pertes d'information et à leur corruption, quand par exemple des séparateurs de milliers viennent perturber le processus. Nous avons nous même été confrontés à ce type d'erreur, fréquente lors de manipulations trop rapides. Quand un nombre de lignes importées est correct mais une somme de vérification fausse, il s'agit généralement de séparateurs de milliers qui ont transformé des 12 589 246 en 246...

construction d'un métabolisme se basant exclusivement sur cette référence en ce qui concerne les unités en particulier. Nous fournirons un exemple auquel nous avons été confrontés.

3.1 Les extractions intérieures utilisées

Les extractions locales considérées sont constituées de la biomasse, principalement agricole et forestière, ainsi que des minéraux.

La biomasse

Biomasse issue de l'agriculture

Les données concernant la production agricole sont régulièrement fournies à une échelle départementale. Collectées par le service statistique du ministère de l'Agriculture et de la Pêche (AGRESTE), elles sont restituées en ligne⁸¹.

Tableau 30: Production agricole détaillée, Île-de-France, 2010, en kt, Source: Agreste

	77	78	91	92	93	94	95	PPC	IDF
Céréales, protéagineux, oléagineux	1 954	491	464	0	5	5	328	9	3 245
Pailles de céréales	54	15	10	0	0	0	8	0	87
Cultures non alimentaires	260	27	76	0	1	0	69	1	433
Fourrages annuels	20	4	2	0	0	0	2	0	28
Prairies non permanentes et surfaces en herbe	61	30	10	0	0	0	19	0	120
Cultures industrielles	2 389	89	450	0	7	6	516	13	3 457
Pommes de terre	83	20	22	0	2	0	14	2	141
Cultures légumières	28	29	14	0	1	3	14	4	89
Cultures fruitières	3	3	1	0	0	0	8	0	15
Vignoble	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4 852	708	1 049	0	16	14	977	30	7 617

81 <https://stats.agriculture.gouv.fr/disar/> consulté le 23 mars 2015.

Tableau 31: Production agricole, Île-de-France, 2003/2010, en kt

	75	92	93	94	77	78	91	95	PPC	IDF
2003	0	0	18	9	3 789	559	757	713	27	5 845
2010	0	0	16	14	4 852	708	1 049	977	30	7 617

En dehors des départements de la petite couronne dont la production s'est infléchiée entre 2003 et 2010, les autres départements ont eu des évolutions positives de leur production dans l'intervalle.

Biomasse forestière

Concernant la biomasse forestière, le métabolisme de 2003 se basait sur l'Agreste et utilisait des ratios pour transformer les volumes produits en masse (0,425t/m³ pour les bois dur et 0,325t/m³ pour les bois blancs et résineux, 0,375t/m³ quand la distinction n'est pas faite [BARLES, 2007, p21]). Nous retenons ces derniers coefficients pour le passage des volumes en masse.

L'Inventaire Forestier National (IFN) a depuis 2003 mis au point une méthode qu'elle a testée scientifiquement pour estimer les volumes biologiques produits par la forêt [IFN 2011]. Dans son numéro 28 de 2011⁸², sa revue, *l'IF*, titre « Prélèvements de bois en forêt et production biologique : des estimations directes et compatibles » et expose méthodologie et résultats. La production biologique correspond au volume de matière qui se produit naturellement par l'action de la photosynthèse. La production commercialisée correspond au volume qui est mis sur le marché par l'action de l'homme. Nous en retiendrons la fiabilité des données produites mais surtout, concernant l'Île-de-France, la quasi exclusivité des feuillus dans la production.

L'Agreste fournit aussi des données concernant la filière bois, présentées dans une rubrique spécifique de son site⁸³ et permet d'en télécharger les tableaux dans des formats exploitables.

Les données sont consolidées au niveau de la région Île-de-France en ce qui concerne la production biologique, en revanche, elles sont détaillées au niveau départemental en ce

82 http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/IF_prel-prod_web2.pdf consulté le 29 avril 2014

83 <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/publications/graphagri/article/graph-agri-bois> consulté le 19 Avril 2014

qui concerne la récolte et réparties entre feuillus et résineux. Nous faisons l'hypothèse que la production biologique de l'Île-de-France peut être ventilée au niveau des départements au prorata des surfaces de chacun identifiées par les recensements agricoles précédemment considérés. Des alternatives de ventilation sont possibles, selon la base Corinne Land Cover (mais la fraîcheur des données est limitée à 2006) ou encore selon les enquêtes Teruti Lucas (anciennement Teruti) qui détaillent forêts et peupleraies par département: nous ne les avons pas exploitées mais elles restent des pistes possibles.

Les données de production ont été converties en masse, selon les coefficients préalablement établis.

Tableau 32: Production forestière détaillée, Île-de-France, 2010 D'après: voir dans le texte

	Surface 2010 (ha)	Production biologique kt	Production commercialisée kt	Production commercialisée trituration kt	Total commercialisée kt	Addition au stock kt
91	47 100	86	5,95	0	6	80
92	3 532	6	0,85	0	1	6
75	0	0	3,40	0	3	-3
77	155 374	284	67,15	11,48	79	206
93	1 015	2	0,00	0	0	2
95	30 342	56	12,75	0	13	43
94	3 122	6	0,00	0	0	6
78	79 259	145	40,38	7,65	48	97
IDF	319 744	585	130,48	19,13	150	435
PPC	7 669	14	4,25	0,00	4	10

Les productions commercialisées distinguent le bois destiné à la trituration, à de rares exceptions près, elles restent faible et concentrées en Seine et Marne. La production biologique est principalement stockée.

Tableau 33: Production forestière 2003-2010, Île-de-France, en kt D'après : voir dans le texte

	75	92	93	94	77	78	91	95	PPC	IDF
2003	ND	ND	ND	ND	103	34	7	17	2	165
2010	3	1	0	0	79	48	6	13	4	150

La comparaison des données de production forestière n'apporte pas d'éclairage complémentaire si ce n'est pour vérifier la cohérence et les ordres de grandeur.

La chasse

Les résultats de 2003 concernant la chasse montraient les très faibles prélèvements de cette activité. Les données sur le grand gibier prélevé sont fournies annuellement pour chaque département par l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage⁸⁴ (ONCFS). Nous ne pouvons pas résister à signaler les 3 prises de chevreuil dans les Hauts de Seine pour l'année 2010 tant elles constituent un événement pour le domaine cynégétique dans le département. Concernant le petit gibier, l'ONCFS annonce avoir entrepris une enquête similaire à celle de 1998-1999 [ONCFS, 2000] mais nous devons reprendre ces données faute d'alternatives. L'ONCFS présente aussi des fiches sur les espèces chassées comprenant la masse moyenne des individus de l'espèce. Ce sont ces valeurs qui ont été retenues pour la conversion en masse à la différence de la publication de 2003, nous pouvons formuler l'hypothèse bien peu risquée que l'impact sur la matérialité du territoire n'en sera pas bouleversée. Accessoirement, la ressource en ligne anciennement proposée n'est plus disponible.

84 <http://www.oncfs.gouv.fr/Grands-ongules-Tableaux-de-chasse-ru248/Grands-ongules-Tableaux-de-chasse-departementaux-ar1480> consulté le 19 Avril 2014

Tableau 34: Prélèvements détaillés de la chasse en 2010, Île-de-France, source: voir texte

	Cerf élaphe (t)	Chevreuril (t)	Sanglier (t)	Daim (t)	Cerf sika (t)	Total GG (t)	Petit gibier (t)	Total chasse (t)
77	90	149	1 006	6	1	1 253	539	1 792
75	0	0	0	0	0	0	1	1
91	15	48	195	2	0	261	189	450
78	128	52	299	0	0	479	211	690
95	10	20	188	0	0	218	194	412
92	0	0	0	0	0	0	2	2
94	0	2	10	0	0	13	2	15
93	0	0	0	0	0	0	6	6
IDF	243	272	1 698	9	2	2 224	1144	3 368
PPC	0	2	10	0	0	13	11	24

La comparaison des valeurs obtenues pour les deux périodes indique des ordres de grandeur similaires. Les trois chevreuils hauts-séquanais n'ont pas réussi à influencer notablement sur le bilan, l'arrondi lors du passage des kilos en tonnes leur fut fatal.

Tableau 35: Prélèvement de la chasse 2003-2010, Île-de-France, en t, d'après : voir dans le texte

	75	92	93	94	77	78	91	95	PPC	IDF
2003	1	2	6	2	1554	656	366	355	11	2941
2010	1	2	6	15	1792	690	450	412	24	3368

Autres

Les prélèvements liés à la cueillette, à la pêche n'ont pas été déterminés. Cette hypothèse déjà retenue pour 2003 est reprise pour 2010.

Les minéraux

Les données concernant le granulats naturel extrait n'étaient pas pour 2003 d'un accès aisé malgré les enjeux déjà identifiés liés à leur épuisement : aucune année n'était entièrement renseignée et les enquêtes partielles au niveau géographique.

L'UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction)

fournit maintenant des enquêtes de branche comprenant des données remontant à 2000, départementalisées, et qui sont diffusées sur le portail EIDER (série référencée QS02). L'accès est donc grandement facilité et la couverture spatiale complète. Pour l'année 2003, les données collectées à l'époque ont été remplacées par celles fournies par la source actualisée.

Tableau 36: Extraction de granulats naturels 2003-2010, Île-de-France, source: UNICEM

	Extraction 2003, kt	Extraction 2010, kt
77	9 000	7 100
75	ND	ND
91	1 300	1 600
78	2 200	1 900
95	1 200	1 400
92	600	800
94	400	700
93	300	300
IDF	15 000	13 800
PPC	1 300	1 800

Au total, en Île-de-France, pour 2003, 16 994 kt de granulats avaient été comptabilisés, soient 2 millions de tonnes de plus que la valeur reconstituée. Nous retiendrons cet élément pour notre compréhension de la dynamique du métabolisme régional car les tonnages sont importants : un différentiel de 1,2 millions de tonnes ou de 3,2 millions de tonnes entre les deux périodes n'est pas neutre puisqu'il faut passer la baisse de l'extraction de 10% à plus de 25%.

L'importance donnée à la disponibilité de cette ressource nous a amené à considérer plus en détail les autres sources de données qui permettraient d'en suivre la dynamique. Au niveau national, le BRGM entretient une base de données dédiée : l'Observatoire des matériaux, «base de données géoréférencées des exploitations de substances minérales et matériaux de carrières en France (métropole, départements et collectivités d'outre-

mer). »⁸⁵

Un accès par une navigation cartographique autorise la consultation de toutes les exploitations relatives à l'extraction de matériaux. Des extractions partielles de données sont disponibles à destination d'autres outils SIG. Chaque exploitation est référencée par un identifiant numérique unique et dans un format web relativement structuré, une fiche en présente les principales informations dont les autorisations préfectorales pour les divers sites qu'elle exploite. Ces autorisations sont transcrites dans un tableau détaillant, pour chaque substance, les quantités annuelles autorisées par les autorités. Ces autorisations annuelles et par substances ne sont malheureusement pas disponibles dans les extractions précédemment mises à dispositions. Une lecture automatisée et systématique nous a cependant permis de reconstituer les tonnages autorisés et de restructurer dans un format exploitable les informations recherchées. Ainsi, nous avons pu comparer, au niveau national, la relation entre les demandes d'extraction effectuées, les productions déclarées et leurs dynamiques respectives.

On constate une augmentation forte et constante des autorisations depuis 1990 avec une rupture et un recul dès 2009, signe d'une grande réactivité des producteurs à la conjoncture. Sur la décade 2000-2010, la production est relativement stable mais elle suit la même dynamique baissière dès 2008. Par les données relatives aux autorisations, des précisions substance par substance sont envisageables. Nous retiendrons que les autorisations demandées ne reflètent pas l'extraction réelle dans sa dynamique haussière. Par contre, elle reflète très rapidement les tendances baissières. Le choc d'une crise telle que celle de 2008 est très clairement matérialisé sur les deux courbes.

Le caractère géoréférencé de cette source autorise des analyses spatiales fines d'autant que toutes les substances peuvent être étudiées indépendamment.

85 <http://materiaux.brgm.fr/>, rubrique Présentation Générale, consulté le 8 mars 2015

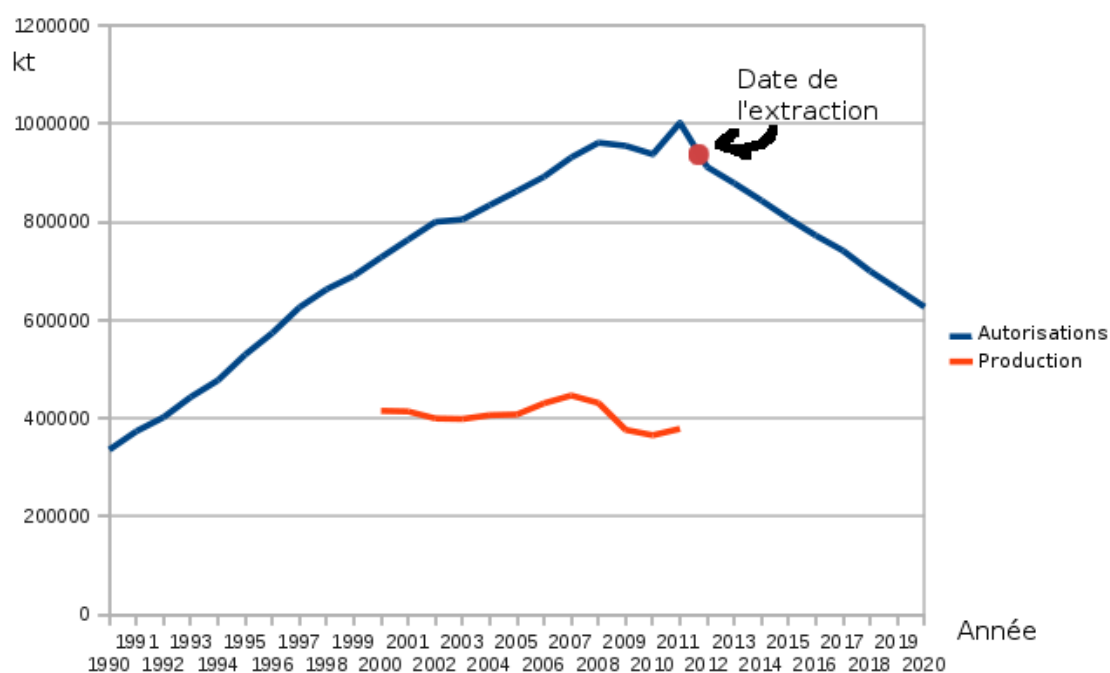


Figure 48: Autorisations d'extractions et production de granulat, France, source: voir le texte

3.2 Importations et exportations (hors combustibles)

Pour les flux de matières importées ou exportées, la base de données SITRAM (Système d'Information sur les TRansports de Marchandises) est utilisée tout comme pour la réalisation de 2003. La nomenclature a évolué et la classification des produits n'est plus la même. Au niveau des sources qu'utilisent cette base de données, nous pouvons relever l'absence des données relatives au fret ferroviaire.

01 Produits de l'agriculture, de la chasse, de la forêt et de la pêche	11 Machines et matériel nca, produits des TIC et instruments de précision
02 Houille et lignite ; pétrole brut et gaz naturel	12 Matériel de transport
03 Minerais, tourbe et autres produits d'extraction	13 Meubles ; autres produits manufacturés nca
04 Produits alimentaires, boissons et tabac	14 Matières premières secondaires ; déchets
05 Textiles, cuir et produits dérivés	15 Courrier, colis
06 Bois, pâte à papier, papier et produits de l'édition	16 Équipement pour le transport de fret
07 Coke et produits pétroliers raffinés	17 Déménagements ; biens non marchands ; véhicules en réparation
08 Produits chimiques, caoutchouc, plastique et combustible nucléaire	18 Marchandises groupées
09 Autres produits minéraux non métalliques	19 Marchandises non identifiables
10 Métaux de base, produits métalliques	20 Autres marchandises, non classé ailleurs

Tableau 37: Classification des produits dans la base de données SITRAM, source: SOeS

Tous les trafics calculés sont hors trafic interne.

Tableau 38: Trafic de marchandises 2010, dept 75, 91, 92, 93, 94 (kt) hors SNCF, hors douanes, hors fret aérien

	75	75	91	91	92	92	93	93	94	94
	Entrants	Sortant	Entrants	Sortant	Entrants	Sortants	Entrants	Sortants	Entrants	Sortants
1	596	164	1 472	2 118	594	281	491	201	2 375	1 740
2	46	0	37	0	281	26	23	0	366	2
3	1 625	1 589	2 631	1 569	3 839	3 030	2 557	1 884	2 446	1 832
4	1 172	132	2 188	2 002	356	308	951	393	1 571	1 107
5	103	40	75	81	17	6	63	74	81	50
6	233	281	895	558	299	255	392	255	439	480
7	118	0	170	620	399	1 122	241	148	217	164
8	116	15	347	94	199	125	250	116	308	282
9	1 254	1 150	1 391	1 059	2 134	2 142	2 072	2 176	1 338	1 766
10	149	25	249	169	314	167	342	247	255	250
11	130	170	302	362	420	251	310	356	167	248
12	201	142	216	157	151	246	541	354	207	148
13	78	12	82	212	189	64	97	83	111	34
14	51	378	335	229	105	517	434	1 285	435	929
15	272	106	557	833	389	405	387	319	592	393
16	10	20	106	157	64	141	154	144	50	81
17	120	93	207	249	80	41	57	64	74	65
18	786	466	3 073	2 975	1 104	1 047	2 133	1 539	2 164	1 869
19	45	1	67	23	419	672	126	82	114	45
20	55	0	0	2	0	0	0	2	0	90
Total	7 160	4 785	14 401	13 471	11 354	10 846	11 623	9 719	13 308	11 576
hors énergie	6 996	4 785	14 194	12 851	10 675	9 698	11 359	9 571	12 725	11 410

Tableau 39: Trafic de marchandises 2010, dept 77, 78, 95, PPC & IDF (kt), hors SNCF, hors Douanes, hors fret aérien

	77		78		95		PPC		IDF	
	Entrants	Sortants	Entrants	Sortants	Entrants	Sortants	Entrants	Sortants	Entrants	Sortants
1	2 024	4 138	896	1 119	678	1 003	3 619	1 949	6 313	7 951
2	50	119	259	28	5	11	716	28	1 007	126
3	5 881	4 421	2 456	1 564	2 010	2 080	8 991	6 858	8 852	3 376
4	2 245	2 355	810	477	775	376	3 435	1 324	7 054	4 134
5	234	200	37	73	145	98	253	160	401	269
6	930	766	505	376	565	311	1 162	1 071	2 647	1 673
7	321	882	285	305	241	62	587	1 046	577	1 889
8	806	947	331	134	321	234	804	469	1 984	1 253
9	2 894	2 326	2 439	1 337	1 833	1 702	4 005	4 441	4 360	2 663
10	480	460	540	471	445	747	922	549	1 978	1 738
11	679	675	347	311	420	423	616	615	1 186	1 208
12	268	177	1 108	930	470	411	985	776	2 023	1 426
13	227	433	140	56	185	43	420	138	645	472
14	1 426	346	1 020	746	697	252	510	2 593	1 249	1 427
15	910	864	183	212	499	555	1 521	1 104	2 473	2 371
16	182	201	71	238	101	76	203	310	409	728
17	187	185	120	115	121	94	277	209	375	314
18	3 234	4 187	1 401	988	2 121	2 379	5 549	4 282	10 229	9 663
19	136	140	76	101	175	75	676	772	950	930
20	28	0	1	28	36	0	0	37	3	5
Total	23 142	23 820	13 021	9 608	11 845	10 930	35 251	28 732	54 714	43 616
hors énergie	22 771	22 819	12 477	9 276	11 599	10 856	33 948	27 658	53 129	41 600

Tableau 40: Trafic de marchandises 2003-2010, Île-de-France (kt), hors SNCF, hors Douanes, hors aérien, pour 2010

	Paris		PPC		IDF	
	Entrants	Sortants	Entrants	Sortants	Entrants	Sortants
2003	15 242	8 378	56 453	24 232	88 350	58 502
2010	6 995	4 484	33 948	27 658	53 129	41 600

Les variations observées sont très importantes et l'absence du fret ferroviaire qui

représente en général 10 à 15% des tonnages transportés ne peut à lui seul justifier de tels écarts. Tous les calculs réalisés ont eu comme support les données fournies par le site du service de la statistique du ministère de l'écologie (SoeS). Ce ne sont pas les données consolidées au niveau régional présentées sur le site⁸⁶ mais des données départementalisées autorisant une analyse plus fine et des consolidations différentes. Quand les chiffres sont consolidés au niveau régional par le SoeS, le trafic total, énergie incluse, représente 52 731 kt en entrée et 42 045 kt en sortie, soit à très peu de chose près les valeurs que nous obtenons. Cela nous permet de vérifier l'intégrité des informations transmises et intégrées dans la base de données qui a servi de support et de valider les calculs lancés.

Pour le trafic SNCF de fret ferroviaire, il est relativement stable de 1995 à 2005 en ce qui concerne les flux entrants comme sortant. En considérant une stabilité jusqu'en 2010 et même sans en retirer les produits pétroliers et combustibles, il n'explique l'absence que d'environ 10 millions de tonnes en entrées et environ 5 millions en sortie. Soit largement bien peu du déficit constaté.

Tableau 41: Évolution du trafic de fret ferroviaire, Île-de-France, 1995-2005, en kt

	de la France	import	total entrant	vers la France	export	total sortant
1995	7 885	1 489	9 374	4 040	1 451	5 491
2000	9 273	2 338	11 611	4 470	1 573	6 043
2005	6 929	1 458	8 387	2 934	1 336	4 270

Au niveau de Paris, nous avons intégré les données de 2003 (qui comprennent le fret ferroviaire mais pas les combustibles) dans un tableau de l'évolution du trafic routier et fluvial comprenant, lui, toutes les catégories de marchandises transportées pour avoir un aperçu rapide des tendances et pour vérifier s'il n'y a aucune aberration majeure sur le trafic entrant dans un premier temps (hors trafic interne).

86 http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/r/tous-modes.html?cHash=6966ca31f5a59656f4c25c9738b49e0c&tx_ttnews%5Btt_news%5D=22988

Tableau 42: Evolution du trafic Route et VNF, Paris, 1975-2005

	Route		VNF		Total		
	de la France	import	de la France	import	de la France	importation	total entrant
1975	11 935 551		5 001 682	25 838	16 937 233	25 838	16 963 071
1980	10 876 071		2 737 850	37 452	13 613 921	37 452	13 651 373
1985	9 332 651		1 701 345	18 733	11 033 996	18 733	11 052 729
1990	12 363 891	512 537	3 071 225	37 519	15 435 116	550 056	15 985 172
1995	11 989 644	366 006	1 841 246	4 023	13 830 890	370 029	14 200 919
2000	10 577 380	121 125	1 592 315	0	12 169 695	121 125	12 290 820
2003	hors	énergie	sncf	inclue	12 705 000	2 537 000	15 242 000
2005	10 191 227	72 059	1 397 887	289	11 589 114	72 348	11 661 462

Si pour le trafic en provenance de la France, les chiffres utilisés pour 2003 s'intègrent dans l'évolution générale, la variation des importations ne peut s'expliquer que par une destination quasi exclusivement parisienne des importations via le fret ferroviaire à destination de l'Île-de-France.

Au niveau du fret ferroviaire, nous pouvons reconstituer en partie les valeurs malgré l'incertitude importante engendrée par la méthode. Nous disposons pour cela des séries fournies par le SOeS jusqu'en 2005 avec une granularité départementale et les valeurs du CGDD, cette fois-ci consolidées, de 2008 à 2011, ce qui est suffisant pour notre usage.

Au niveau national, nous pouvons reconstituer la série en tonnes et tonnes kilomètres.

Tableau 43: Evolution du fret ferroviaire national, en t et t.km, sources: Sitram, CGDD

	total tonnes.km	total tonnes
1990	43 927 432 690	128 960 517
1991	43 428 799 639	126 994 603
1992	42 466 176 688	123 203 989
1993	39 361 561 132	109 611 059
1994	41 768 841 754	115 106 440
1995	40 146 564 423	110 452 193
1996	41 202 291 458	113 750 730
1997	44 626 956 922	120 960 935
1998	45 382 388 311	123 128 173
1999	45 162 991 916	123 578 333
2000	48 279 623 553	131 164 447
2001	44 260 536 544	117 072 288
2002	44 026 740 092	118 690 873
2003	41 071 908 163	111 668 750
2004	39 947 350 517	108 792 429
2005	36 362 333 001	100 838 462
2008	40 436 000 000	108 536 000
2009	32 129 000 000	86 126 000
2010	29 965 000 000	85 045 000
2011	34 202 000 000	92 481 000

La tendance nationale est à la diminution des tonnages, en particulier à partir de 2008 pour atteindre un palier bas en 2010. A partir de 2001, les données disponibles ne sont plus départementalisées, celles fournies de 2001 à 2006 par le SoeS et qui semblent départementalisées ne le sont en fait aucunement : les valeurs pour Paris sont celles de la Région Île-de-France dans son ensemble, les autres départements ne se voyant affecter aucun fret. La même erreur est observable pour la Haute-Garonne dans Midi-Pyrénées et elle est généralisée.

Nous devons donc prendre les dernières valeurs départementalisées au niveau de l'année 2000 et un coefficient de 0.72 est appliqué pour rendre compte de l'évolution observée du trafic. L'incertitude induite n'est pas quantifiable mais d'une façon générale la qualité n'est pas au rendez-vous sur ces séries. Les flux de l'année 2000 sont qualifiés selon la

nomenclature NST-R qui a précédé celle qui est utilisée maintenant, les données 2010 obtenues sont aussi dans cette nomenclature.

0 = Produits agricoles et animaux vivants
1=Denrées alimentaires et fourrages
2=Combustibles minéraux solides
3=Produits pétroliers
4=Minerais et déchets pour la métallurgie
5=Produits métallurgiques
6=Minéraux bruts ou manufacturés et matériaux de construction.
7=Engrais
8=Produits chimiques
9=Machines,véhicules,objets manufacturés et transactions spéciales.

De l'année 2005 à l'année 2010, une variation quasi identique s'applique sur les tonnes transportées et les tonnes.kilomètres (0,82 pour l'un, 0,84 pour l'autre). Nous retiendrons un ratio de 0,83 pour convertir les valeurs de 2005 en valeur de 2010 ou du moins les approcher en prenant comme hypothèse que la diminution observée s'est appliquée de façon homogène sur l'ensemble du trafic. Ces données présentent aussi la particularité d'être obtenues selon la nomenclature précédemment en vigueur.

Tableau 44: Trafic de marchandises sncf, dept 75, 77, 78, 91, 92, extrapolations 2010, en kt, source: voir texte

Kt	75		77		78		91		92	
	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant
0	0	1	18	220	0	44	0	71	84	1
1	69	4	96	93	85	1	159	51	21	1
2	0	0	218	0	1	0	16	0	20	128
3	11	0	49	87	41	20	3	0	20	0
4	0	0	88	37	247	107	0	36	0	49
5	0	0	2	247	190	168	135	0	30	1
6	252	0	1 367	340	380	3	495	1	364	1
7	0	0	203	117	0	0	10	0	0	0
8	0	0	41	171	1	0	4	0	23	0
9	191	164	39	42	57	229	40	24	38	12
Total	524	169	2 122	1 355	1 002	572	862	184	602	193
Total hors énergie	514	169	1 855	1 267	960	552	844	184	561	65

Tableau 45: Trafic de marchandises sncf, dept 93, 94, 95, PPC et Idf, extrapolations 2010, en kt, source: voir texte

Kt	93		94		95		PPC		IDF	
	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant
0	0	0	164	14	0	0	248	16	266	352
1	51	98	217	5	8	0	358	108	707	254
2	189	0	9	0	8	0	219	128	461	128
3	8	0	8	0	0	0	46	0	140	108
4	2	80	2	34	0	0	4	163	339	343
5	126	9	126	11	147	1	283	21	758	437
6	76	0	290	0	188	1	983	2	3 413	346
7	0	0	0	0	129	0	0	0	341	117
8	0	11	2	0	1	2	26	11	73	184
9	440	633	1 271	1 228	61	26	1 940	2 037	2 137	2 358
Total	893	831	2 089	1 293	542	30	4 108	2 487	8 636	4 627
Total hors énergie	696	831	2 072	1 293	534	30	3 843	2 358	8 035	4 392

Au niveau des données des douanes qui complètent la connaissance des flux de fret sur le territoire, leur manipulation doit être effectuée avec précautions, selon les recommandations du guide SOeS [CGDD, 2014, p47]. Au niveau de la route, du rail et du fluvial, afin d'éviter un double comptage, nous ne prenons pas en compte les lignes qui relèvent de ces modes de transports. Seuls le fret aérien et le trafic maritime (peu pertinent dans le cas de l'Île-de-France (le domaine maritime s'arrêtant à Rouen sur l'axe Seine) restent à considérer.

La série de 2010 ne comprend que des valeurs monétaires sans indication sur les masses en jeu. La série de 2012 présente à la fois les masses et les valeurs monétaires, notre seule voie de reconstruction est de définir la masse mise en jeu en fonction des valeurs monétaires. En partant de l'hypothèse d'une persistance de la nature des marchandises en fonction des liaisons et de la typologie proposées par la nomenclature, l'établissement de ces ratios à partir des valeurs de 2012 est effectué par mode de transport et par département. L'idée directrice est d'obtenir la variance la plus faible possible et un ensemble de coefficients différenciés.

Dans un premier temps, pour chaque département et pour chaque mode de transport, un

tableau historique présentant pour chaque chapitre les flux entrants et sortants, en masse et en valeur monétaire est réalisé. Les lignes présentant un manque (valeur monétaire ou masse), sont exclues. Il s'agit de déterminer si d'une année sur l'autre, en fonction du mode de transport, du département ciblé et du chapitre de la NST-R dont il est question, une moyenne peut être appliquée. Il en est ensuite extrait un ensemble de ratios, valeur monétaire/masse dont la moyenne est analysée chapitre par chapitre.

Le département des Bouches-du-Rhône est utilisé pour la démonstration étant donné qu'il bénéficie d'un espace portuaire important, d'un grand aéroport et de connections fluviales. Sur l'exemple des Bouches-du-Rhône en mode mer, le nombre de lignes permet d'établir des moyennes par chapitre avec des variances acceptables. Dans le cas du mode « air », la faiblesse du nombre d'observations fait apparaître des variances bien plus importantes.

Tableau 46: Ratios pour les Bouches-du-Rhône, flux entrant, par chapitre, par mer, source: voir texte

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1995	0,64894	0,91512	0,04552	0,09935	0,02013	0,83028	0,02175	0,04066	0,43130	0,98758
1996	0,72855	0,86470	0,04289	0,12166	0,02083	1,11848	0,03718	0,16334	0,34563	4,54470
1997	0,66909	0,98109	0,05253	0,12952	0,02322	1,02930	0,04879	0,13501	0,47475	4,70244
1998	0,65273	0,94026	0,05042	0,09045	0,02418	0,35335	0,04382	0,18490	0,36588	4,88951
1999	0,62062	0,94218	0,04953	0,12145	0,03941	0,26240	0,23360	0,20431	0,30043	5,50654
2000	0,77244	0,99293	0,03918	0,22161	0,04706	0,50174	0,25380	0,19287	0,44561	4,76817
2001	0,78916	1,02865	0,04849	0,20367	0,11039	0,35840	0,22145	0,19481	0,41688	4,88951
2002	0,81512	0,95807	0,03793	0,19185	0,05978	0,43201	0,19783	0,18722	0,42126	4,79993
2003	0,84802	0,90059	0,04200	0,19514	0,03960	0,50868	0,17854	0,19948	0,46693	4,76705
2004	0,82897	0,85830	0,05795	0,22702	0,03936	0,85206	0,18150	0,21690	0,48912	5,71361
2005	0,88110	0,90484	0,08515	0,31033	0,04049	1,19436	0,07374	0,23559	0,52797	5,78810
2006	0,84981	0,94806	0,09884	0,37528	0,05800	1,94001	0,10813	0,24896	0,63035	6,59763
moyenne	0,75871	0,93623	0,05420	0,19061	0,04354	0,78176	0,13334	0,18367	0,44301	4,82956
variance	0,00834	0,00258	0,00035	0,00750	0,00062	0,23651	0,00744	0,00293	0,00755	1,83260
écart type	0,09134	0,05075	0,01878	0,08663	0,02498	0,48632	0,08628	0,05410	0,08691	1,35

Tableau 47: Ratios pour les Bouches-du-Rhône, flux sortant, par chapitre, par mer, source: voir texte

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1995	0,98506	0,62046	0,66667	0,12248	1,54591	0,39111	0,02916	1,27014	0,46048	7,13779
1996	0,85205	0,71261	0,11722	0,13644	0,11435	0,30093	0,03728	0,79554	0,44962	10,04268
1997	0,67139	0,69238	0,50000	0,17257	0,21357	0,39405	0,02802	0,55611	0,52268	4,00798
1998	0,93412	0,80710	0,21600	0,13710	1,61157	0,38348	0,02417	0,44248	0,43764	5,51669
1999	0,76925	0,72887	0,13902	0,15223	0,23449	0,34414	0,03504	0,37305	0,44466	5,61460
2000	1,00799	0,72039	0,10573	0,26314	0,07446	0,41985	0,04913	0,42824	0,66012	6,02599
2001	0,61372	0,73168	0,09323	0,25468	0,47705	0,40346	0,05109	0,86207	0,61744	6,25498
2002	0,49418	0,82493	0,14286	0,21500	0,26932	0,40907	0,07070	0,51362	0,59962	5,85296
2003	0,64959	0,73271	0,25000	0,23900	0,15500	0,36734	0,06919	0,48928	0,58120	5,27314
2004	0,73593	0,73353	0,14216	0,24889	1,19108	0,44773	0,06595	0,59768	0,65942	5,22948
2005	0,70658	0,79654	0,24000	0,35535	1,15604	0,50993	0,07583	0,42508	0,95934	5,53891
2006	0,86613	0,85397	0,18361	0,43959	2,63939	0,55135	0,12780	0,56611	0,95459	5,93107
moyenne	0,77383	0,74626	0,23304	0,22804	0,80685	0,41020	0,05528	0,60995	0,61223	6,03552
variance	0,02505	0,00413	0,03062	0,00911	0,66724	0,00463	0,00086	0,06491	0,03267	2,12724
écart type	0,15827	0,06425	0,17497	0,09547	0,81685	0,06802	0,02925	0,25478	0,18076	1,45850

En comparaison, les ratios calculés pour le fret aérien entrant pour ce même département sont totalement différents. La valeur monétaire des produits transportés par avion est largement plus importante rapportée à leur masse.

Tableau 48: Ratios pour les Bouches-du-Rhône, flux entrant, par chapitre, par air, source: voir texte

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1995	2,49241	5,60192				46,17647	18,08333		47,85874	74,84626
1996	2,45450	6,20399	0,04167		2	54,00000	24,28571		32,67663	94,92668
1997	2,75642	6,49948		6,00000		74,03846	62,00000		40,73210	96,93007
1998	3,34211	6,83889				10,16162	45,29412		44,60870	94,65049
1999	2,88913	6,88059		6,33333		16,50000	24,89744	2	23,21293	96,34783
2000	3,34129	7,22336		7,50000		64,96053	6,47222		37,55601	176,42312
2001	4,94243	8,36842		10,33333		53,04918	65,75000		68,56010	117,32041
2002	4,99264	7,87337				22,21053	51,00000		51,25623	100,61788
2003	3,88940	12,19075		5,33333		51,52632	10,15217		43,68458	85,58277
2004	2,07731	11,15385				29,80822	18,17391		53,86545	76,87838
2005	4,67909	9,05915		7,00000		8,91398	4,27869		34,75883	98,70119
2006	3,90423	9,34564				14,94565	14,06452		78,53271	384,06021
moyenne	3,48008	8,10328	0,04167	7,08333	2	37,19091	28,70434	2	46,44192	124,77377
variance	1,01069	4,08163		3,10833		516,47426	469,12712		235,21958	7356,38012
Écart-type	1,00533	2,02030		1,76305		22,72607	21,65934		15,33687	85,76934

Les données concernant l'Île-de-France et ses départements ont ainsi été obtenues selon cette méthode sans pour autant être utilisées car nous émettons des doutes sur la qualité des données. Le guide méthodologique indique que les fichiers douanes fournissent des informations d'ordre 1 en indiquant le dernier lieu de déchargement de la matière avant d'arriver sur le territoire étudié. Or, en considérant les déclarations du mode de transport par mer, il apparaît très clair qu'il n'en est rien : des flux Suisse/Haute-Garonne par voie maritime viennent contredire cette affirmation. De nombreux départements non situés sur la façade maritime sont ainsi importateurs ou exportateurs par la mer, ce qui entraîne des flux intermédiaires entre ces lieux et les ports qui ne sont pas précisés.

Cela nous conduit à revoir de la même façon le fret aérien dont les masses en jeu sont estimées faibles, cette hypothèse est confortée par le fait qu'au niveau du memento de statistiques des transports du ministère de l'Écologie⁸⁷, le fret aérien n'est pas pris en compte.

87 <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-densembles/1869/873/memento-statistiques-transports.html> consulté le 8 mars 2015

Le tableau suivant présente les flux de marchandises en 2010 en Île-de-France ainsi que le détail par département. Nous constatons une nette baisse au niveau des volumes par rapport à 2003.

Tableau 49: Trafic de marchandises hors énergie, Idf, 2010, en kt, source: voir texte

	75	75	91	91	92	92	93	93	94	94
	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant
2010	7 510	4 954	15 038	13 035	11 236	9 763	12 055	10 402	14 797	12 703

	77	77	78	78	95	95	PPC	PPC	IDF	IDF
	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant	entrant	sortant
2010	24 626	24 086	13 437	9 828	12 133	10 886	37 791	30 016	61 164	45 992

3.3 Énergies

Au niveau de l'énergie, les statistiques disponibles étaient qualifiées d'assez sommaires, rares, éparses, peu compatibles et ne donnant pas directement les informations utiles [Barles 2007, p25]. La situation a favorablement évolué.

Hydrocarbures

La série EN01 fournit par le portail EIDER permet d'obtenir, département par département, les consommations d'hydrocarbures hors carburéacteurs, pour chaque année depuis 1993. Ces données sont fournies par le Comité Professionnel du Pétrole (CPDP), le Comité Français du Butane et du Propane (CFBP) et le SOeS (Service de l'Observation et des Statistiques).

Les consommations de :

- super plombé routier,
- super sans plomb routier,
- gazole routier,
- fuel domestique,
- GPL carburant,
- fuel lourd (industrie hors énergie),

- fuel lourd (centrales thermiques),
- butane, propane (vrac ou conditionné, tous usages),

sont rapportées, en volume (pour le super) ou tonnes. La valeur de 0,755 t/m³ a été utilisée pour convertir les volumes de super en tonnes.

Avant de consolider les valeurs, la teneur en carbone et en hydrogène des produits en masse a été déterminée élément par élément en vue de calculer les consommations de dioxygène et la production d'émissions atmosphériques. Ces valeurs mises en œuvre lors de la combustion proviennent du guide des facteurs d'émission du Bilan Carbone de l'ADEME [ADEME, 2007, p18], à l'exception de la valeur moyenne pour le butane et le propane. Pour cette dernière, les compositions chimiques, en considérant les gaz purs ont été prises en compte pour, via les masses molaires respectives des éléments, calculer ces taux pour les deux gaz, la proximité des résultats (butane : 82,75% de Carbone en masse, 81,8% pour le propane) a conduit à adopter un facteur de 820 kg de carbone par tonne du mélange.

Pour ce qui est de l'hydrogène qui nécessite lui aussi un apport en dioxygène lors de la combustion, nous considérons qu'il constitue l'essentiel du reste de la masse, ce qui reste une approximation sauf pour le butane/propane, en partant du principe que les produits pétroliers sont des alcanes purs.

Tableau 50: Teneur en carbone des hydrocarbures, Source: voir texte

	kg equ C par t
Super	876
Gazole	859
Fuel	859
GPL	803
Butane, propane	820

Tableau 51: Consommation d'hydrocarbures et éléments associés, Île-de-France, 2010, t, source: voir le texte

	Combustible	O2	CO2	H2O
91	844 722	2 873 457	2 669 650	1 048 529
92	633 704	2 154 476	2 003 557	784 623
75	454 237	1 544 688	1 435 892	563 034
77	1 097 668	3 742 143	3 463 388	1 376 422
93	601 234	2 045 084	1 900 209	746 110
95	651 620	2 217 437	2 058 789	810 268
94	693 183	2 358 814	2 190 151	861 846
78	879 364	2 990 312	2 779 807	1 089 868
PPC	2 382 358	8 103 062	7 529 809	2 955 613
IDF	5 855 732	19 926 411	18 501 443	7 280 700

Les résultats obtenus, sur la seule consommation de produits pétroliers, sont très inférieurs aux 12 millions de tonnes consommées en 2003. Selon la source que nous utilisons, nous pouvons suivre l'évolution sur la période. Notre source indique très clairement une tendance baissière dans l'intervalle 2003-2010 mais pour 2003, seules sept millions de tonnes sont déclarées consommées.

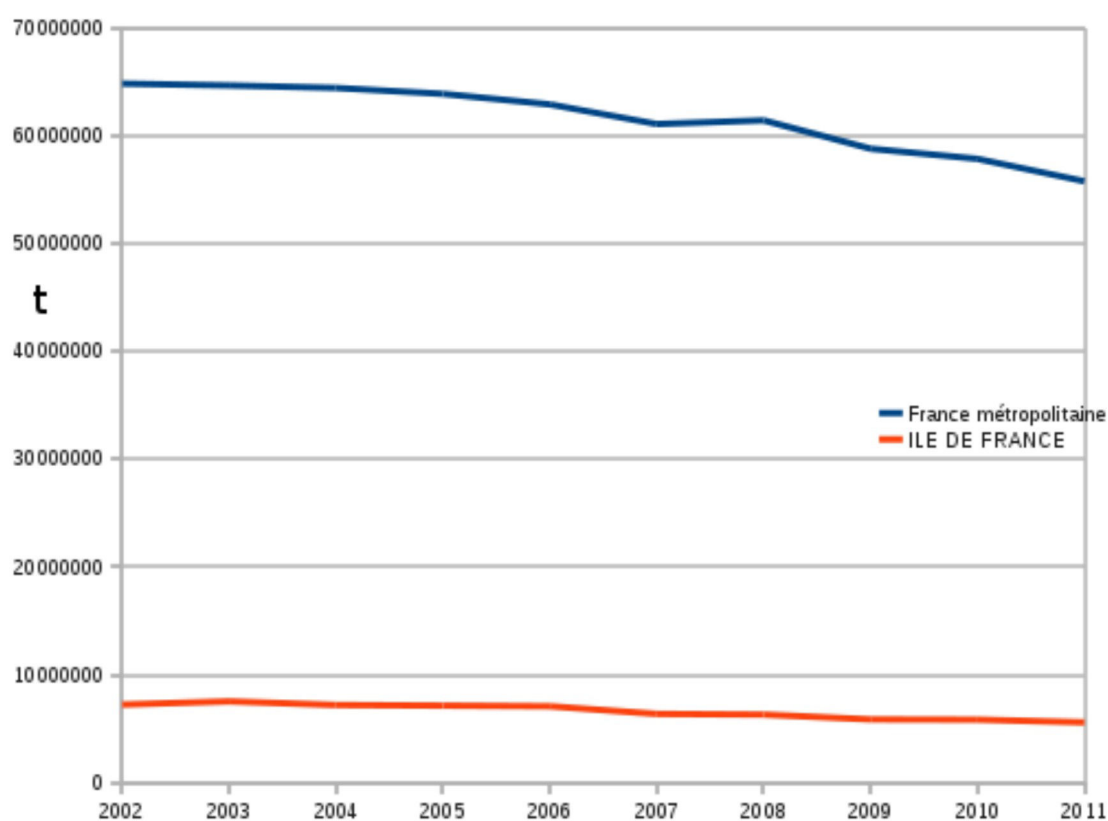


Figure 49: Consommation de produits pétroliers, Île-de-France, 2002-2011, t, source: voir le texte

En reprenant la publication de la DRIRE Île-de-France relative aux produits pétroliers et utilisée pour 2003 [DRIRE IDF, 2001], il est déclaré que l'approvisionnement de la région est effectué essentiellement par pipe-line pour un volume de 7,2 millions de tonnes en 2000, plus en accord avec nos résultats [DRIRE IDF, 2001, p4].

Cependant, les livraisons de la TRAPIL à destination de l'Île-de-France la même année s'élèvent à 12,4 millions de tonnes. Il y a deux hypothèse concernant la destinée de la différence.

La première est que venant du pipe-line Trapil, le combustible est reparti vers une autre destination par le pipe-line, ce qui nous amènerait à devoir l'ajouter aux exportations.

La différence peut aussi être constituée du carburacteur que nous n'avons pas considéré dans notre comptage.

Lors de la réalisation de 2003, ce point était déjà soulevé concernant le carburacteur.

Cette « consommation relève de l'activité internationale et n'est donc probablement pas entièrement imputable au fonctionnement métropolitain » [BARLES, 2007, p30]. Nous avons interprété cela dans le bilan de 2003 comme une exclusion des carburéacteurs alors que rien ne l'indique.

Pour notre réalisation sur 2010, nous allons proposer une méthode pour calculer le carburéacteur consommé localement. Elle est déduite de la méthode de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) pour l'affectation des émissions de gaz à effet de serre par aéroport [DGAC, 2009]. Nous pouvons retenir de cette publication deux points importants. Le premier est que les calculs ont été réalisés par type d'avion, de moteur, et donc sur la base de consommations de kérosène. Le second est que les différentes composantes et phases de manœuvre des aéronefs sont prises en compte pour affecter les émissions de GES.

« La définition des émissions localisables à un aéroport est par nature conventionnelle. Selon l'usage, nous avons retenu le cycle « décollage-atterrissage » (« LTO » dans la terminologie OACI) qui comprend les opérations au sol (roulage notamment), la montée et la descente sous une hauteur de 1000 mètres.

Pour chaque aéroport, un indicateur des émissions « totales » est fourni. Il est obtenu en répartissant par moitié entre l'aéroport de départ et celui d'arrivée d'un avion, les émissions « en croisière », de sorte que les émissions totales de la France soient bien égales à la somme des émissions totales par aéroport. Il convient cependant de noter que cette valeur dépasse largement les émissions locales, mieux reflétées par le cycle LTO. » [DGAC, 2009, p3]

Les principaux aéroports français se voient ainsi affecter des émissions de GES précises. Nous en déduisons la masse de carbone puis la quantité liée de carburéacteur en utilisant le facteur d'émission lié à la combustion du carburéacteur proposé par l'ADEME (0,852 t de carbone par tonne de carburéacteur [ADEME, 2007, p19]). Selon la même méthode que précédemment mise en place pour les autres combustibles pétroliers, nous distinguons l'hydrogène contenu avec les mêmes hypothèses et déduisons vapeur générée et dioxygène consommé.

L'aéroport du Bourget ne génère pas un trafic assez important pour figurer dans les résultats de la DGCA, nous n'estimons pourtant pas ses consommations négligeables mais des rapprochements purement statistiques seraient a priori risqués étant donné l'activité tout à fait différente de cet aéroport d'affaires et des aéronefs qui s'y emploient. Cela constituera une lacune dans notre travail, d'autant plus qu'il est en partie situé sur le territoire de la Seine-Saint-Denis qui constitue notre territoire cible.

Tableau 52: Bilan affecté à l'aéroport Charles de Gaulle, kt, source: voir texte

	1990	2000	2007	2008	2009
LTO kt CO2	463,7	795,1	881,6	895,5	834,3
kt C	126,5	216,8	240,4	244,2	227,5
kt kérosène	148,4	254,5	282,2	286,7	267,1
kt H	22,0	37,7	41,8	42,4	39,5
kt O2	513,0	879,6	975,3	990,7	923,0
kt H2O	534,9	917,3	1 017,1	1 033,1	962,5

Tableau 53: Bilan affecté à l'aéroport d'Orly, kt, source: voir texte

	1990	2000	2007	2008	2009
LTO kt CO2	323,6	298,2	284,6	282	266,1
kt C	88,3	81,3	77,6	76,9	72,6
kt kérosène	103,6	95,5	91,1	90,3	85,2
kt H	15,3	14,1	13,5	13,4	12,6
kt O2	358,0	329,9	314,8	312,0	294,4
kt H2O	373,3	344,0	328,3	325,3	307,0

Au niveau régional, en comparaison avec les quatre millions de tonnes de carburéacteurs affectées pour 2003, nous nous situons très largement en dessous, quelques soient les années de référence. Nous retenons les valeurs 2009 pour la caractérisation de notre métabolisme; au delà de la proximité, la diminution observable après une longue période d'augmentation illustre a priori les impacts de la crise de 2008 sur le trafic aérien. Mais les diminutions peuvent aussi s'expliquer par des améliorations dans la gestion du roulage au sol des avions : Aéroport de Paris annonce en 2008 la fin

d'un chantier visant à diminuer sur l'aéroport Charles de Gaulle le temps de roulage des avions et estime les économies de kérosène à plus d'un million de litres par an et 5 000 tonnes de CO₂ [ADP, 2008]⁸⁸. En considérant les ordres de grandeur, nous pouvons estimer cette valeur sincère.

Tableau 54: Bilan affecté aux aéroports, Île-de-France, source: voir texte

	1990	2000	2007	2008	2009
kt kérosène	252,0	350,0	373,3	376,9	352,2
kt O ₂	871,0	1 209,5	1 290,1	1 302,6	1 217,3
kt H ₂ O	908,3	1 261,3	1 345,4	1 358,4	1 269,5

Quand il s'agit de ventiler le carburéacteur et les éléments qui lui sont liés dans les départements, nous rencontrons aussi un problème : l'aéroport Charles de Gaulle, par son emprise spatiale, est à cheval sur les départements de la Seine-Saint-Denis, du Val d'Oise mais aussi de la Seine et Marne, pour l'aéroport d'Orly, l'emprise spatiale est à cheval sur l'Essonne et le Val de Marne. Nous pouvons choisir de partager le bilan du carburéacteur consommé de façon équivalente pour chaque département.

Le nouveau bilan des consommations d'hydrocarbures selon nos hypothèses concernant le carburéacteur est présenté dans le tableau suivant.

⁸⁸ https://www.aeroportsdeparis.fr/ADP/Resources/f30e3aa6-41a8-4c9b-88a4-d27fb050b480-20aout_CPEcho4.pdf consulté le 20 avril 2014

Tableau 55: Bilan combustibles pétroliers carburéacteurs inclus, Île-de-France, 2010,t, source: voir texte

	Combustible	O2	CO2	H2O
91	844 722	2 873 457	2 669 650	1 048 529
92	633 704	2 154 476	2 003 557	784 623
75	454 237	1 544 688	1 435 892	563 034
77	1 097 668	3 742 143	3 463 388	1 376 422
93	601 234	2 045 084	1 900 209	746 110
95	651 620	2 217 437	2 058 789	810 268
94	693 183	2 358 814	2 190 151	861 846
78	879 364	2 990 312	2 779 807	1 089 868
PPC	2 382 358	8 103 062	7 529 809	2 955 613
IDF	6 207 973	21 143 755	19 601 843	8 550 176

Les six millions de tonnes transitant dans les pipe-lines franciliens en provenance et à destination de l'extérieur du périmètre devraient être pris en compte au niveau régional, nous devrions aussi les partager à part égale entre les départements. Cependant, étant donné leur impact quantitatif tant sur les combustibles que sur les exportations, nous avons choisi de ne pas les inclure. En effet, étant donné leur équilibre (que le combustible parte dans un avion ou bien un pipe-line, la balance est équilibrée), leur clef de répartition entre les départements et les doutes que nous avons sur leur impact dans le fonctionnement de la région, nous préférons les exclure du comptage final, en entrée comme en sortie.

Gaz Naturel

Comme l'explique le site internet du ministère de l'Écologie, les « données sur les livraisons de gaz et d'électricité à la commune sont diffusées dans le cadre du décret n°2011-1554 du 16 novembre 2011 relatif aux données permettant d'élaborer et d'évaluer les schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) et les plans climat-énergie territoriaux (PCET). Ce décret est pris en application de l'article 75 de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement. »⁸⁹

⁸⁹ http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Themes/Énergies_et_climat/Les_différentes_Énergies/Electricite

Ces données sont disponibles en téléchargement⁹⁰ depuis le site du ministère et non pas sur le portail EIDER. Disponibles n'étant pas synonyme de faciles d'accès dans le cas présent, nous remercions particulièrement Marc Boitel, de l'ARENE Île-de-France, qui participe au Réseau d'Observation Statistique de l'Énergie (ROSE) et des émissions de gaz à effet de serre en Île-de-France. Son aide dans l'identification de sources mais aussi dans l'explication de détails techniques nous fut précieuse et très bénéfique.

Les données restituées sont départementalisées mais concernent 2011, année que nous reprendrons.

Le gaz naturel est composé essentiellement de méthane⁹¹ et nous utiliserons une nouvelle fois le guide des facteurs d'émission de l'ADEME [ADEME, 2007, p22] pour obtenir la valeur de 0,771 t de carbone pour une tonne de gaz naturel. Un ratio calculé sur la base des masses molaires serait de 0,75 t de carbone pour une tonne de gaz naturel. Le facteur de l'ADEME tient donc compte des impuretés et de la composition exacte du gaz naturel. Pour notre travail, nous retenons le facteur ADEME et l'hypothèse que tout le reste représente de l'hydrogène. Nous accueillerons avec grand plaisir la critique de chimistes qui pourront nous faire progresser dans ces calculs.

Pour convertir les unités (ici des MWH), nous avons utilisé les équivalences suivantes :

Tableau 56: Équivalences utilisées pour la gaz naturel, source: [Barles, 2007, p29]

t	m3	Gwh
720	1 000 000	11,628

Les résultats départementalisés obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

[/enquete_livraison/elec-livraison-communal-2011charte.pdf](#) consulté le 20 avril 2014

On appréciera particulièrement dans cette publication les explications relatives au secret statistique auquel nous nous confrontons trop fréquemment.

90 http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/Énergie-climat/r/gaz-naturel.html?cHash=cc3586a37b77ff8d352a1943f027216e&tx_ttnews%5Btt_news%5D=23284 consulté le 20 avril 2014

91 <http://www.ifpÉnergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-Énergie/le-gaz-naturel> consulté le 20 avril 2014

Tableau 57: Bilan Gaz naturel, Île-de-France, 2011, kt, source: voir texte

	kt Gaz	kt C	kt H	kt O2	kt CO2	kt H2O
75	573	442	131	2 228	1 620	1 181
77	428	330	98	1 664	1 210	882
78	470	362	108	1 827	1 329	969
91	403	311	92	1 567	1 139	831
92	501	386	115	1 948	1 416	1 033
93	442	341	101	1 718	1 250	911
94	408	315	93	1 586	1 153	841
95	356	274	82	1 384	1 006	734
PPC	1 873	1 444	429	7 282	5 295	3 860
IDF	3 585	2 764	821	13 938	10 135	7 389

En 2003, au niveau régional, 82 212 GWh de gaz sont pris en compte, soient rapportés en masse 5.090 kt. Sans entrer dans l'interprétation de cette baisse, il est important de savoir que l'hiver 2011 est considéré comme très chaud. Il se caractérise par 1 681 dju (degrés jours unifiés⁹²), soit la plus faible valeur calculée par le SoeS pour l'Île-de-France depuis 1981. L'année 2010 avait été comparativement plus rigoureuse (2 408 dju) et 2003 dans la moyenne (2 085 dju). Nous pouvons apercevoir ici les difficultés de l'exercice de la pluridisciplinarité, les aspects thermiques sont des domaines très spécialisés et l'influence du climat sur les consommations ne peut pas être minimisée.

Combustibles solides

Nous avons précédemment exclu du comptage les flux de la base SITRAM relatifs à l'énergie et aux produits pétroliers. Nous allons en réintégrer une partie spécifique qui concerne les positions suivantes, au sens de la nomenclature NST 2007 [SOeS 2012] :

02.11 Houille,

02.12 Lignite,

92 Les degrés jours unifiés permettent entre autres d'intégrer la rigueur de l'hiver dans la comparaison des consommations énergétiques [SOeS 2014]. La série utilisée ici est diffusée à l'adresse : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Themes/Énergies_et_climat/Toutes_Énergies/indice_de_rigueur_DJU/dju1981-2013.xls consulté le 20 avril 2014

07.11 Charbon de cornue,

07.12 Coke et semi-coke de houille,

07.13 Coke et semi-coke de lignite,

07.14 Goudron minéral - Goudrons de houille, de lignite ou de tourbe; autres goudrons minéraux,

07.15 Brai et coke de brai,

07.16 Agglomérés de houille,

07.17 Agglomérés de lignite.

Parmi ces positions, nous pouvons constater que seules les 02.11, 07.14 et 07.16 sont présentes. S'agissant du goudron minéral (07.14), un flux de 13 000 t partant du Val-d'Oise et arrivant dans les Hauts-de-Seine, est identifié. Il est présent dans l'inventaire calculé de Paris Petite Couronne, ce qui conforte notre méthode de calcul. Il ne s'agit pas d'un flux de combustible et sera inclus avec les autres flux.

Pour la houille (02.11) et l'aggloméré de houille (07.16), la différence entre les entrées et sorties est considérée comme utilisée pour la combustion et non pas stockée. Nous utilisons la teneur en carbone fournie par l'ADEME (0,674 t de carbone pour une tonne de houille et 0,829 t de carbone pour une tonne d'aggloméré de houille [ADEME, 2007, p24]).

La Seine et Marne se distingue par des exportations supérieures à ses importations pour ces deux positions. De ce fait, nous considérons sa consommation nulle. Pour l'aggloméré de houille, le département des Yvelines en est exportateur net.

Tableau 58: Bilan des combustibles solides utilisés, Île-de-France, 2010, source: voir texte

	IDF	PPC	75	92	93	94	77	78	95	91
Houille (t)	679,7	610,4	46,2	255,1	3,9	351,4	0,0	52,2	0,0	25,8
Aggloméré de Houille (t)	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	0,0
kt CO2	1 681,4	1 508,5	114,1	630,5	9,7	868,3	0,0	129,1	56,0	63,8
kt H2O	1 995,0	1 791,0	135,4	748,5	11,5	1 030,9	0,0	153,3	28,4	75,7
kt O2	2 996,2	2 689,1	203,3	1 123,9	17,3	1 547,9	0,0	230,2	66,0	113,7

Les données relatives à l'utilisation des combustibles solides pour 2003 indiquaient environ 1,7 million de tonnes qui étaient destinées à la production locale d'électricité. D'après Mr Boitel, le fonctionnement des centrales thermiques destinées à produire de l'électricité est très variable, elles ne sont mobilisées qu'au cas par cas en cas de besoin. Nous ne nous étonnons donc pas de la baisse de cette valeur.

Électricité

Au niveau du bilan lié à l'électricité, 52 746 GWh ont été retenus pour la consommation régionale en 2003. Une publication de l'ERDF/ARENE⁹³ concernant production et consommation d'électricité [ERDF, 2013] nous aide à cadrer la recherche mais n'apporte pas les éléments chiffrés nécessaires.

Les produits pétroliers et combustibles solides ont déjà été pris en compte, y compris ceux destinés spécifiquement à la production locale d'électricité.

Celle-ci n'est pas publiée de façon systématique. Mr Boitel de l'ARENE Île-de-France nous a fourni d'après la source technique d'EDF les données départementalisées de la production des centrales thermiques franciliennes pour l'année 2010. Il a souligné le caractère sporadique de cette production et l'importance croissante de la cogénération dans la fourniture d'électricité. Le mix énergétique permettant le fonctionnement des centrales thermiques est tenu secret, ce qui dans le cas présent ne présente aucun blocage.

93 http://www.arenedf.org/medias/publications/rapport_integral_des_donnees_de_consommation_et_de.pdf consulté le 20 avril 2014

Tableau 59: Production 2010 des centrales thermiques, Île-de-France, GWh, 2010
source technique : EDF

	Production GWh
94	1 200
77	170
78	746
IDF	2 116
PPC	1 200

En ce qui concerne la cogénération, la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie d'Île-de-France est intervenue dans un colloque en 2012⁹⁴. Nous en retenons une production 2010 de 3,9 Twh et la répartition représentée dans la figure qui suit.

La cogénération ne nécessite pas de comptabiliser les flux entrants destinés à la production d'électricité, elle est un co-produit d'une activité tierce déjà comptabilisée.

Le site du réseau ROSE propose aussi une synthèse régionale des productions d'électricité pour l'année 2010⁹⁵ qui confirme les précédentes données de sources différentes et indique surtout, un reliquat de 890 GWh produits via la biomasse, l'incinération des déchets, le photovoltaïque voire même l'hydraulique (2 GWh). N'ayant pas de possibilité de ventiler ces données, elles sont arbitrairement réparties de façon équivalente entre chaque département. L'impact, de part le faible volume, n'est pas conséquent.

94 http://atee.fr/sites/default/files/atee_idf-20120614-3-drie_cogeneration-en-idf.pdf consulté le 20 avril 2014

95 http://www.roseidf.org/images/stories/Tableau_de_bord_de_lnergie/donnees_regionalisees/bilan_r%C3%A9gional_productions.xls consulté le 20 avril 2014

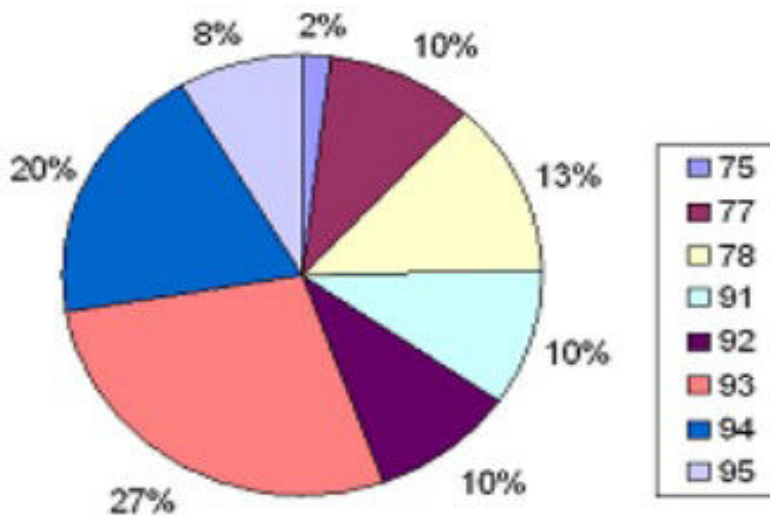


Figure 50: Répartition de la production électrique par cogénération, Île-de-France, 2010 source : [DRIEE 2012, p24]

Toutes ces productions n'entraînent pas de modification du bilan déjà effectué. Seules les productions issues de l'incinération qui est traitée dans la suite du document manquent dans les extractions d'oxygène et les émissions de dioxyde de carbone. Elles impactent principalement les importations d'électricité auxquelles elles sont retranchées en vue d'établir les impacts indirects liés.

Concernant la consommation, le ministère de l'Écologie fournit les données départementalisées des livraisons pour l'année 2011 directement téléchargeables en ligne⁹⁶, et comme pour le gaz naturel, disponible n'est pas synonyme de facile d'accès. Ces données sont fournies par ERDF et varient d'environ 4% des déclarations de RTE [RTE, 2012] dans ses publications au niveau de la région, cela s'explique par les clients industriels que fournit RTE. Les valeurs ont été corrigées de ce facteur de façon homogène pour chaque département, l'hypothèse n'étant pas des plus audacieuses.

Pour 2011, les livraisons franciliennes sont évaluées à 67 Twh, ce qui semble a priori compatible avec les 52 Twh de 2003. RTE indique aussi au niveau francilien la variation des livraisons par rapport à 2010 (total de 72,3 Twh). L'influence des variations de la

96 http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Themes/Énergies_et_climat/Les_différentes_Énergies/Electricite/enquete_livraison/elec-livraison-2011-dep.xls consulté le 20 Avril 2014

rigueur de l'hiver et des degrés jours unifiés précédemment considérés est ici en partie mesurable. Un coefficient corrige à nouveau les valeurs départementales de façon homogène (et arbitraire). Les productions sont retranchées en vue d'établir les importations nettes d'électricité. Ces importations d'électricité sont considérées comme issues de la production française dont les composantes de production sont supposées relativement stables, au moins suffisamment pour considérer valable la répartition 2012 présentées dans la figure suivante⁹⁷.

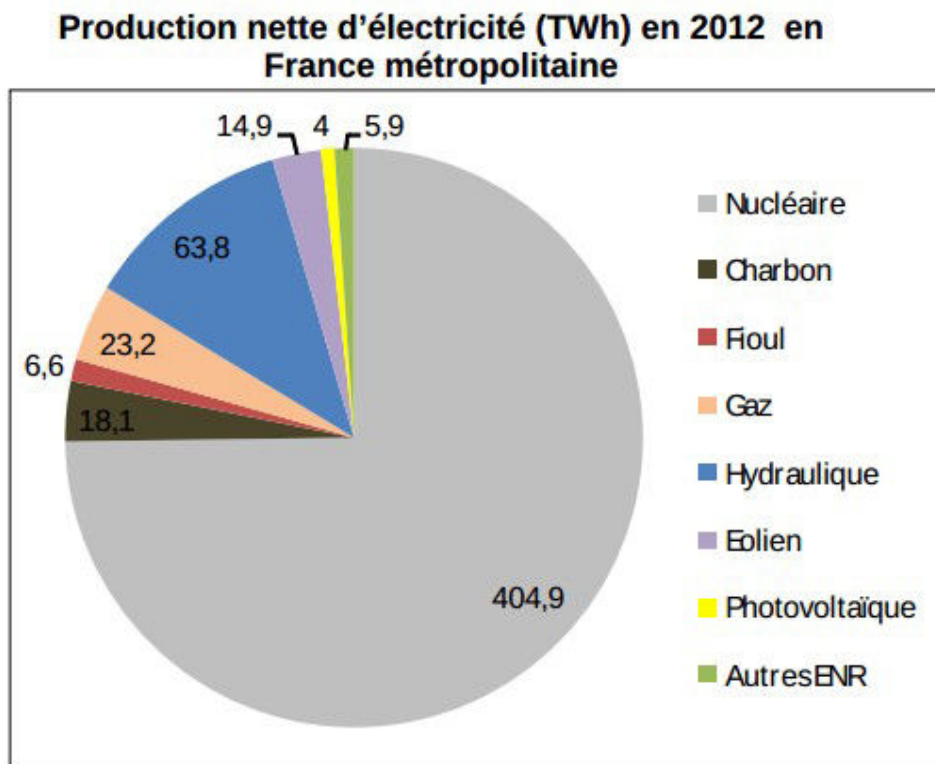


Figure 51: Production électrique 2012, France, TWh, source : [MINISTÈRE Écologie, 2013, p1]

Nous n'intégrons a priori pas les flux indirects liés à l'importation d'électricité dans l'exercice, cependant nous essayons tout de même de définir pour 1 GWh produit la matérialité qu'il mobilise. Les rendements de 2003 sont repris pour l'efficacité des production [BARLES, 2007, p28], ainsi que les valeurs de conversion. Pour le nucléaire, 10 mg d'uranium naturel permettent de produire 1 kWh d'électricité en tenant compte du rendement [BALIAN, 2006].

97 http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/15_-_La_production_d_electricite_en_France_et_l_effacement.pdf consulté le 20 avril 2014

Sans considération du rendement, ramené à 1 GWh, les quantités de matières nécessaires pour produire 1 GWh sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 60: Matières mobilisées pour l'équivalent 1 GWh, source: voir texte

	t combustible	t O2	t H2O	T CO2
Nucléaire	0,007	0,000	0,000	0,000
Charbon	11,935	52,577	35,017	29,495
Fioul	2,696	9,218	3,422	8,493
Gaz	6,824	26,533	14,065	19,293
Hydro	0,000	0,000	0,000	0,000
Éolien	0,000	0,000	0,000	0,000
Photovoltaïque	0,000	0,000	0,000	0,000
Autres ENR	0,000	0,000	0,000	0,000

En incluant les rendements et en tenant compte du mix de la production, la matérialité de l'électricité importée est représentée dans le tableau suivant.

Tableau 61: Électricité importée et matérialité associée, Île-de-France, 2010, source: voir texte

	Importations GWh	t combustible	t O2	t H2O	t CO2
75	13 767	25 999	106 963	64 556	68 173
77	7 147	13 497	55 529	28 482	35 392
78	6 074	11 471	47 192	28 482	30 078
91	6 123	11 563	47 573	28 712	30 321
92	8 378	15 822	65 093	39 286	41 487
93	5 619	10 611	43 657	26 348	27 825
94	4 032	7 614	31 327	18 907	19 966
95	5 125	9 679	39 819	24 032	25 379
IDF	56 023	105 799	435 274	262 701	277 423
PPC	31 796	60 047	247 041	149 097	157 452

Conclusion

L'accessibilité des données relatives à l'énergie s'est très largement améliorée par rapport à la situation rencontrée pour le métabolisme de 2003. Des méthodes plus pointues issues de travaux très variés permettent une meilleure affectation des consommations (carburacteur) et des enquêtes plus systématiques autorisent un meilleur suivi et des manipulations plus aisées. Ces données restent très éparses mais les réunir s'est avéré faisable dans des délais raisonnables (moins d'un mois). Les nombreuses publications dans le domaine permettent aussi de recouper les sources et d'en vérifier la cohérence quelque fois discutable. Sûrement que l'incorporation systématique dans un portail tel qu'EIDER permettrait des gains de temps et une visibilité meilleure à beaucoup de publications statistiques des ministères français.

Concernant l'apparente complexité qui peut se dégager de toutes les opérations de conversion entre unités ou le calcul des consommations (oxygène) et émissions (vapeur et CO₂) liées, elles ont largement été documentées par nos prédécesseurs ou ne font appel qu'à des notions de chimie basiques.

Pour ce qui est des bilans matières, ou plutôt des bilans énergétiques, l'électricité est consommée de façon bien plus importante alors que les autres énergies sont en faible diminution. Les extractions locales de produits pétroliers (essentiellement en Seine et Marne) ont été négligées en connaissance de cause, les volumes en jeu ne présentant pas un intérêt majeur, de même que pour les combustibles solides extraits ou exportés. Pour le carburacteur, il s'agit d'un choix méthodologique dont nous avons mesuré les impacts et qui ne nuira pas à l'analyse.

Concernant les flux transitant par pipe-line, la raffinerie de Grandpuits en Seine et Marne en reçoit des quantités de pétrole brut à traiter à non négligeables et exporte aussi par cette voie la production parisienne. Des approfondissements sont nécessaires sur le sujet. Cela ne nuit cependant pas au niveau global et ne concerne que bien peu le territoire de la Seine-Saint-Denis qui est in fine notre cible.

3.4 Sorties vers la nature et recyclage

Toujours selon la trame de la réalisation du métabolisme de 2003, nous abordons

maintenant la partie déchets et recyclage. La réglementation est abondante dans le domaine, de nombreuses contraintes pèsent sur les matières devenues des déchets. Si des lacunes statistiques entraînaient déjà des questionnements sur les volumes réels dans le territoire, nous pouvons constater que toutes n'ont pas trouvé de réponse. Au niveau national, l'ADEME fournit des panoramas [ADEME, 2012a] permettant de fournir un cadrage général et le traitement indépendant de chaque filière REP (Responsabilité Élargie du Producteur) qui y figure est à noter.

Déchets solides

L'Observatoire régional des déchets d'Île-de-France (ORDIF) continue de fournir la plupart des informations sur les déchets de la région Île-de-France.

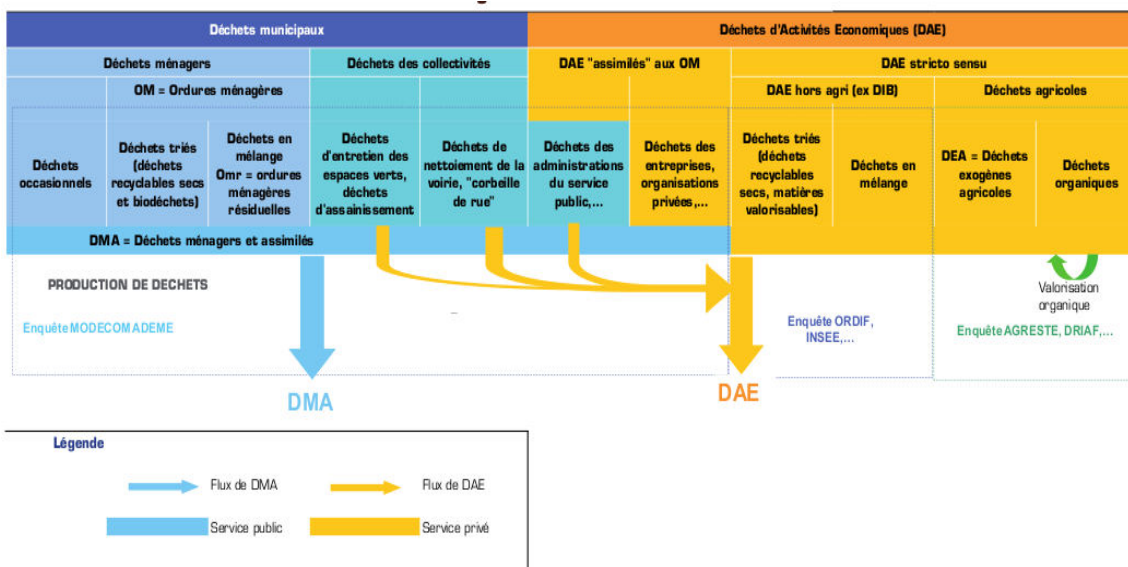


Figure 52: Distinction entre DMA et DAE, source [ORDIF 2003a, p14]

Déchets ménagers et assimilés

Les déchets ménagers et assimilés comprennent la collecte réalisée par les municipalités, les apports en déchetteries (et autres points de collectes volontaires) et le ramassage des encombrants. Comme nous avons pu le vérifier dans la démarche territoriale de l'Île-Saint-Denis, des déchets d'activités économiques y sont partiellement incorporés.

Le portail EIDER diffuse la série référencée DE21 qui restitue pour chaque département les informations concernant :

- les ordures ménagères résiduelles (OMR) ,
- le verre ,
- les emballages, journaux, magazines EJD ,
- les bio-déchets et déchets verts (BDDV) ,
- les encombrants ,
- les déchets dangereux (DD) municipaux.

Pour chaque type défini, les modalités de traitement sont détaillées :

- valorisation matière (recyclage, réemploi)
- valorisation organique (compost, méthanisation,...)
- valorisation énergétique
- incinérée sans récupération d'énergie
- mise en décharge
- ou traitement non précisé quand il est impossible de connaître leur destination

Les données ne sont pas disponibles pour 2010 mais existent pour 2009 et 2011. C'est la moyenne 2009/2011 qui est calculée et retenue comme référence.

Les déchetteries sont traitées à part, dans la série référencée DE13, toujours disponible sur le portail EIDER, départementalisée et couvrant aussi 2009 et 2011. La moyenne 2009/2011 est calculée et retenue comme référence. Pour les déchets issus des déchetteries, la typologie utilisée est divisée en :

- déchets dangereux
- matériaux recyclables
- déchets verts
- encombrants
- déblais et gravats
- déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)

- et autres catégories de déchets .

Les traitements en sortie ne sont plus détaillés selon la typologie précédente mais rassemblés dans les catégories :

- valorisation matière ou organique
 - Dont Traitement : valorisation matière, recyclage
 - Dont Traitement : valorisation organique (méthane, compost)
- incinération avec récupération d'énergie
- incinération sans récupération d'énergie
- mise en décharges de catégorie 2 (DMA)
- traitements : mise en décharges de catégorie 3 (Déchets inertes)
- ou bien non déclaré quand leur destination est inconnue.

Le tableau suivant présente la production de déchets calculée sur les moyennes 2009/2011 pour la région Île-de-France et rappelle les valeurs 2003. Les ordres de grandeur sont cohérents et la baisse constatée conforme aux publications rencontrées sur le sujet.

Tableau 62: Production de déchets ménagers et assimilés (DMA), Île-de-France, kt, 2010, source: voir texte

	OMA	Total OMR	Dont OMR sec	BDDV hors déchetterie	Encombrants hors déchetterie	déchetterie	DMA 2010	DMA 2003
75	984	840	143	0	93	0	1 076	1 196
92	563	483	80	9	41	14	627	647
93	545	495	50	11	43	102	701	719
94	450	382	67	20	37	57	563	585
77	484	398	83	39	23	190	733	708
78	474	382	92	48	34	101	657	663
91	421	339	76	61	30	131	637	610
95	420	355	58	19	31	113	576	578
IDF	4 341	3 674	649	207	332	708	5 570	5 706
PPC	2 542	2 200	340	40	214	173	2 967	3 147

Les données relatives aux traitements de l'année 2011 ont été utilisées pour établir des ratios repris pour les valeurs 2010. Ces ratios ont été établis et appliqués séparément pour les données liées aux déchetteries et celles liées à la collecte municipale selon la séparation qui est établie dans les statistiques. Ces résultats ont ensuite été consolidés et sont présentés dans le tableau qui suit.

Tableau 63: Traitement des DMA, Île-de-France, 2010, kt, source: voir le texte

	Valorisation matière	Enfouissement	Valorisation énergétique	Incinération	Valorisation organique
93	1 201	213	328	0	18
75	2 480	0	833	0	0
92	130	11	467	0	12
91	98	113	296	0	136
77	111	154	340	41	97
95	129	68	299	0	104
94	102	56	381	0	25
78	137	58	380	0	76
IDF	1 079	673	3 324	41	469
IDF 2003	482	1 080	3 507	0	266
PPC	602	280	2 010	0	55

Par rapport à 2003 [BARLES, 2007, p34], valorisations matière et organique ont très largement progressé au détriment de l'enfouissement. Mais la destinée effective des déchets doit encore être calculée avant une intégration définitive au bilan général.

Concernant l'incinération, nous reprenons les facteurs de production de mâchefers (24,8%) et de REFIOM (refus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères) (2,4%). Les hypothèses d'une valorisation totale des mâchefers (recyclage) et d'une mise en décharge des REFIOM sont conservées. Sur les REFIOM, un industriel possédant un four à lit fluidisé que nous avons eu l'occasion de rencontrer nous a indiqué que l'Allemagne les utilisait mélangés à de l'eau pour fabriquer une sorte de ciment à destination du comblement de mines. Cette information n'a pas été vérifiée mais présente un intérêt dans une optique d'écologie industrielle.

Selon une enquête spécifique sur les émissions de GES par les activités de gestion de déchets de 2008, l'incinération produit diverses émissions mais 97% en volume est constitué de CO₂ [RECORD, 2008, p52]. Diverses façons d'évaluer la charge de carbone contenue dans les déchets ménagers existent et sont présentées dans l'étude [RECORD, 2008, p59], nous retenons celle du CITEPA [CITEPA, 2007] qui est la plus récente. 25,6% de la masse des ordures ménagères incinérées seraient du carbone. A la

différence des calculs de dioxygène mis en œuvre dans les combustions précédemment étudiées, ici nous ne considérons pas que le restant est constitué d'hydrogène. Nous considérons que la différence de masse entre les entrées (tonnage d'ordures incinérées) et les sorties (tonnage carbone+mâchefers+refiom) est dispersée dans l'atmosphère sans apport d'oxygène. Des approfondissements concernant les procédés d'incinération peuvent être consultés dans la thèse de Yannick Ménard [MENARD, 2003].

Tableau 64: Destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, kt, 2010, source : voir texte

	Enfouissement	Émissions atmosphériques	Recyclage	CO2	O2
93	221	469	210	306	223
75	20	1 195	435	782	569
92	21	670	246	438	319
91	119	425	300	277	202
77	162	544	293	356	259
95	74	427	300	279	203
94	64	545	212	356	259
78	66	544	298	356	259
IDF 2010	756	4 819	2 304	3 156	2 296
IDF 2004	1 301	2 898 (295+2 603)	1 508		
PPC	330	2 878	1 109	1 885	1 371

L'enfouissement a largement diminué au profit du recyclage. Les émissions atmosphériques sont plus importantes alors que les tonnages entrants dans les incinérateurs sont similaires voire même inférieurs. La méthode de calcul utilisée a donc eu un impact sur ce bilan atmosphérique. La soustraction du dioxygène consommé comptabilisée dans les émissions de 2010 rendrait les valeurs tout à fait compatibles. Nous pouvons supposer que pour 2003 cette masse n'a pas été prise en compte, le facteur utilisé [CITEPA, 2007] n'étant pas disponible.

En ce qui concerne les bassins versants des ordures ménagères, ils n'ont pas sensiblement évolués de 2006 à 2010 et les données présentées dans [BARLES, 2007, p36] sont reprises. Les hypothèses émises alors étaient :

- que Paris exporte en petite couronne ses DMA, nous reprendrons cette hypothèse mais en l'affinant dans l'optique de départementaliser les résultats. Nous ventilerons donc les valeurs parisiennes par département en fonction du nombre d'arrondissements parisiens rattachés à la collecte d'un département ou d'un autre. Affiner en fonction du nombre d'habitants par arrondissement semble réalisable mais nous nous limitons au découpage géographique évoqué.
- que les DMA de la petite couronne sont traités en petite couronne et ceux des grandes couronnes, en grande couronne. Nous reprenons à notre compte ces simplifications.

Les coefficients de ventilation qui sont utilisés pour les DMA de Paris sont respectivement de 38% vers la Seine-Saint-Denis, 14% vers les Hauts-de-Seine et 48% vers le Val-de-Marne.

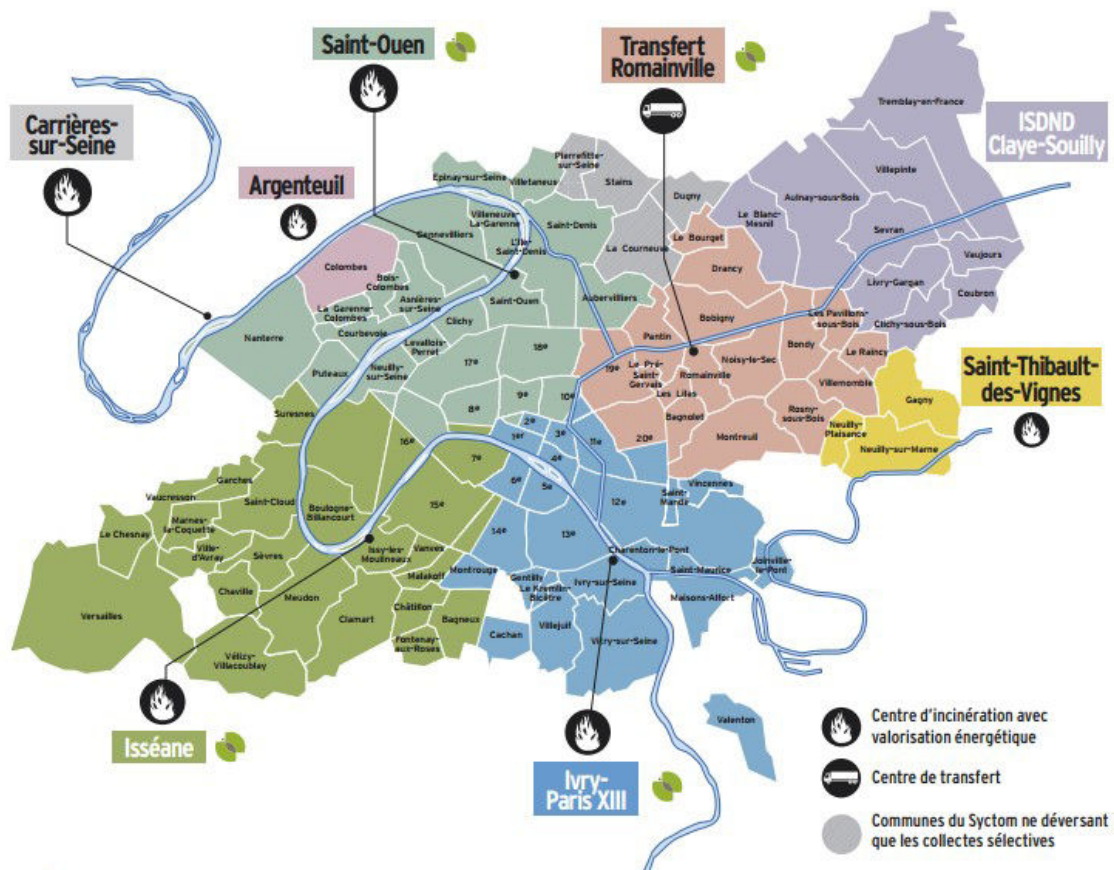


Figure 53: Bassin versant SYCTOM, 2010 source : [SYCTOM 2010, p46]

Déchets industriels banals

L'étude de l'ORDIF en 2004 réalisée par le cabinet Trivalor [TRIVALOR, 2004], sert de référence pour le métabolisme de 2003. Concernant 2010, une révision de l'approche de 2004 a été conduite avec pour objectif de mieux cibler les producteurs (commerces, industries, services) [ORDIF, 2013a] et surtout d'obtenir une granularité infra-régionale. Les travaux de cette étude sont très détaillés du point de vue de la méthodologie utilisée et les productions de déchets sont estimées pour l'année 2010 pour chaque secteur d'activité. Cette étude exclut les déchets d'activités de construction et de BTP qui sont traités par la suite. Il n'y aura donc pas de double compte.

Après avoir finement estimé la production de déchets d'activités économiques (DAE), l'étude retient une hypothèse quant au mode de collecte (municipale ou privée) basée sur le nombre de salariés dans les entreprises qui génèrent ces déchets. Cette hypothèse qualifiée de « simpliste » [ORDIF, 2013a, p57] ventile les déchets produits dans la collecte municipale ou dans la collecte privée selon que l'entreprise dépasse ou non les 20 salariés. Selon cette hypothèse, au niveau régional, 2,2 millions de tonnes de DAE sont collectées par les collectivités, ce qui semble en rapport avec les 1,9 millions de tonnes estimées par la région en 2003. Nous adopterons aussi la simplicité de cette hypothèse pour obtenir les DAE départementalisés hors collecte publique présentés dans le tableau suivant.

Tableau 65: DIB hors collecte municipale, Île-de-France, 2003-2010, kt, source: voir texte

	DAE hors collecte DMA 2010	DAE hors collecte DMA 2003
75	1 142	1 374
92	427	590
93	485	476
94	329	470
77	579	507
78	495	484
91	305	427
95	274	332
IDF	4 036	4 659
PPC	2 383	2 910

Les tonnages ont diminué entre les deux périodes mais restent cohérents. Au niveau du devenir de ces déchets dont la fraction collectées par la collectivité a été retirée, nous utiliserons les ratios fournis par la même étude. Nous sommes conscients qu'une partie des DAE traités dans les DMA sont inclus dans ces ratios, cependant, le taux d'erreur semble acceptable. L'étude elle même vise une incertitude de 20% et nous ne pensons pas que cette approximation nuira de façon importante aux résultats obtenus.

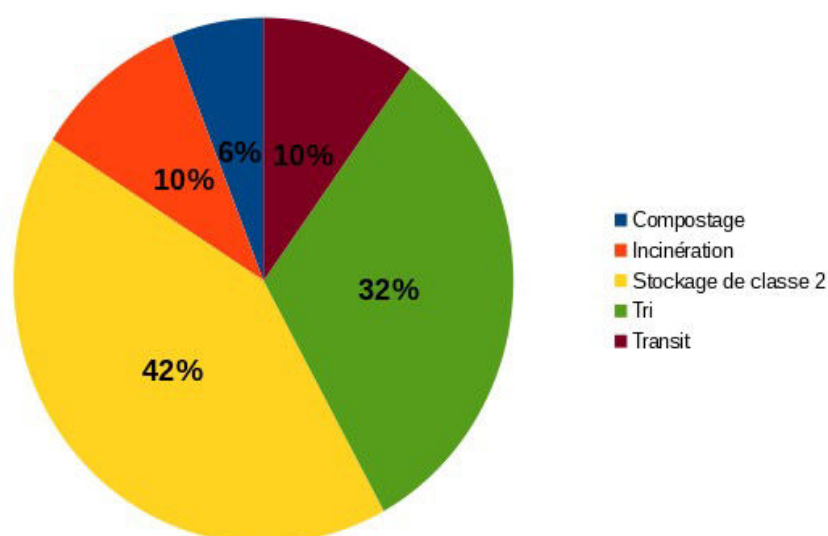


Figure 54: Ventilation des modes de traitement des DAE non dangereux non inertes, Île-de-France, 2010, source : [ORDIF, 2013a, p15]

Selon les ratios présentés et en reprenant les hypothèse précédemment développées concernant l'incinération, nous pouvons calculer la destinée finale de ces déchets. Les 10% en transit ont été ventilés sur les autres modes de traitement au prorata de leur représentativité en considérant que les déchets en transit arrivaient de toute façon dans une installation qui les prendrait en charge selon la répartition régionale.

Les résultats obtenus pour 2010 respectent les ordres de grandeur de 2003 à l'exception du recyclage et de la mise en décharge. Selon la ventilation effectuée par l'ORDIF [ORDIF, 2013a, p15], si nous ventilons la partie stockage dans le recyclage, nous sommes beaucoup plus en accord avec les données de 2003. Selon le centre national d'information indépendante sur les déchets⁹⁸ (CNIID), « les décharges de classe 2 accueillent les déchets ménagers et assimilés (DMA), ainsi que les déchets industriels banals (DIB). Elles sont également appelées Installation de Stockage de Déchets non Dangereux (ISDND) et Centre de Stockage de Déchets Ultimes (CSDU).

Selon la loi-cadre déchet de 1992, il est interdit d'enfouir autre chose dans ces décharges que le déchet ultime, déchet "qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux". » Nous

98 <http://www.cniid.org/Les-differents-types-de-decharges,19> consulté le 21 avril 2014

continuerons donc d'affecter à la mise en décharge les « stockages ».

Tableau 66: Destinée effective des DAE hors DMA et hors déchets de BTP, Île-de-France, 2003-2010, kt, source: voir texte

	DAE hors collecte DMA	Décharge	Recyclage	O2	Disp Air	CO2	Total air	Recyclage + stockage
75	1 142	528	434	86	62	118	180	931
92	427	198	162	32	23	44	67	348
93	485	224	184	36	26	50	76	395
94	329	152	125	25	18	34	52	268
77	579	268	220	43	31	60	91	472
78	495	229	188	37	27	51	78	403
91	305	141	116	23	17	31	48	249
95	274	127	104	21	15	28	43	223
IDF 2010	4 036	1 868	1 533	303	219	417	636	3 289
IDF 2003	4 659	847	3 068				744	
PPC	2 383	1 103	905	179	129	246	376	1 942

Les mêmes hypothèses que précédemment concernant la destinée spatiale des DMA de Paris vers la petite couronne sont reprises faute d'information à ce sujet.

Déchets du bâtiment et des travaux public

Les études sur les déchets du bâtiment et des travaux publics telles que celles du SOeS ([SOES, 2011a] [SOES, 2011b]) sont nombreuses tant l'importance des volumes de déchets générés par ces activités est considérable. Les inquiétudes des acteurs institutionnels sont manifestes et perceptibles au travers leurs publications.

Pour l'année 2000, les données sont départementalisées et séparées entre bâtiment et travaux publics.

Tableau 67: Estimation de la production régionale de déchets du BTP (en tonnes par an – année 2000) source : [DREIF, 2004, p94]

Département	Déchets TP	Déchets Bâtiment	Total déchets BTP
75	838 000	3 356 000	4 194 000
92	1 393 000	1 924 000	3 317 000
93	1 329 000	1 353 000	2 682 000
94	1 110 000	1 387 000	2 497 000
TOTAL PPC	4 670 000	8 020 000	12 690 000
77	1 279 000	953 000	2 232 000
78	1 241 000	914 000	2 155 000
91	1 035 000	711 000	1 746 000
95	986 000	775 000	1 761 000
TOTAL GC	4 541 000	3 354 000	7 895 000
IDF	9 211 000	11 381 000	20 592 000

Le conseil régional d'Île-de-France a récemment été amené à délibérer dans le cadre de l'élaboration du PREDEC [CRIDF, 2013] et fournit dans un rapport disponible en ligne⁹⁹ les estimations de production pour l'année 2010:

«Au total, le gisement des déchets issus des chantiers du bâtiment et des travaux publics s'élèverait entre 27 et 30 millions de tonnes pour l'année 2010 en fonction de la prise en compte ou non de l'estimation des « déchets » réemployés directement sur les chantiers où ils sont produits.

Les déchets inertes issus des chantiers du Bâtiment et des Travaux Publics identifiés sur les installations et principales filières de gestion représentent, pour l'année 2010, environ 24 millions de tonnes identifiés sur les installations accueillant des déchets de chantier.

Ce sont, par ordre d'importance en tonnage :

- Les terres excavées inertes (environ 70-75 %)
- Les bétons de démolition de bâtiments et de couches de chaussées

99 <http://www.iledefrance.fr/sites/default/files/mariane/RAPCR65-13RAP.pdf> consulté le 21 avril 2014

- Les autres déchets inertes en particulier issus des chantiers de bâtiment
- Les agrégats d'enrobés ne contenant pas de goudron ni d'amiante» [CRIDF, 2013 p5]

27 à 30 millions de tonnes pour 2010 contre 20,5 millions de tonnes pour l'année 2000, l'augmentation est très conséquente. La partie DIB contenue dans ces tonnages est supposée intégrer les installations prévues à cet effet et réduit à 24 millions de tonnes les déchets inertes produits.

Aucune publication n'a permis d'obtenir une départementalisation de ces données. Nous avons choisi de répercuter l'augmentation générale au niveau de chaque département par rapport aux chiffres de 2000 ce qui n'est pas une hypothèse satisfaisante: en effet, il est difficilement concevable que les opérations d'aménagement et d'urbanisme (mais aussi la construction) suivent un modèle linéaire dans leur progression et une répartition spatiale constante. Il s'agit de la principale faiblesse du travail de départementalisation entrepris.

Le PREDEC nous indique par ailleurs la destination de ces déchets inertes.

Tableau 68: Destination des déchets de BTP, Île-de-France, %, 2010, source: voir texte

Recyclage inertes	24,5
Remblayage carrières IDF et hors IDF	41,5
ISDND	0,4
Stockage ISDND	0,8
Stockage ISDI	32,8

Tableau 69: Production et destinations des déchets inertes de BTP, Île-de-France, 2003-2010, kt, source: voir texte

	Production estimée	Recyclage	Stockage
75	4 910	1 203	3 707
92	3 884	951	2 932
93	3 140	769	2 371
94	2 923	716	2 207
77	2 613	640	1 973
78	2 523	618	1 905
91	2 044	501	1 543
95	2 062	505	1 557
IDF 2010	24 100	5 904	18 195
IDF 2003	16 210	2 732	13 478
PPC	14 857	3 640	11 217

La Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement d'Île-de-France (DRIEA) établit en 2005 un Plan de Gestion des Déchets du BTP - Paris Petite Couronne restitué [DRIEA, 2005] en ligne¹⁰⁰. Dans les annexes de ce plans figurent un certains nombres de détails, en particulier l'annexe référencée 5-4, la carte des flux des déchets inertes produits en PPC [TRIVALOR, 2002].

Selon cette carte, les déchets inertes de Paris et de la petite couronne (estimés à 10 millions de tonnes) sont repartis pour leur traitement de la façon suivante :

- 53% vers la Seine-et-Marne,
- 23% vers la Seine-Saint-Denis, soit environ la totalité de ce que ce département produit à l'époque,
- 10% vers les Yvelines,
- 2% vers l'Essonne,
- 3% vers la Val-d'Oise,

¹⁰⁰<http://www.driea.Île-de-France.developpement-durable.gouv.fr/plan-de-gestion-des-dechets-du-btp-a228.html> consulté le 21 avril 2014

- 8% vers l'extérieur (ouest) de la région

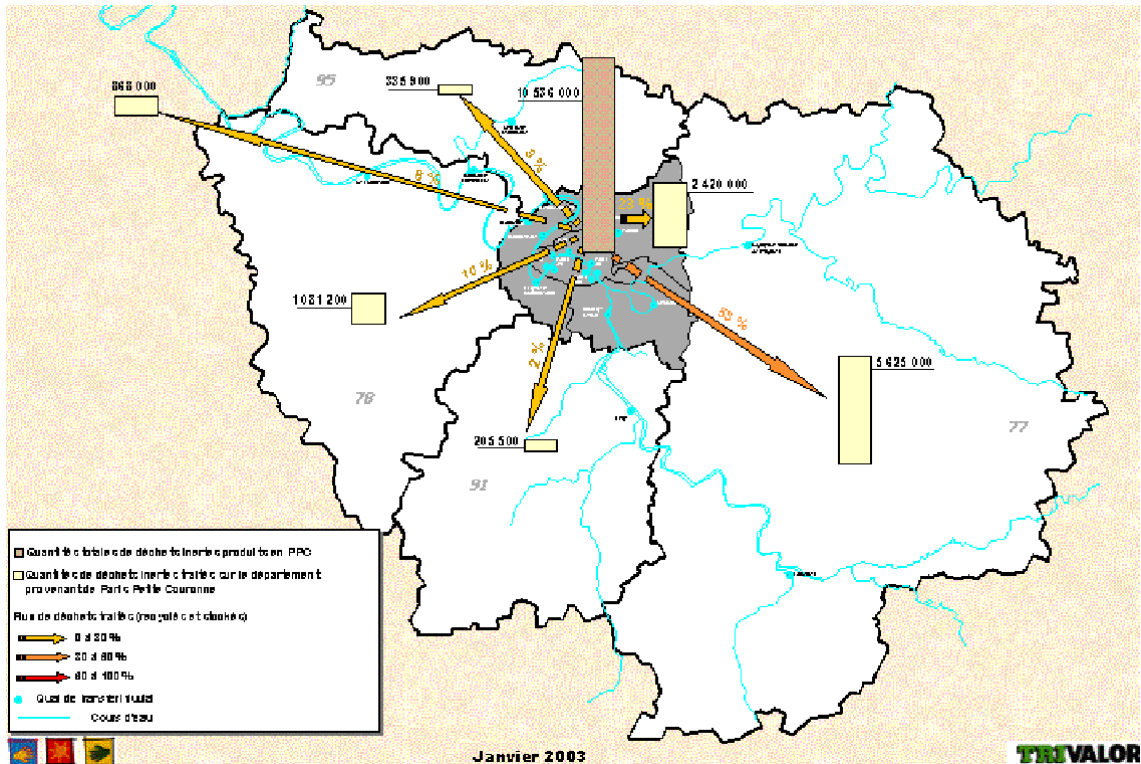


Figure 55: Flux de déchets inertes produits en PPC, 2003, t, Source: TRIVALOR

Bénéficiant des données départementalisées des productions de déchets inertes, nous allons, par une approche dirigée par la proximité géographique, estimer les provenances et destination des flux en provenance de la petite couronne et qui pourront servir pour nos bilans de ratios d'export.

La Seine-Saint-Denis traite légèrement plus qu'elle ne produit, elle n'aura donc aucune exportation et le reliquat de traitement est affecté à Paris.

Les déchets du Val-de-Marne sont affectés à un traitement en Seine-et-Marne et couvrent un peu plus du tiers flux entrant dans ce département.

Nous considérons que les flux dirigés vers le Val-d'Oise, l'extérieur Ouest de la région, les Yvelines et l'Essonne proviennent des Hauts de Seine et il reste encore des flux de ce département qui ne peuvent alors que rejoindre la Seine et Marne accompagnés du reliquat parisien.

Tableau 70: Destination géographique des déchets inertes des Hauts de Seine, %
source: voir texte

91	7,59
78	40,03
95	12,4
hors IDF	32,14
77	7,81

Tableau 71: Destination géographique des déchets inertes de Paris, % source: voir
texte

93	5,88
77	94,11

Concernant les déchets de BTP, les estimations initiales induisent une incertitude très importante, tant en tonnage qu'en pourcentage. Des données, très éparées, reprenant des sources relativement éloignées dans le temps ou issues d'estimations d'experts peu documentées ne nous permettent pas d'avoir une confiance absolue dans la restitution que nous en faisons. De par cette incertitude initiale forte, certaines de nos hypothèses, dont nous avons déjà discuté la fragilité, ne rendront pas les résultats beaucoup plus incertains.

Déchets agricoles

Les déchets agricoles étaient estimés à 1 220 kt/an en 2003. L'ORDIF fournissait cette estimation et considérait qu'ils étaient constitués principalement de paille de céréale.

L'intérêt porté à la méthanisation a conduit à étudier plus précisément les gisements de matières méthanisables en provenance du secteur agricole [BIOMASSE NORMANDIE, 2002], [CA PACA, 2008],[FRANCE AGRIMER, 2012]. Ces études permettent, à partir des données du recensement agricole fourni par l'AGRESTE d'établir pour 2010 une approche des déchets agricoles.

L'étude de Biomasse Normandie [2002] s'intéresse particulièrement aux déjections animales, mais principalement dans une optique d'observation agronomique en

s'intéressant à l'azote généré. L'équivalent vache laitière pour la production d'azote et les autres unités de référence en la matière y sont abordées.

L'étude France Agrimer [2012] s'intéresse à tous les compartiments de l'agriculture et de la transformation agricole pour déterminer les ressources totales disponibles, sous la forme de déchets ou d'opportunité en concurrence avec les filières existantes sur l'ensemble du territoire national.

L'étude de la Chambre d'Agriculture de Provence-Alpes-Cotes-d'Azur [CA PACA, 2008] est limitée géographiquement à une région et ses cultures spécifiques, nous y apprenons le taux de paille laissé dans les champs en vue de l'utiliser dans nos propres calculs.

Nous avons donc décidé de nous limiter, au niveau animal, aux déjections que nous qualifierons de « sous la queue » et directement issues du métabolisme de l'animal.

Les déjections liées au métabolisme des animaux ont été extraites d'un document canadien de l'Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement [IRDA, 2012] et les informations sur le cheptel extraites du portail EIDER (série référencée AG18). Ainsi furent trouvées 384 millions de tonnes de déjections animales « sous la queue » issues du croisement de statistiques officielles et de publications scientifiques. Soit plus de la totalité des flux sortant identifiés par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France pour le bilan matière qu'il a réalisé pour l'année 2010 [IAU IdF, 2013, p21]. La consultation des anciennes séries (référencées AG16) permet de situer l'erreur dans les unités annoncées : le nombre de tête est devenu le millier de têtes. Nous prenons la liberté de diviser par mille les résultats obtenus.

Tableau 72: Déjections animales, Île-de-France, 2010, t, voir texte

	75	92	93	94	77	78	95	91	IDF	PPC
Déjections animales 2010	0	0	724	458	249 799	85 276	48 611	14 136	399 004	1 182

Des publications [CA PACA, 2008] et [FRANCE AGRIMER, 2012] nous déduisons que la production de paille de céréale équivaut à la moitié du grain produit et que la

moitié de cette paille reste dans le champ. Nous n'avons pas pu estimer les déchets liés aux autres productions agricoles, leur représentativité dans la production n'étant pas majeure.

Tableau 73: Paille abandonnée dans les champs, Île-de-France, kt, 2010, source: voir texte

	77	78	91	92	93	94	95	PPC	IDF
paille (kt) abandonnée	311	95	113	0	1	1	52	2	573

Déchets industriels spécifiques

Pour les déchets industriels spécifiques, le portail EIDER fournit la série DE15. Cette série est une extraction de la base IREP précédemment rencontrées. Elle fournit les données 2010 départementalisées. La série DE22 fournit les données départementalisées qui concernent les entreprises de traitement de déchets dangereux et permet d'élaborer des taux par type de traitement propres à chaque département.

La quantité totale de déchets dangereux traités en 2010 en Île-de-France (environ 1 million de tonnes) indique une importation nette de DIS sur le territoire même si on considère les 12,5 kt issues des DMA.

Tableau 74: Bilan des DIS, Île-de-France, t, 2003-2010, source: voir texte

	Prod. entreprises	O2	Décharge	Recyclage	Dissip. atmos	CO2
91	41 848	17 329	19 886	17 325	8 842	23 827
92	36 413	15 078	17 303	15 075	7 694	20 733
75	13 148	5 444	6 248	5 443	2 778	7 486
77	86 856	35 966	41 274	35 958	18 353	49 454
93	35 103	14 536	16 681	14 533	7 417	19 987
95	38 204	15 820	18 155	15 816	8 073	21 752
94	51 627	21 378	24 533	21 374	10 909	29 395
78	206 521	85 518	98 139	85 500	43 638	117 588
IDF 2010	509 720	211 070	242 219	211 024	107 704	290 221
IDF 2003	606 000		386 000		221 000	
PPC	136 291	56 437	64 765	56 424	28 798	77 601

Nous considérons les mâchefers valorisables et les REFIOM mis en décharge. Les mêmes principes que pour l'incinération des DMA ont été repris. On notera principalement l'apparition du recyclage dans le secteur des DIS qui n'était pas mis en œuvre auparavant.

Nous affectons au bilan de chaque département les valeurs obtenues.

Déchets d'activité de soins à risque infectieux (DASRI)

Les DASRI présentent un risque sanitaire important mais un tonnage 2003 qui est estimé à 31 kt/an au niveau régional ce qui nous conduit à ne pas les prendre en compte pour 2010.

Rejets de stations d'épuration des collectivités

La série EA41 permet de déterminer les matières sèches produites par les boues de stations d'épurations sur l'année 2010 de façon départementalisée. La source technique est la BDERU (base de données sur les eaux résiduaires urbaines).

Tableau 75: Boues de STEP, Île-de-France, 2010, t de matière sèche, source: voir texte

91	7 786
92	0
75	132 891
77	19 960
93	0
95	7 887
94	0
78	13 040
IDF	181 564
PPC	132 891

Pour 2003, 1 15 kt de boues avaient été identifiées pour l'Île-de-France, l'augmentation de l'efficacité des rendements des stations avait à juste titre été prévue. En considérant les volumes, la recherche des modes de traitement n'est pas approfondie. 50% seront affectés à l'épandage (même à Paris) et autant aux déchets ultimes de chaque département.

Déchets aquatiques

Estimées à 42 kt pour la région Île-de-France pour le bilan 2003, ils sont négligés au même titre que les déchets d'activité de soin à risque infectieux (DASRI).

Émissions atmosphériques

La respiration humaine

Une des rares activités dont l'homme ne peut se passer est la respiration. Elle consomme du dioxygène et rejette du dioxyde de carbone. Que l'on soit bébé, vieillard, sportif ou casanier, elle s'adapte pour nous fournir de l'oxygène nécessaire au processus d'oxydation nous procurant de l'énergie.

A partir de quelques sources, comme la ligue pulmonaire suisse¹⁰¹ pour les aspects physiologiques et du site d'Air Liquide¹⁰² pour les masses volumiques, nous pouvons

101 <http://www.liguelpulmonaire.ch/fr/themes-principaux/poumon-et-voies-respiratoires/chiffres-de-la-fonction-pulmonaire.html> consulté le 20 avril 2014

102 <http://www.airliquide.com/> consulté le 20 avril 2014

retenir qu'un être humain consomme en moyenne 237,5 kg de dioxygène par an, ce qui est en accord avec le coefficient proposé dans la guide du SOeS [SOES, 2014, p 67] issus d'eurostats [Eurostat 2009]. Nous tirerons de ce guide le facteur de production de vapeur. Rapporté au nombre d'habitants dans chaque départements et après le calcul du dioxyde de carbone induit (toujours via les masses molaires mais en partant cette fois de la masse de dioxygène), nous arrivons aux résultats présentés dans le tableau suivant.

Les valeurs obtenues ne sont pas négligeables, elles dépassent très largement celles obtenues pour les carburateurs selon la méthode que nous avons retenue précédemment.

Tableau 76: Bilan de la respiration humaine, Île-de-France, 2010, t, source: voir texte

	habitants	t O2	t CO2	t H2O
75	2 243 833	532 349	731 980	785 342
92	1 572 490	373 073	512 976	550 372
93	1 552 048	368 223	506 307	543 217
91	1 215 340	288 339	396 467	425 369
78	1 408 765	334 229	459 566	493 068
94	1 327 732	315 004	433 131	464 706
95	1 171 161	277 858	382 055	409 906
77	1 324 865	314 324	432 196	463 703
PPC	6 696 103	1 588 650	2 184 394	2 343 636
IdF	11 816 234	2 803 402	3 854 677	4 135 682

Une bonne voie pour limiter l'impact de la respiration humaine dans le métabolisme de la région est d'interdire le sport qui entraîne des augmentations de consommation de dioxygène dans des proportions vertigineuses, en particulier l'aviron et l'alpinisme, toujours selon nos référents helvètes.

La respiration animale

Au niveau de la respiration des animaux, les coefficients d'Eurostat sont appliqués aux séries produites par la statistique agricole et restituée sur le portail EIDER (sérieAG18). Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 77: Bilan de la respiration animale, Île-de-France, 2010, t, source: voir texte

	t CO2	t H2O	t O2
91	3 310	3 823	2 776
92			
75			
77	59 456	68 782	49 865
93	176	204	148
95	11 795	13 639	9 891
94	100	115	84
78	20 184	23 336	16 930
PPC	276	319	231
IDF	95 020	109 899	79 693

Bilan des émissions atmosphériques

La somme du CO2 émis calculée au fur et à mesure de notre travail est de trente huit millions de tonnes en retenant une méthode d'affectation des carburéacteurs qui écarte un tonnage que nous estimons à six millions de tonnes (soient dix sept millions de tonnes de CO2). La prise en compte du carburéacteur nous met dans des ordres de grandeurs proches de ceux obtenus pour le métabolisme de 2003 (cinquante deux Mt de CO2).

La valeur annoncée par Air Paris concernant le CO2 est de 41,9 Mt [AIRPARIF, 2013, p44] de CO2 directement émis dans l'atmosphère pour la région Île-de-France mais nous ne connaissons pas toutes les hypothèses utilisées (carburéacteur, importation électricité). Nous conserverons donc les valeurs que nous avons pu calculer tout au long de ce travail en nous basant sur l'adéquation effective entre les émissions de CO2 obtenues avec celles des institutions en charge de les calculer. Notre objectif n'est pas le calcul des émissions de GES incorporant transport amont et l'ensemble des impacts indirects, nous voulons les émissions directes, physiques et non pas des transformations en équivalent CO2 (44 Mt equ CO2 pour l'Ile-de-France [AIRPARIF, 2013, p105]).

Usages et pertes dissipatifs

Les pertes dissipatives estimées pour 2003 ne sont pas évaluées malgré les 862 kt que

l'usure des routes représente.

Les autres pertes dissipatives ne sont pas considérées de part leur très faibles tonnages.

Recyclage

Les données sur le recyclage ont été établies au fur et à mesure à partir des informations portant sur les déchets.

Extractions locales inutilisées et flux indirects

Tout comme pour le métabolisme de 2003, les extractions locales non utilisées et flux indirects ne sont pas pris en compte. Nous avons abordé les flux indirects liés à l'électricité importée pour en estimer la matérialité sans pour autant en incorporer les éléments dans le calcul final.

3.5 Conclusion

Mises à part les données concernant les productions de centrales électriques thermiques de la région, la disponibilité des données s'est largement améliorée. Bien entendu, des surprises issues d'erreurs de transcription ou calculs, peuvent venir perturber la construction de l'ensemble mais la comparaison des ordres de grandeur avec les réalisations passées nous permet de rapidement les identifier et les corriger.

Il est cependant assez déroutant de constater qu'en ce qui concerne les déchets d'activités économiques (DAE) qui représentent une importante part des déchets générés, les informations ne sont pas au niveau des enjeux identifiés depuis maintenant plus d'une décennie.

Concernant la partie déchets en général, les flux transitant entre les départements et qui sont référencées dans la base de données SITRAM « 14 - » *Matières premières secondaires ; déchets* » représentent en sortie de Paris 378 kt alors que plus de quatre millions de tonnes de déchets de BTP sortent à eux seuls de la capitale. L'incertitude est donc grande sur les lieux réels de destination des déchets. Nous connaissons leur devenir effectif en termes de traitements mais au niveau de la répartition géographique, nous choisissons d'en affecter les impacts (consommation d'oxygène, CO2 produit, vapeur, dissipation atmosphériques, recyclage) en fonction des lieux de production. Ce

parti pris permet d'affecter aux territoires produisant réellement l'impact de se le voir imputer sans biaiser par un transfert administratif la vision des voisins. Au niveau de la région, nous estimons qu'elle respecte le principe d'autonomie qui consiste à régler dans son périmètre la gestion de ses déchets.

4 Résultats

Les dix bilans ont été réalisés, tout d'abord en flux totaux.

Tout au long de la construction de ces bilans matière, nous avons comparé les résultats à ceux de 2003, en particulier lorsque nous avons retenu des hypothèses différentes (pour le kérosène par exemple) ou obtenu des variations très importantes (pour les importations en particulier mais aussi en considérant l'hiver 2011 particulièrement clément).

Si les ordres de grandeur sont respectés ou les différences explicables, une très nette diminution des quantités de matière mises en jeu par le territoire est constatée au-delà de l'effet des hypothèses retenues.

Tableau 78: Bilan de matières, 75, 92, 93, 94 et 77, 2010, kt, source: voir texte

kt	75	92	93	94	77
Entrées					
Extraction locale					
Combustibles fossiles	0	0	0	0	0
Minéraux	0	800	300	700	7 100
Biomasse	3	1	17	15	5 244
Total des extractions locales	3	801	317	715	12 344
Importations					
Combustibles fossiles	1 027	1 135	1 043	1 102	1 526
Autres	7 510	11 236	12 055	14 797	24 626
Total importations	8 537	12 371	13 098	15 899	26 152
DMI	8 540	13 172	13 415	16 614	38 495
Sorties					
Vers la nature					
Air	6 069	5 766	4 545	5 638	5 868

CO2	4 809	5 066	4 042	5 064	5 275
Dissipation atmosphérique	1 260	701	502	574	593
Enfouissement	4 261	3 168	2 833	2 448	2 444
Boues de step (vers l'eau)	133	0	0	0	20
Dissipation (sol)	0	0	1	1	561
DPO	10 463	8 935	7 379	8 087	8 894
Exportations					
Flux exportés vers la nature		0	0		
Autres exportations	4 954	9 763	10 402	12 703	24 086
Total des exportations	4 954	9 763	10 402	12 703	24 086
DMO	15 417	18 698	17 781	20 790	32 980
LEPO	10 463	8 935	7 379	8 087	8 894
Recyclage					
Local	2 077	1 374	1 178	1 074	1 189
Extérieur	0	0	0		
Total recyclage	2 077	1 374	1 178	1 074	1 189
Déchets exportés	0	0	0	0	0
DMC	3 586	3 409	3 013	3 911	14 409
BI Oxygène	5 169	5 966	4 422	6 210	6 127
BO eau (comb et resp)	2 665	3 116	2 212	3 199	2 772
NAS	-4 373	-2 677	3 100	-1 165	8 871

Tableau 79: Bilan de matières, 78, 91, 95, PPC et IdF, 2010, et IdF 2003, kt, source: voir texte

kt	78	91	95	PPC	IDF	IDF 2003
Entrées						
Extraction locale						
Combustibles fossiles	0	0	0	0	0	540
Minéraux	1 900	1 600	1 400	1 800	13 800	16 990
Biomasse	852	1 168	1 042	34	7 770	6 010
Total des extractions locales	2 752	2 768	2 442	1 834	21 570	23 540
Importations						
Combustibles fossiles	1 349	1 248	1 008	4 256	9 794	26 100
Autres	13 437	15 038	12 133	37 791	61 164	88 350
Total importations	14 786	16 286	13 141	42 047	70 958	114 450
DMI	17 538	19 054	15 583	43 881	92 528	137 990
Sorties						
Vers la nature						
Air	5 857	5 055	4 280	22 018	43 079	53 840

CO2	5 242	4 604	3 830	18 982	37 933	
Dissipation atmosphérique	615	451	450	3 037	5 146	
Enfouissement	2 298	1 823	1 776	12 710	21 051	20 010
Boues de step (vers l'eau)	13	8	8	133	182	40
Dissipation (sol)	180	127	100	3	972	2 400
DPO	8 348	7 013	6 165	34 864	65 283	76 290
Exportations						
Flux exportés vers la nature						
Autres exportations	9 828	13 035	10 886	30 016	45 992	58 500
Total des exportations	9 828	13 035	10 886	30 016	45 992	58 500
DMO	18 176	20 048	17 051	64 880	111 275	134 860
LEPO	8 348	7 013	6 165	34 864	65 283	76 360
Recyclage						
Local	1 190	934	925	5 703	9 941	7 320
Extérieur						
Total recyclage	1 190	934	925	5 703	9 941	7 320
Déchets exportés	0	0	0	0	0	0
DMC	7 710	6 019	4 697	13 865	46 536	79 420
BI Oxygène	3 939	5 088	4 195	21 767	41 116	52 650
BO eau (comb et resp)	2 729	2 384	1 996	11 192	21 073	26 330
NAS	573	1 709	731	-10 424	1 295	29 460

Au niveau de PPC, des territoires a priori similaires présentent des NAS très différentes. Certaines sont négatives, ce qui, d'après de guide du SOeS, n'est pas un cas jusqu'ici observé. Les données relatives au transport (base SITRAM) ne reflétant pas les transports de déchets pourtant estimés, la fiabilité du niveau départemental dans son usage peut être discutée. Le nombre d'observations permettant d'établir ces statistiques ne permet visiblement pas de refléter correctement la circulation des matières sur le territoire.

Au niveau régional, les sorties vers la nature sont en correspondance, la consommation d'oxygène et la production de vapeur indiquent bien une diminution et entretiennent une proximité. Les principales différences se situent au niveau des importations et des combustibles. Nous avons pu en expliquer une partie du fait des hypothèses considérées (TRAPIL, carburacteur) mais la chute de la NAS est considérable (divisée par vingt).

Pour les échelles infra-régionales, les extractions locales, les sorties vers la nature ainsi que les taux de recyclage sont considérés comme justes, les autres valeurs sont très discutables. Nous rappelons que parmi nos hypothèses, nous avons affecter le traitement des déchets sur leurs lieux de production, diminuant de fait le déficit de la NAS en influant sur les exportations.

De par les biais observés, nous ne calculerons les indicateurs par habitants que pour Paris, PPC et Île-de-France, en ne considérant au final comme valable que l'échelle régionale.

Tableau 80: Bilan de matières, 75, PPC et IdF, 2010, t/hab, source: voir texte

t/hab	75	PPC	IDF
Entrées			
Extraction locale			
Combustibles fossiles	0	0	0
Minéraux	0	0,27	1,17
Biomasse	0	0,01	0,66
Total des extractions locales	0	0,28	1,83
Importations	0	0	0
Combustibles fossiles	0,46	0,64	0,83
Autres	3,35	5,67	5,19
Total importations	3,81	6,31	6,02
DMI	3,81	6,58	7,85
Sorties	0	0	0
Vers la nature	0	0	0
Air	2,71	3,3	3,66
CO2	2,14	2,85	3,22
Dissipation atmosphérique	0,56	0,46	0,44
Enfouissement	1,9	1,91	1,79
Boues de step (vers l'eau)	0,06	0,02	0,02
Dissipation (sol)	0	0	0,08
DPO	4,66	5,23	5,54
Exportations	0	0	0
Flux exportés vers la nature	0	0	0
Autres exportations	2,21	4,5	3,9
Total des exportations	2,21	4,5	3,9

DMO	6,87	9,74	9,44
LEPO	4,66	5,23	5,54
Recyclage	0	0	0
Local	0,93	0,86	0,84
Extérieur	0	0	0
Total recyclage	0,93	0,86	0,84
Déchets exportés	0	0	0
DMC	1,6	2,08	3,95
BI Oxygène	2,3	3,27	3,49
BO eau (comb et resp)	1,19	1,68	1,79
NAS	-1,95	-1,56	0,11

Le bilan matière réalisé par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France autorise une comparaison des résultats régionaux pour l'année 2010. Il prend en compte les flux indirects en entrée et sortie mais bien peu d'hypothèses sont détaillées. Il est annoncé comme reprenant celle du métabolisme de 2003 qui sert de référence mais une grande incertitude sur les importations et les exportations est aussi admise.

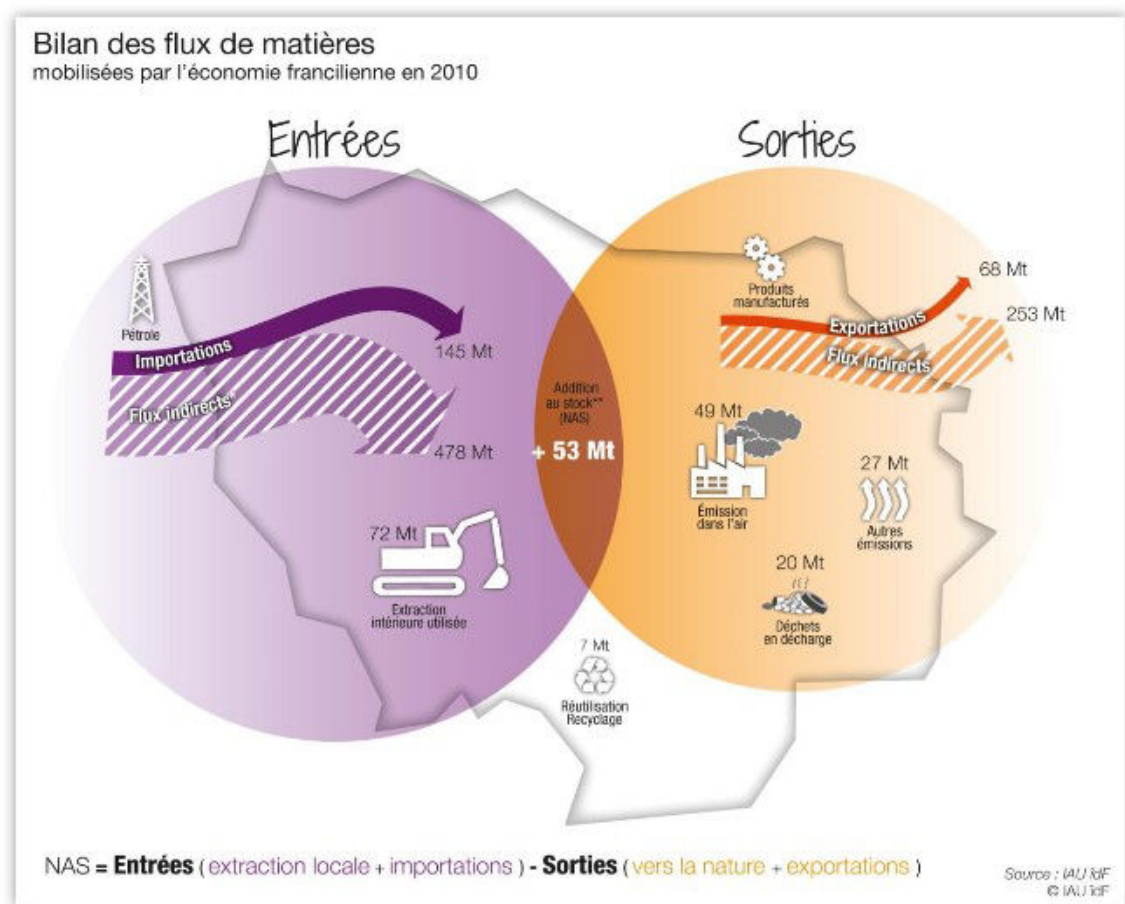


Figure 56: Bilan des flux de matière 2010, Île-de-France, source: IAU IdF

Au niveau des importations, nous comptons 63 Mt en lieu et place des 145 Mt de l'IAU, soient 82 Mt manquantes qui ne peuvent s'expliquer ni par l'absence de flux Trapil en transit que nous n'avons pas comptés, ni par le carburacteur dont le comptage a été modifié, ni même par une erreur de calcul du type incorporation des flux internes à l'Île-de-France aux flux entrants: nous avons effectué les calculs selon cette hypothèse et les résultats des importations sont alors de 163 Mt hors énergie, supérieurs au résultat présenté.

En admettant que les importations de l'IAU correspondent à la DMI, nous obtenons 128 Mt soient un résultat plus proche mais un double comptage est alors opéré au niveau des extractions locales. A ce niveau là, entre les 72 Mt de l'IAU et les 62 Mt que nous

trouvons (extraction+O2), une cohérence apparaît.

Autre point convergent, le recyclage : 7 Mt pour l'IAU et 9 Mt pour notre calcul, à défaut d'une parfaite adéquation, une proximité s'établit. Idem pour les émissions dans l'air (49 Mt pour l'IAU et 59 Mt pour notre calcul). Pour la mise en décharge, 20Mt pour l'IAU et 19 Mt pour nos calculs, il s'agit du résultat le plus proche.

Au niveau des exportations, alors que nous comptons 42 Mt, l'IAU en compte vingt six de plus à 68 Mt de matière exportées. Quant aux flux indirects, leur quantification reste mystérieuse (en entrée comme en sortie).

Mais le point de divergence le plus important est constitué par l'addition nette au stock : alors que nous comptons 1,3 Mt de NAS, l'IAU en compte 53 Mt. L'impact des flux TRAPIL influence les volumes entrants et sortants mais en aucun cas la balance, ceux de carburacteur ont un impact tout aussi mesuré tout comme les hypothèse formulées tout au long de l'établissement de nos bilans. La différence nette entre les importations et exportations relevée par l'IAU et notre travail fait apparaître plus de 50 Mt de différence à ajouter à la NAS. A défaut de détail des hypothèses utilisées par l'IAU et étant donnée l'adéquation de nos résultats avec ceux des entrées sorties de la région Île-de-France calculées par le SOeS, nous ne remettons pas en cause nos hypothèses et calculs.

Concernant les résultats les bilans des flux de matières dont nous doutons de la représentativité au niveau infra-régional, nous pouvons cependant observer que les départements de la petite couronne ont une nette tendance à déstocker de la matière alors que ceux de la grande couronne ont une addition nette au stock positive. Si nous estimons le biais partagé par tous les départements, ce partage est net.

L'aménagement et l'urbanisme ayant été déterminés comme ayant un effet sur les bilans de flux de matières, en particulier concernant les matériaux et déchets de BTP, un approfondissement est apporté sur ces points. En considérant les enquêtes Teruti, devenues Teruti-lucas¹⁰³ [AGRESTE, 2010], qui qualifient l'occupation des sols, nous pouvons observer que les départements de la petite couronne présentent comme caractéristique un taux de sols artificialisés dépassant les 75% de la surface disponible

¹⁰³<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/file/methodologie213.pdf> consulté le 4 mai 2014

alors que ceux de la grande couronne varient de 12% pour la Seine-et-Marne à 24% pour le Val-d'Oise. La séparation en territoire qui déstockent et ceux qui accumulent est très nette. Même à l'intérieur des départements de la grande couronne, une correspondance entre le taux d'artificialisation et la NAS est observable.

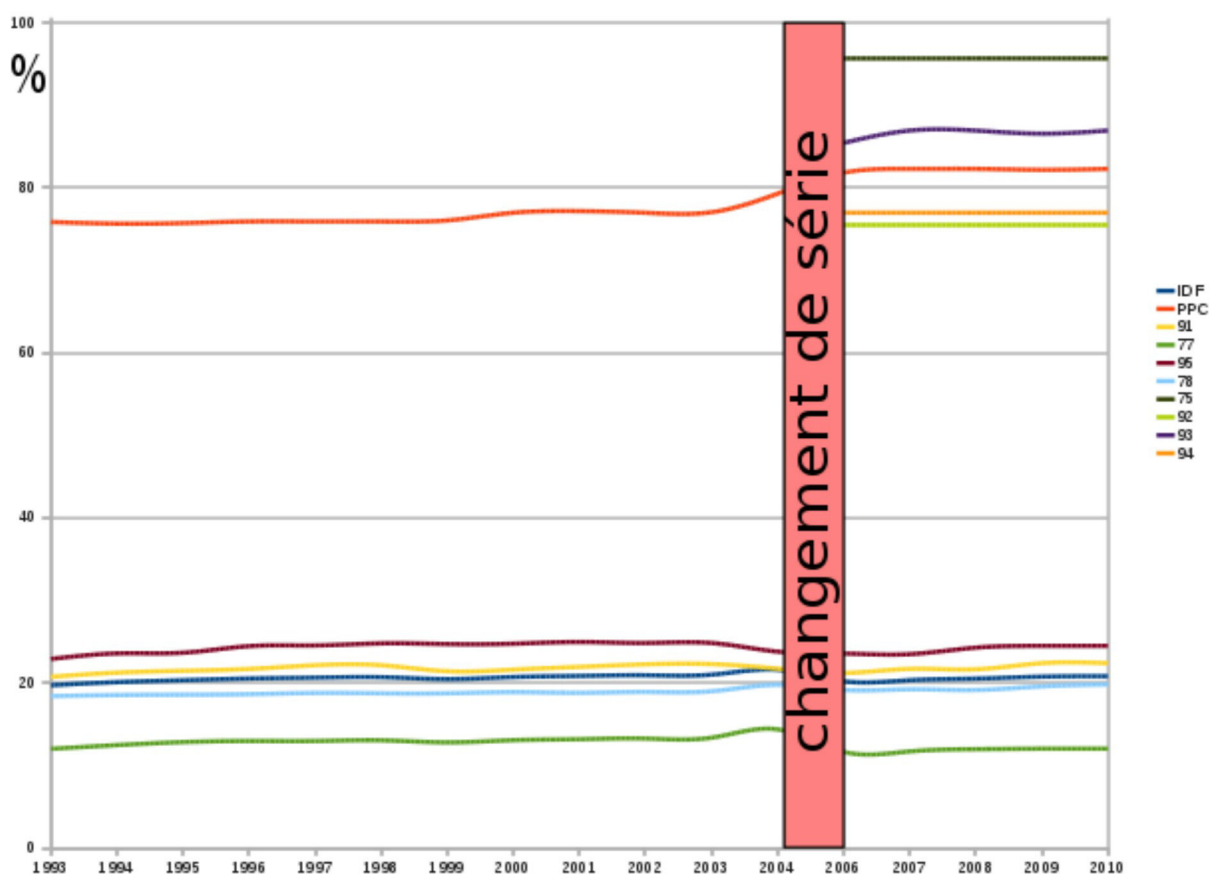


Figure 57: Evolution du taux d'artificialisation des sols, Île-de-France, %, sources: enquêtes Teruti et Teruti-Lucas.

Tableau 81: Rapport artificialisation et NAS, Île-de-France, 2010, source: voir texte

	77	78	91	95	Moyenne PPC
Tx artificialisation (%)	12	19	22	24	85
NAS (kt)	8 871	573	1 709	731	-10 424

Nous avons pu constater lors de la construction des bilans que le traitement des déchets,

en particulier ceux issus du BTP qui représentent des tonnages très considérables, impactent très directement le fonctionnement du métabolisme de la région Île-de-France. La balance nette de la division «14 Matières premières secondaires ; déchets » est très claire à ce sujet même si une remise en question des volumes observés a été formulée. Tous les départements de PPC sont exportateurs alors que ceux de la grande couronne sont importateurs nets.

L'exportation des déchets de la petite couronne vers la grande se traduit de façon très visible et cela ne surprendra personne : le stockage des inertes est réalisé dans des territoires au foncier disponible. C'est d'ailleurs là une préoccupation qui émane des documents de Plaine-Commune quand ils évoquent une tendance à « la raréfaction des fonciers disponibles pour les activités de tri et de valorisation des matériaux » [PLAINE COMMUNE, 2013, p2]. Nous avons considéré que la Seine-Saint-Denis absorbait jusqu'à présent la totalité de ses déchets inertes, la limite semble bientôt atteinte.

L'objectif de la réalisation des bilans de matières est de contribuer à la détermination d'enjeux territoriaux. En reprenant les informations de la base SITRAM ajustée des séries concernant les combustibles que nous avons constituées, les balances import/export permettent de visualiser les principales différences intrarégionales. Au niveau des déchets et matières premières secondaires, nous avons choisi les données issues de SITRAM dans la figure suivante, elles confirment par une balance exportatrice nette pour PPC les hypothèses formulées et les limites de la Seine-Saint-Denis quant à ses capacités à absorber ses déchets. L'ajout des extractions locales qui est ensuite effectuée modifie les flux agricoles et les flux de matériaux de construction uniquement, la Seine-et-Marne, au niveau des produits agricoles, stocke alors ce type de matière. Mais la principale qualité de cette construction vient de l'apparition beaucoup plus nette des enjeux : les combustibles qui arrivaient à la première place des tonnages consommés « déficitaires », sont dépassés, voire très largement dépassés par les matériaux de construction en ce qui concerne la grande couronne. Le classement selon le taux d'artificialisation des sols est tout aussi applicable dans le cas du stockage des matériaux de construction que pour la NAS en général.

Figure 58: Balance import/export, Île-de-France, 2010, t, source : voir texte

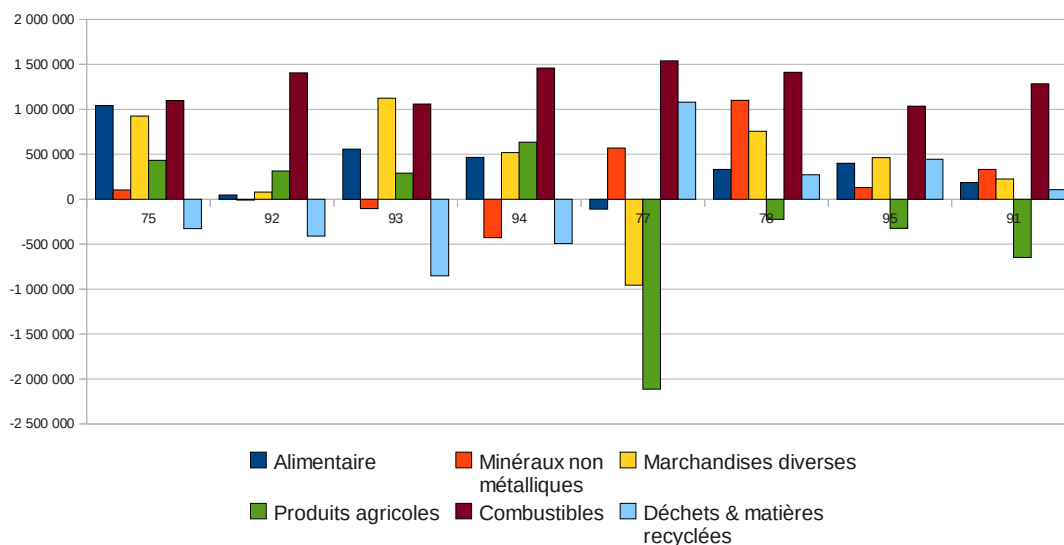
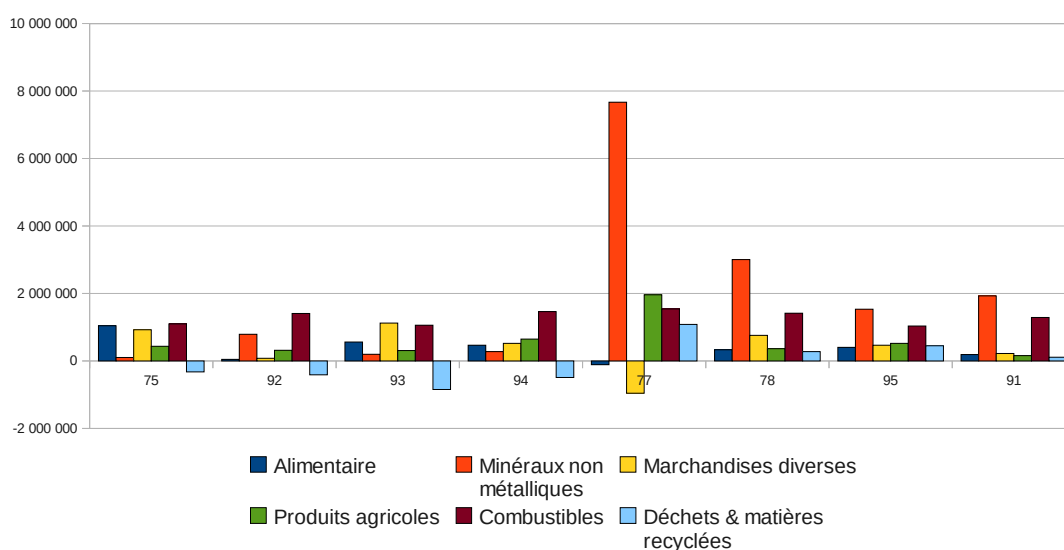


Figure 59: Balance (import+extraction)/export, Île-de-France, 2010, t, source : voir texte



En ce qui concerne PPC, l'extraction végétale ou minérale ne modifie que dans d'infimes proportions les balances territoriales. Le poids prépondérant de l'énergie est toujours marqué, tout comme l'enjeu alimentaire pour Paris en particuliers.

Pour la Seine-Saint-Denis, qui est notre territoire cible, alors que tous les éléments

indiquait théoriquement une relative autonomie quant au traitement des déchets, la saturation des exutoires est manifeste. Elle correspond à un enjeu dont les tonnages sont en rapport avec ceux de l'énergie.

5 Conclusion

L'exercice de la réalisation de bilans matières au niveau régional, voire départemental, s'avère réalisable grâce à la mise à disposition d'une importante quantité de données par les services de l'État. La démonstration est faite qu'une réplique des enjeux d'un niveau régional à un niveau départemental n'est directement réalisable en l'état : au sein de la région Île-de-France, chaque département a sa dynamique propre, influencée très directement par son taux d'artificialisation des sols. Ne retenir que cette correspondance « faible taux d'artificialisation du sol/stockage matière et inversement » au niveau de tous les départements français serait une erreur, un calcul sur l'ensemble du territoire est à réaliser pour pouvoir l'affirmer.

La question à laquelle nous souhaitons répondre concernait les enjeux du territoire de la Seine-Saint-Denis, en vérifiant si les acteurs locaux (services territoriaux) percevaient, en termes de matérialité, les mêmes. Leurs préoccupations quant à l'énergie, les matériaux de construction et les déchets (principalement ceux de BTP) sont justifiés.

Nous avons voulu vérifier la matérialité du système de production distribution quand le potentiel d'écologie industrielle est inexistant. Sans trop de surprise, les résultats de la démarche d'écologie industrielle menée à l'Ile-Saint-Denis traduisent une faiblesse de la matérialité mise en œuvre dans les établissements visités. Cette expérimentation n'est cependant pas dénuée d'enseignements : la disponibilité de solutions techniques (éclairage frontal de vitrines), l'accessibilité des dispositifs de soutien (certificats d'économie d'énergie), le potentiel de mutualisation par secteur (caisse enregistreuse) ou inter-secteur (huile de frites), constituent un vaste champ des possibles afin d'améliorer les performances économiques et environnementales des entreprises du secteur résidentiel. Le restaurant italien qui ne savait pas localiser le récup-verre, qui ne connaissait pas l'obligation légale de traçabilité de ses huiles de friture ni même ses

consommations d'énergies a fermé ses portes fin avril 2014.

Nous avons donc ouvert le périmètre à l'ensemble du fonctionnement du territoire en faisant l'hypothèse que la dynamique de l'Ile-Saint-Denis correspondait à celle du département de la Seine-Saint-Denis. Pour observer les enjeux déjà pressentis par les acteurs territoriaux, le bilan des matières a été réalisé pour le département ainsi que ceux de la région parisienne pour affiner notre perception. Le secteur du bâtiment et des travaux publics a confirmé son impact dans la matérialité du fonctionnement urbain, tant en ce qui concerne les approvisionnements de matière que les exutoires nécessaires à l'absorption des déchets issus de son activité. Un aspect important de ce secteur est sa capacité à mobiliser de la matière et son activité le temps d'un chantier en un endroit donné. Ainsi, dans le potentiel d'écologie industrielle, cette caractéristique à déployer une activité « industrielle » dans un endroit qui ne présente pas a priori pas de potentiel n'est pas prise en compte. Les grands chantiers qui génèrent des appels de matériaux considérables et des volumes de déchets importants sont complètement transparents dans l'approche que nous avons précédemment développée. Cette prise en compte dépasse la capacité du PEI qui doit donc être accompagné des éléments de programmation des infrastructures territoriales et de développement urbain pour offrir une vision plus éclairée des enjeux liés à la matérialité industrielle.

Chapitre 4 : Plate-forme d'appui à l'action

Maintenant, nous identifions les acteurs qui sont appelés à développer l'écologie industrielle sur le territoire français. Ensuite, les différents axes de travail d'une telle mission sont traduits dans un système d'information, d'un point de vue théorique mais aussi au regard des réalisations existantes. Enfin, un prototype est présenté.

Celui-ci met à disposition pour le territoire métropolitain une restitution opérationnelle du potentiel d'écologie industrielle. Il en comprend deux versions:

- la première est basée sur un découpage administratif qui permet de cibler rapidement la densité industrielle et sa nature pour une unité territoriale donnée.
- la deuxième est basée sur le principe de voisinage qui introduit la proximité autour d'une position donnée sous forme de cercles concentriques.

Très concrètement, cette traduction opérationnelle du potentiel d'écologie industrielle permet d'établir des listes de participants (entreprises). Celles-ci permettent la mise en place d'un réseau d'acteurs quand celui-ci n'a pas été détecté sur le terrain (absence de clubs d'entreprises locaux) et de contacter les entreprises.

La plate-forme proposée fournit aussi un ensemble de données utiles pour la réalisation d'un métabolisme territorial au niveau régional et départemental. Ce regroupement vise aussi à faire baisser le coût de réalisation d'une analyse de flux de matière pour la collectivité, estimé à 85 jours homme pour le traitement d'une région [SOES, 2014, p94].

Au-delà des restitutions directement associées aux chapitres précédents qui constituent de nouveaux outils disponibles, plusieurs évolutions sont apportées à un des principaux outils du domaine, PRESTEO. Ces évolutions relatives à la qualification des flux, la prise en compte des services et l'intégration de modules de détection et d'évaluation de synergies viennent compléter le patrimoine applicatif français du domaine.

1 *Région, collectivité en charge de l'organisation territoriale de l'écologie industrielle*

L'absence théorique d'échelle spécifique au déploiement de symbioses industrielles sur

le territoire national soulève, dans la perspective de la production d'une solution d'appui à l'action, une question immédiate : quels acteurs seront les porteurs de cette action? Quels seront leurs besoins?

En matière de développement durable, la France a organisé deux conférences environnementales en vue d'élaborer une feuille de route pour la transition écologique.

La première conférence, en 2012, préparait le débat national sur la transition énergétique. Son ambition était de faire de la France un pays exemplaire en matière de biodiversité, de prévention des risques sanitaires et environnementaux. Les leviers envisagés reposaient alors sur la mise en œuvre d'une fiscalité écologique, de financements dédiés et sur l'amélioration de la gouvernance environnementale. En 2013, la deuxième conférence ouvrait cinq nouveaux chantiers sur:

- l'économie circulaire,
- les emplois et la transition écologique,
- la politique de l'eau,
- la biodiversité,
- l'éducation aux problématiques environnementales.

Les rendus de cette conférence posaient les bases d'une Stratégie Nationale de Transition Écologique vers un Développement Durable (SNTEDD) pour décliner les grands objectifs en mesures spécifiques pour des mises en œuvre concrètes de ces ambitions. Dans la mesure 11 de cette feuille de route, l'écologie industrielle (entendre symbiose industrielle) est envisagée en tant que solution à déployer sur les territoires en s'appuyant sur les régions pour sa mise en place. Cette mesure est formulée de la façon suivante:

« 11. Développer l'écologie industrielle et territoriale (EIT) dans les territoires »

« Avec l'implication du CATEI (comité territorial durable et écologie industrielle) et de l'ensemble des parties prenantes, le gouvernement définira en 2014 une stratégie sur l'écologie industrielle et territoriale (EIT) et produira un guide méthodologique à destination des collectivités. Les nouveaux contrats de plan Etat-Régions (CPER)

soutiendront l'EIT. »

Le Commissariat Général au Développement Durable forma donc un Comité d'Animation Territoire durable et Écologie Industrielle. Celui-ci pilota la production d'un guide méthodologique auquel nous avons participé en tant que co-auteur. Ce guide livré en juin 2014 n'a pas encore été suivi d'une véritable stratégie de mise en place territoriale. Il est la résultante d'une démarche de construction avec des territoires ayant déjà mis en œuvre des démarches de terrain. Il rend compte de points de vue sans volonté normative. La majorité des expériences référencées ont précédemment été réalisées dans un format méthodologique inspiré des résultats du projet « COMETHE ».

La mesure 2 prévoyait la tenue d'une conférence de mise en œuvre. Elle fut organisée le 16 décembre 2013, à l'école des Mines de Saint Étienne sur le site de Gardanne. Cette conférence était construite autour de quatre ateliers qui portaient respectivement sur:

- les engagements volontaires des industriels,
- la mobilisation des régions pour des stratégies régionales d'économie circulaire,
- la stratégie nationale « ressources »,
- le principe de proximité.

Le second atelier était dédié à la mise en œuvre de la mesure 9 de la feuille de route de la SNTEDD :

« Les régions s'investiront progressivement dans l'élaboration de stratégies régionales d'économie circulaire, intégrées à terme dans les schémas régionaux de développement économique. Elles se doteront de plate-formes de connaissances des flux de matières au niveau territorial et de connexion entre les acteurs. La connaissance territoriale des gisements sera renforcée, en incluant les déchets d'activités économiques, en particulier du BTP en lien avec les schémas de carrières. » [SNTEDD, 2013, p8]

La région est une nouvelle fois la collectivité qui est envisagée très explicitement pour le développement de l'économie circulaire et donc de l'écologie industrielle et des symbioses.

Plus récemment, la discussion à l'Assemblée Nationale de la loi sur la transition énergétique a été l'occasion pour les parlementaires de traduire toutes ces intentions dans la loi. Ainsi, un chapitre a été dédié à l'économie circulaire, regroupant sous sa bannière ce que nous pourrions considérer comme le champ scientifique de l'écologie industrielle, prévention, éco-conception, recyclage, économie de fonctionnalité, symbioses industrielles incluses. Une définition de l'économie circulaire évoque les encouragements nécessaires à une politique d'écologie industrielle¹⁰⁴. Le texte est écrit en ces termes:

« Art. L. 110-1-1. – La transition vers une économie circulaire appelle une consommation sobre et responsable des ressources naturelles et des matières premières primaires ainsi que, en priorité, un réemploi et une réutilisation et, à défaut, un recyclage des déchets, des matières premières secondaires et des produits. La promotion de l'**écologie industrielle** et de la conception écologique des produits, l'allongement de la durée du cycle de vie des produits, la prévention des déchets, des polluants et des substances toxiques, le traitement des déchets en respectant la hiérarchie des modes de traitement, la coopération entre acteurs économiques à l'échelle territoriale pertinente et le développement des valeurs d'usage et de partage et de l'information sur leurs coûts écologique, économique et social contribuent à cette nouvelle prospérité. » [PLTE, 2014, p57]

L'écologie industrielle (ou plutôt la symbiose industrielle) se voit prise en compte par la loi mais la région n'est pas mentionnée. Pour être complet concernant la loi transition énergétique et le développement des démarches territoriales d'écologie industrielle, deux amendements sur lesquels nous avons travaillé ont été initialement proposés. L'amendement n°2182 définissait ce qui est attendu de l'écologie industrielle (symbiose) :

« Dans cette perspective, le développement de l'écologie industrielle est encouragé. L'écologie industrielle a pour objet d'optimiser, dans une logique de proximité, la consommation de matières premières et d'utilités, de réduire la production d'effluents et de déchets, de mieux valoriser les sous-produits entre acteurs industriels présents sur

¹⁰⁴ Quand il est fait mention d'écologie industrielle dans le projet de loi transition énergétique ou dans les documents de l'ADEME, c'est implicitement de symbiose industrielle qu'il s'agit.

une même plate-forme d'écologie industrielle, entendue comme le regroupement géographique, sur un territoire délimité et homogène, d'unités de production ayant, par la similarité ou la complémentarité de leurs activités, un potentiel de mutualisation de la gestion des biens et des services qui sont nécessaires à leur activité. »¹⁰⁵

Il introduisait la notion de plate-forme d'écologie industrielle dont la définition était précisée dans l'amendement n°2243:

« En application du principe de proximité mentionné au 4°, le développement de l'écologie industrielle est encouragé par la création de plates-formes d'écologie industrielle. Une plate-forme d'écologie industrielle est le regroupement géographique, sur un territoire délimité et homogène, d'installations de production ayant, par la similarité ou la complémentarité de leurs activités, un potentiel de mutualisation de la gestion des biens et des services qui leur sont nécessaires, afin d'optimiser, entre les personnes qui exploitent ces installations, la consommation de matières premières et d'utilités, de mieux valoriser les sous-produits et de réduire la production d'effluents et de déchets issus de ces mêmes installations.

Les modalités de création et de fonctionnement des plates-formes d'écologie industrielle sont définies par décret en Conseil d'État. »¹⁰⁶

La notion de plate-forme d'écologie industrielle développait une proximité avec celle d'éco-parc industriel. Aucun de ces amendements n'a été adopté, l'inclusion n'ayant pas été jugée nécessaire. L'attente d'une stratégie de développement de l'écologie industrielle par le gouvernement n'est toujours pas satisfaite même si les initiatives se multiplient, largement soutenues par les pouvoirs publics. Quant à la fiscalité écologique, toujours très attendue, Christian de Perthuis, économiste spécialisé dans le développement durable [PERTHUIS, 2005][PERTHUIS, 2009][PERTHUIS, 2010] [PERTHUIS, 2011][PERTHUIS, 2012][PERTHUIS, 2013], président le comité pour la fiscalité verte, nommé en 2012, a finalement démissionné de ses fonctions le 13 octobre 2014, par découragement¹⁰⁷.

105 <http://www.assemblee-nationale.fr/14/amendements/2230/AN/2182.asp> consulté le 10 septembre 2015

106 <http://www.assemblee-nationale.fr/14/amendements/2230/AN/2243.asp> consulté le 10 septembre 2015

107 <http://www.lefigaro.fr/politique/le-scan/citations/2014/10/13/25002-20141013ARTFIG00339-le->

De l'intention à sa réalisation, le chemin est donc long pour que les conditions soient mises en place sur le terrain d'une politique d'écologie industrielle. La responsabilité initiale ayant été affectée au niveau régional, nous verrons par la suite différentes formes de politiques régionales en matière de symbiose industrielle.

Trois régions françaises, Poitou-Charentes, Picardie et Rhône-Alpes se sont engagées, chacune à sa façon, dans le déploiement de l'écologie industrielle sur leur territoire. Si les notions de **territoires coordinateurs** et de **territoires de projets** ont été préalablement examinées sans fixer le rôle à des collectivités existantes, l'examen des variations spécifiquement régionales sur ces thèmes permet de cibler les besoins dans un cadre plus réduit.

1.1 Poitou-Charentes

La région Poitou-Charentes a choisi de faire porter la dynamique de la filière des éco-industries par une association locale reconnue, ayant reçu le label « Pôle de Compétitivité Régional ». L'association, devenue le « Pôle des Éco-industries de Poitou-Charentes » prend à son compte les thématiques de l'efficacité énergétique, des énergies renouvelables, de l'éco-conception et de l'écologie industrielle. Un intérêt particulier pour la valorisation des coproduits agricoles s'y ajoute.

Concernant les démarches territoriales d'écologie industrielle, cette association aide les porteurs de projets locaux pour:

- choisir le périmètre géographique de leur action,
- s'entourer de partenaires,
- monter les dossiers de financement,
- accompagner sur la méthodologie d'intervention
- mettre à disposition l'outil de leur partenaire (EDF, acteur historique sur le sujet).

Le Pôle participe à l'analyse des données collectées (bilans d'entreprises) pour

[president-du-comite-pour-la-fiscalite-verte-demissionne-decourage-par-l-executif.php](#) consulté le 14 octobre 2014.

rechercher des « synergies potentielles ». Il peut intervenir sur l'analyse de la faisabilité. Très concrètement, le Pôle évite le recours à un bureau d'étude (et des frais importants) pour les étapes d'accompagnement. Tout acteur du territoire peut faire appel à l'association et il bénéficiera du réseau déjà établi.

Le Pôle a été directement associé à trois démarches territoriales d'écologie industrielle dans la Région. Le projet BIOTOP¹⁰⁸, le projet du Pays Mellois¹⁰⁹ et celui d'Angoulême¹¹⁰ sont des réalisations aidées par le Pôle. Le format méthodologique est hérité de COMETHE.

La Région a donc eu ici un rôle d'accompagnant technique, de facilitateur et de mise en réseau.

1.2 Picardie

La région Picardie a choisi d'expérimenter l'écologie industrielle en lançant deux démarches en parallèle sur son territoire. Le choix des zones (Amiens Nord et Villers-Saint-Paul) a été opéré par la région. Elle a donc directement pris un rôle de prescripteur.

Toujours selon le format COMETHE, avec tout d'abord les visites d'entreprises suivies du croisement des bilans de flux pour la détection de synergies, puis les études de faisabilité, un groupement de bureau d'études (dont nous faisons parti) est intervenu suite à appel d'offre pour la réalisation. La région a piloté très directement les deux démarches, avec des partenaires locaux spécifiques tout en se réservant les choix et arbitrages.

Une partie de la mission des consultants a aussi consisté en une sélection des cibles géographiques représentant le plus d'intérêts en termes de flux et à définir un dispositif permettant d'en suivre l'évolution.

Dans le cas de la région Picardie, il s'agit de donner la direction, lancer les opérations,

108<http://eco-industries.poitou-charentes.fr/thematiques-et-projets.php?p=Écologie-industrielle&id=373>
consulté le 5 avril 2015.

109<http://eco-industries.poitou-charentes.fr/thematiques-et-projets.php?p=Écologie-industrielle&id=369>
consulté le 5 avril 2015.

110<http://eco-industries.poitou-charentes.fr/thematiques-et-projets.php?p=Écologie-industrielle&id=80>
consulté le 5 avril 2015.

les suivre, les poursuivre. Elle intègre tous les rôles, à la fois territoire coordinateur et territoire de projet.

1.3 Rhône-Alpes

Le cas de la Région Rhône-Alpes est encore différent. Voulant s'engager dans une politique de développement économique basée sur l'écologie industrielle, elle a émis deux appels d'offre en parallèle : le premier pour recruter des territoires déjà engagés ou souhaitant concrètement s'engager, le second pour recruter une équipe de consultants pour accompagner les territoires en question. Le processus aboutissant à la mise en œuvre ne fut pas des plus rapides (six mois furent nécessaires entre le dépôt des offres et le choix définitif des intervenants) mais une bonne surprise fut à la clé: une prise de risque dans le choix méthodologique, le choix de l'innovation dans l'animation, du recrutement des entreprises et du recueil de données.

La principale innovation consiste à une accélération du calendrier. Dans les formats méthodologiques précédemment vus, la phase dédiée aux visites d'entreprises duraient de huit à douze mois avant que les premiers résultats n'apparaissent. dans le cas de la région Rhône-Alpes, l'objectif est de faire se rencontrer les entreprises en un lieu donné le temps d'une demi-journée d'atelier en vue de produire très rapidement une dynamique, des échanges et des résultats. Une demi-douzaine d'entreprises ont participé à l'opération pour plus d'une quarantaine de pistes de synergies détectées selon Leïa Abitbol, gérante du cabinet Aldérane, en charge de la mise en place de l'opération.

La région a ici un rôle de support financier et indirectement technique à des territoires manifestant un intérêt pour l'opération. Elle les sélectionne aussi mais n'a pas le même rôle prescripteur voire de chef de projet opérationnel que précédemment rencontré.

La région joue toujours un rôle dans les démarches territoriales d'écologie industrielle, a minima celui de bailleur de fonds. Dans les trois cas présentés, elle prend une part beaucoup plus active. La volonté politique d'orienter la collectivité vers ce type de démarche de développement économique peut se traduire différemment.

Le premier choix concerne la sélection des territoires recevant les démarches de terrain.

Les démarches d'écologies industrielles visent la proximité, la densité industrielle : les premiers travaux du domaine concernant les zones d'activités, le contexte régional nécessite a priori une réduction à un périmètre plus concentré. Chaque région a recruté des territoires à sa façon : par appel d'offre (Rhône-Alpes), empiriquement selon ses propres critères (Picardie) ou bien en aidant ceux qui souhaitaient l'être (Poitou-Charentes).

Le deuxième choix concerne l'internalisation de la compétence et l'investissement dans le support aux démarches. Le recours très traditionnel à des cabinets externes traduit le côté expérimental qui est donné aux opérations. Ce n'est qu'à l'issue de celles-ci que l'engagement se concrétisera. Pour la région Poitou-Charentes, le Pôle des éco-industries joue le rôle d'accompagnant technique : il traduit un engagement bien plus concret, de plus longue date. Il mutualise aussi des moyens à disposition des acteurs locaux et leur fournit des outils sur le long terme.

Le troisième choix concerne la créativité dans la mise en œuvre. Les régions Poitou-Charentes et Picardie suivent les canons de l'exercice et mettent en œuvre des démarches territoriales que nous pouvons qualifier de classiques. La région Rhône-Alpes a choisi d'expérimenter et de rechercher des alternatives aux lourdeurs connues des méthodes actuelles.

1.4 Conclusion

Dans le domaine du développement économique, la région tient une place de choix. Disposant à la fois d'une vision élargie du territoire, de moyens techniques et financiers, la région est la locomotive de l'action économique territoriale. En se saisissant du sujet de l'écologie industrielle et territoriale et en adaptant son déploiement à ses spécificités locales de gouvernance, elle a démontré au moins par trois fois sur le territoire national sa capacité à impulser des dynamiques de coopération inter-entreprises.

Les besoins des régions sont alors la connaissance générale des flux de matières qui transitent sur leur territoire ainsi que la capacité d'identifier les zones d'intervention et acteurs mobilisables: en d'autres termes, l'analyse des flux de matière et le potentiel d'écologie industrielle. Elles peuvent toutefois se reposer sur les porteurs de projet qui

peuvent répondre eux même à la question du périmètre mais aussi des acteurs à mettre autour de la table.

Les régions peuvent aussi, en apportant leur soutien à plusieurs démarches parallèles sur leur territoire, vouloir s'interroger sur les synergies inter-démarches même si dans ce cas, le périmètre de confidentialité des données issues des entreprises doit être considéré finement au risque de briser la confiance des participants.

L'étude de l'Association des Régions de France (ARF) et de l'ADEME concernant le cadre méthodologique de l'établissement de stratégie d'économie circulaire à l'échelle des régions vient renforcer le rôle de cette collectivité dans la traduction opérationnelle des concepts tels que l'écologie industrielle et des propositions de modélisations très conceptuelles ont été formulées pour définir le périmètre du système d'information nécessaire à l'accomplissement de cette mission.

Pour finir, nous pouvons aussi remarquer qu'aucune région ne s'est engagée dans l'écologie industrielle en considérant qu'il fallait prendre les cinquante ou cent plus grosses entreprises du territoires qu'elle qu'en soit la géographie : aucune n'a pris ce risque et toutes ont choisi la recherche de la densité. Pourtant, il s'agirait là d'une forme inédite et personne n'a pour l'instant démontré qu'aucun résultat ne peut être produit par cette voie au niveau français. Il peut s'agir d'une hypothèse intéressante à étudier dans des futurs travaux.

2 *Porteurs de projets locaux variés, besoins communs*

Si la région est la collectivité qui doit organiser une politique territoriale d'écologie industrielle, la mise en place se fait au travers de porteurs de projet locaux dont la nature est très variable. De la chambre consulaire à l'agence de développement économique locale ou encore au club d'entreprises, la variété des porteurs déjà rencontrée ne permet pas de cibler un acteur plutôt qu'un autre. L'essentiel reste que sa crédibilité auprès des entreprises qu'il souhaite enrôler dans la démarche territoriale d'écologie industrielle soit reconnue et qu'il soit à même d'établir des liens de confiance forts. Ces porteurs de projets variés, s'ils utilisent les méthodologies d'intervention développées en la matière, partagent des besoins communs. Ces besoins peuvent être de différentes natures en

fonction de la position de la région plus ou moins prescriptrice et de la liberté d'action dont ils jouissent.

Le premier besoin correspond à la nécessité de définir le périmètre d'action de la démarche si celui-ci n'est pas directement prescrit par la région. Ensuite, il leur est nécessaire d'identifier les acteurs pour ensuite en visiter les établissements et établir les bilans de flux qui sont à la base de la recherche de synergies.

Les besoins des porteurs de projets sont liés au potentiel d'écologie industrielle ainsi qu'à la nécessité de capitaliser les bilans de flux dans des systèmes opérationnels au quotidien en vue de recherche de synergie.

2.1 Gestionnaires de zone d'activité

La construction des méthodologies de démarches d'écologie industrielle a peu à peu fait disparaître la notion de zone d'activité et le rôle très concret d'un gestionnaire de zone d'activité. En dissertant sur les échelles de l'écologie industrielle, la gestion de zone d'activité est passée au second plan alors qu'il s'agit de l'entité de base déjà constituée qui doit être prise en compte en écologie industrielle. Les opérateurs de gestion de zone d'activité ne doivent pas être négligés et c'est d'ailleurs par cette entrée que l'écologie industrielle a été traitée dans un premier temps en France. Les premiers travaux de l'association Orée concernant l'écologie industrielle [OREE, 2008] sont le prolongement de ceux entrepris en matière de gestion environnementale des zones d'activité [OREE, 2002].

En termes de besoins, ils sont comparables à ceux de n'importe quel territoire de projet en ce qui concerne l'établissement de bilans de flux et de recherche de synergies.

La prise en compte spécifique des gestionnaires de zones existants pose une question fondamentale sur le devenir de l'ensemble de l'outillage orienté vers la détection de synergies : doivent ils perdurer isolément ou se fondre dans l'existant des outils dédiés à la gestion de zones dans un sens plus large? Pour nous, les outils de détections de synergies tels que PRESTEO doivent à termes disparaître pour être remplacés par des modules complémentaires à des solutions de gestion professionnelles intégrées et non spécialement conçues pour accompagner les démarches. Typiquement, il peut s'agir par

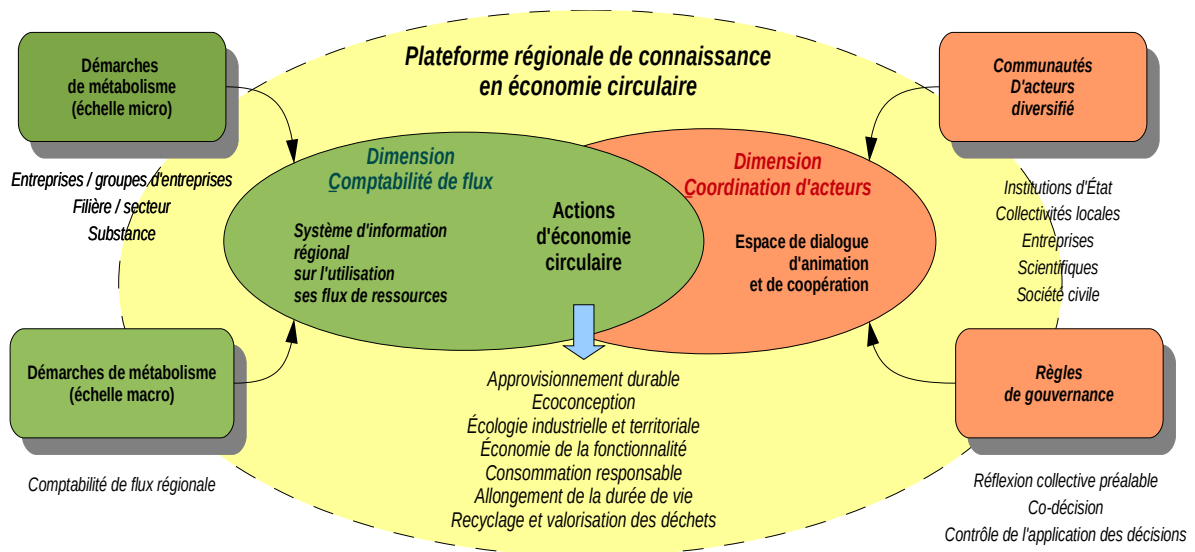
exemple pour un gestionnaire de zone de proposer un registre déchets électroniques aux entreprises de la zone qui dans un second temps peut être utilisé pour de la recherche de mutualisation.

En effet, si nous supposons qu'à moyens termes la recherche de synergies devient au sein des zones d'activités une pratique de gestion courante, rien ne peut justifier le développement d'outils en dehors de ceux couramment utilisés.

2.2 Système d'information régional

Dans la *Revue d'économie industrielle* du 1er trimestre 1983, Didier Savaldori traite du « système d'information économique, préalable à la politique industrielle au niveau régional ». Il envisage trois types d'actions pouvant être développées (politiques de formation, d'investissement et d'innovation) et les bases minimales d'un système d'information permettant d'y répondre. Il distingue alors la nécessité d'une information descriptive, d'une information analyse et d'une information action. Les niveaux observation, analyse, action, y sont ensuite rapidement décrits [SAVALDORI, 1983]. Depuis 1983, les progrès en matière de système d'information, en particulier au niveau de leur modélisation, ont été considérables et leur utilité continuellement démontrée.

Au niveau du domaine de l'écologie industrielle et de l'intervention régionale, l'étude ARF/ADEME sur le cadre méthodologique d'une stratégie d'économie circulaire présente l'ébauche d'une plate-forme de connaissances en économie circulaire.



Source : B. DURET, Myrdiane, 2014

Figure 60: Exemple d'organisation d'une plate-forme de connaissance en économie circulaire [DURET 2014]

L'organisation envisagée présente deux dimensions, la première orientée vers la comptabilité des flux et la seconde vers la coordination des acteurs. Au niveau de la comptabilité des flux, un niveau régional est complété par un niveau micro, typiquement les flux d'établissements tels que relevés dans les entreprises. Au niveau de la coordination des acteurs, cette dimension prend en compte leur diversité et un ensemble de règles collectives quant à la gouvernance. Benoit Duret, praticien français du domaine, est à l'origine de cette organisation et a participé aussi bien à cette étude qu'à la production du guide SOeS sur l'analyse des flux de matières et à celle du guide du CATEI sur l'écologie industrielle dans les territoires. Au cours de plusieurs missions communes nous avons eu l'occasion d'échanger sur le contenu d'une plate-forme dédiée à l'écologie industrielle. Du modèle présenté, notre objectif est la réalisation de la partie comptabilité des flux, même si dans une certaine mesure, le potentiel d'écologie industrielle impacte la dimension coordination d'acteurs.

3 Outils informatiques existants

Plusieurs panoramas des outils informatiques dédiés aux symbioses industrielles ont été effectués [ADOUE, 2004][GRANT, 2010][MASSARD, 2011][HARPET, 2011]. Issus de la recherche, ils peuvent être spécialisés sur un secteur (l'eau, les déchets) ou

généralistes mais bien peu ont franchi le cap de la maturité opérationnelle et de la commercialisation, plus généralement de la diffusion.

Au niveau européen, deux grandes familles d'outils existent, que nous pouvons caractériser par leur filiation.

La première famille est issue des travaux menés par EDF, avec comme point de départ le système ISIS [ADOUE, 2004]. L'ensemble des outils actuellement en usage peuvent être reliés à cette initiative, soit au niveau des fonctionnalités affinées au fil du temps, soit au niveau des équipes qui ont travaillé à leurs développements.

La seconde famille est issue du programme britannique de symbiose industrielle NISP.

Durant la réalisation de cette thèse, nous avons eu l'occasion d'améliorer les outils existants, au cours de démarches professionnelles sur le terrain pour gagner en efficacité ou lors d'un projet européen mené avec l'école des Mines d'Alès. Ainsi dans le panorama qui suit, une partie de nos contributions sont présentées quand elles s'inscrivent dans le prolongement de travaux entrepris de longue date.

3.1 Détection de synergie

La famille française

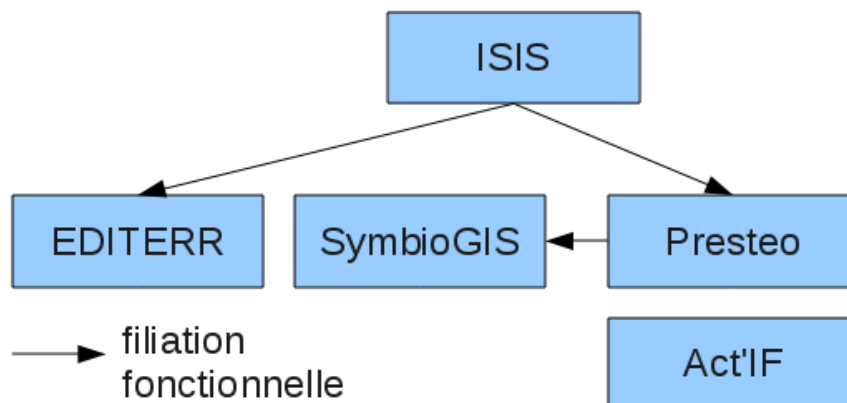


Figure 61: Relations de filiation ISIS, source: auteur

Le programme ISIS du centre de recherche d'EDF autorisait des recherches de synergies au travers du croisement de bilans de flux virtuels mais aussi de données issues du

terrain. Le travail de vérification important sur la véracité des pistes de synergies détectées entraîna l'abandon de l'intégration de bilans virtuels pour ne se consacrer qu'aux bilans réels. ISIS a évolué en interne chez EDF pour devenir la solution EDITERR mise à disposition de la région Poitou-Charentes. Lors de l'atelier du CATEI « Écologie industrielle et territoriale » du 9 janvier 2014 , dans le groupe de travail numéro cinq traitant du sujet « Évaluation & comptabilité de flux », Claude Laveu, de la Direction Développement Durable du Groupe EDF en soulignait la faiblesse principale liée à un déficit de structuration des informations dans le sens ou la précision dans la qualification des flux. Ce manque de structuration ne permettait pas une efficacité optimale dans la recherche de synergies, tant en mutualisation qu'en substitution. Une évolution du modèle conceptuel de données d'ISIS avait été proposée dans la thèse de Cyril Adoue.

Nous avons entrepris ce travail d'implémentation au sein de la société LGCD en partenariat avec Systèmes Durables qui en assurait la commercialisation et l'utilisait lors de démarches de conseil en développement économique. PRESTEO (Programme de Recherche de Synergies sur un Territoire) était né, avec la collaboration de l'Université de Technologie de Troyes et de l'Université de Lausanne (Suren Erkman) qui en fut un des premiers clients universitaires pour travailler sur le métabolisme du canton de Genève.

PRESTEO se caractérise par son processus contraint et normé de saisie des flux. Les flux se voient qualifier par un certain nombre d'attributs supplémentaires correspondant à des propriétés physiques (température, pression) mais surtout, un ensemble de composants issus d'une taxinomie relativement stable reprenant un ensemble de substances. La taxinomie proposée permet en outre de qualifier les composants avec un degré de finesse progressif mais dont la structuration permet d'établir des liens pour les recherches ultérieures. Par exemple, une hiérarchie Acide/Acide fort/Acide chlorhydrique permet de faire correspondre un besoin d'acide dans une entreprise avec un rejet d'acide chlorhydrique d'une autre.

Guillaume Massard, de l'Université de Lausanne, collaborateur de Suren Erkman, intégra Systèmes Durables, tout comme Florian Julien-Saint-Amand, doctorant de l'Université de Toulouse le Mirail. L'université de Lausanne réalisa des travaux de

connexions d'un système d'information géographique cantonal avec les outils de symbioses [PLANCHEREL, 2006] se basant sur le modèle conceptuel de données de PRESTEO, et Guillaume Massard participa à la création d'un outil « SymbioGIS » en reprenant ces travaux [MASSARD, 2011]. Ce travail de connexion entre SIG et PRESTEO avait déjà été réalisé dans le cadre du projet COMETHE (module 3 / fiche action 18) par Systèmes Durables et Auxilia comme l'illustre le logigramme des tâches effectuées pour la réalisation du prototype mis en place ainsi que les divers rendus disponibles dans le même document (cf. figure suivante). L'intérêt de SymbioGIS réside dans une tentative de caractérisation des flux par une typologie dédiée, pertinente pour accélérer le processus de dépouillement des enquêtes de terrain.

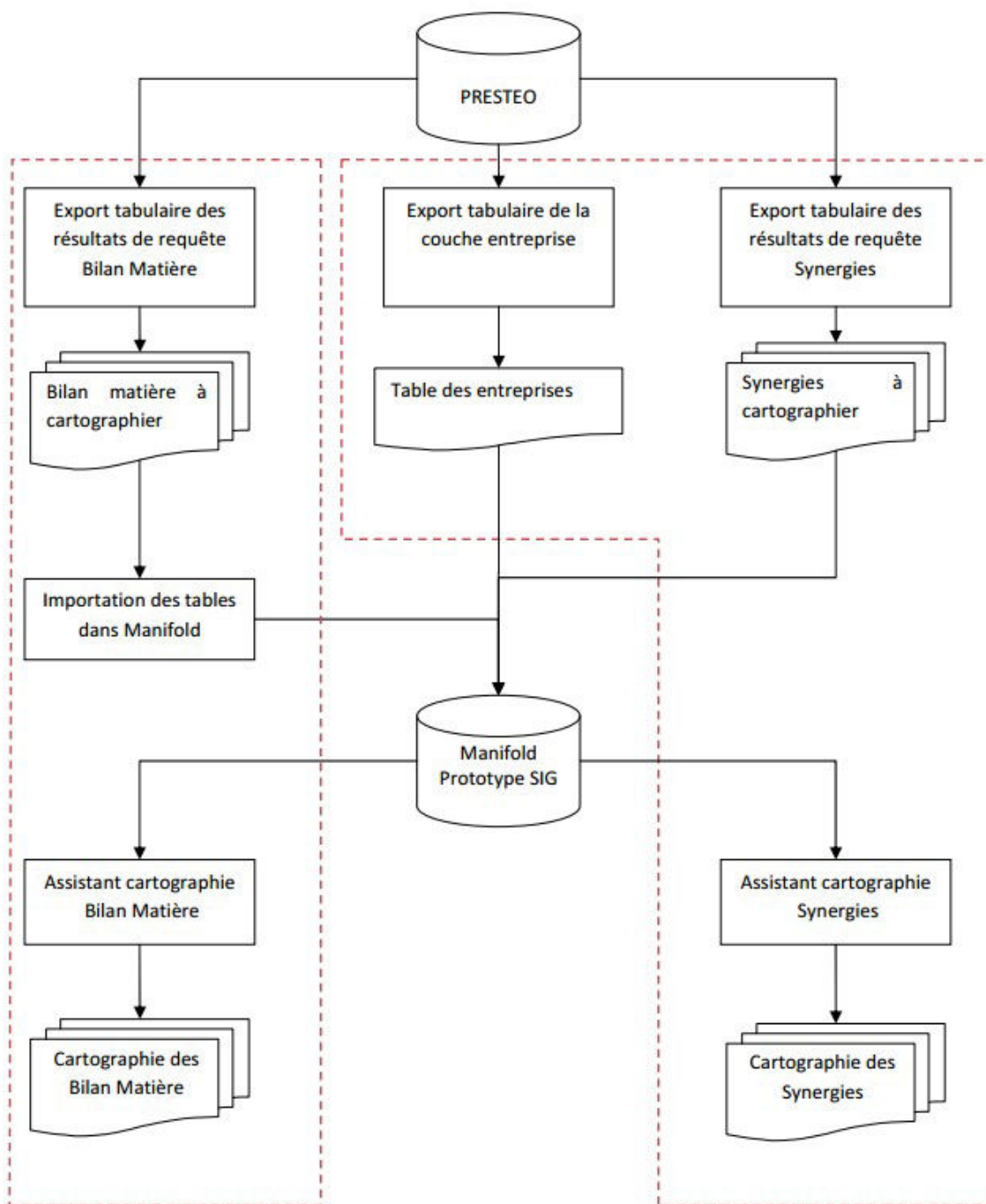


Figure 62: tâches effectuées par le prototype d’outil de visualisation des synergies
 source: COMETHE, Module 3, fiche action 19, p2

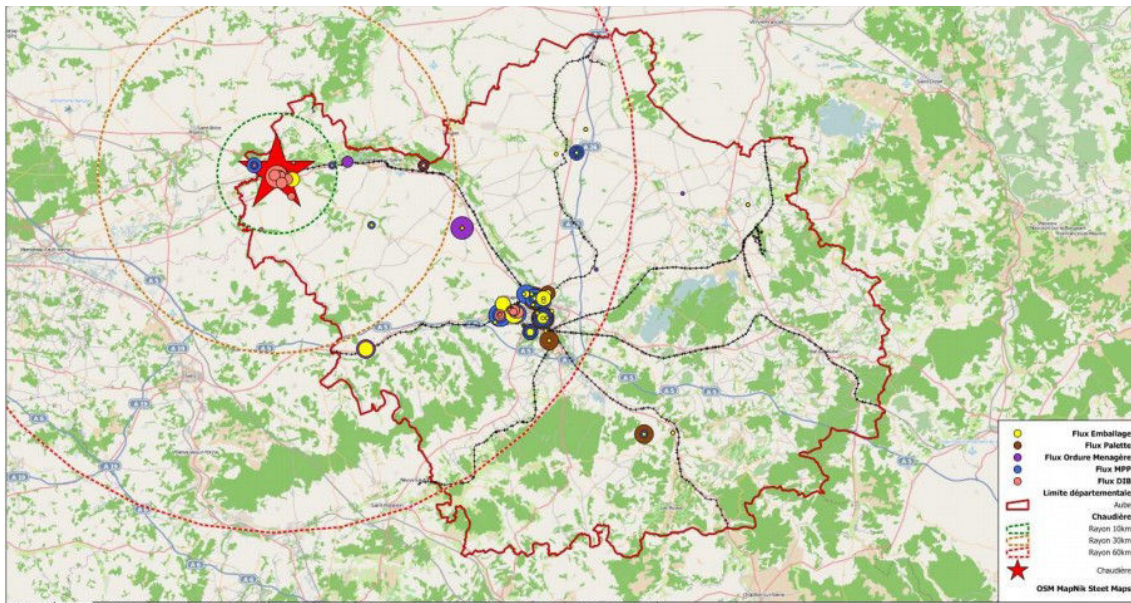


Figure 63: géolocalisation de gisements pertinents et de périmètres de collecte pour l'alimentation d'une chaudière bois locale, source: COMETHE, AUXILIA

Le cas du logiciel Act'IF, développé par la Chambre de Commerce et d'Industrie du Tarn-et-Garonne est différent. Au niveau fonctionnel, le parti pris n'est plus la détection automatisée de synergies, mais la restitution des informations locales sur les flux à disposition d'un conseiller CCI pour qu'il puisse empiriquement en déduire des synergies. Tout d'abord envisagée en collaboration avec la société Systèmes Durables, la réalisation d'un outil spécifique dédié aux CCI n'a pu se concrétiser, la société ayant été dissoute fin 2011. Florian Julien-Saint-Amand a alors rejoint la CCI de Montauban et travaillé à la création de cet outil spécifique dédié à l'écologie industrielle : la solution Act'IF. Dans l'encadré suivant, il nous a répondu sur les objectifs et différences de la solution présentée par la CCI du Tarn-et-Garonne vis à vis des autres outils existants sur le marché français.

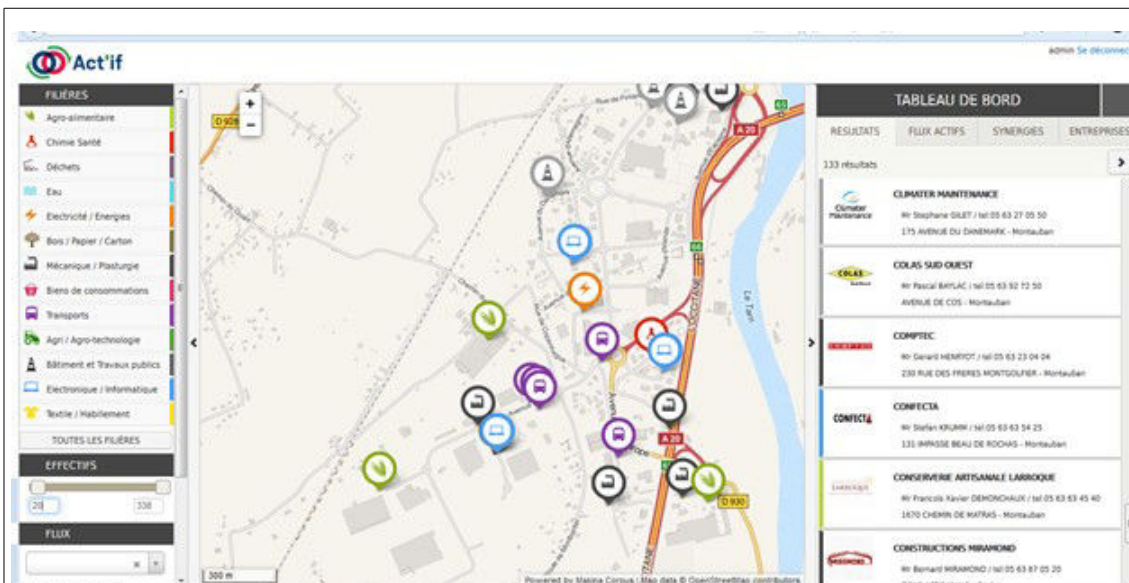


Figure 64: Act'if, outil de la CCI de Montauban, source : CCI 82

« Act'IF est une application de gestion des flux, permettant l'échange et la mutualisation de matière, d'énergie, d'eau et de services entre entreprises d'un territoire dans une perspective d'économie circulaire. Conçu pour potentialiser l'action d'un conseiller CCI de terrain, il lui fournit les moyens de capitaliser dans le temps les données qu'il collecte, de les géolocaliser et de construire au fur et à mesure de son travail une cartographie du métabolisme de son territoire d'action. Cette cartographie fait ainsi apparaître les liens pouvant être tissés entre les acteurs économiques existants et les chaînons manquants dans les chaînes de valeurs du territoire. Conçu dans la philosophie du logiciel libre¹¹¹ et de l'open data, Act'IF est un outil modulaire prévu pour évoluer sous l'impulsion d'une communauté de contributeurs actifs.

Différence avec l'existant

La principale différence avec tout ce qui existe aujourd'hui est le parti pris de ne pas se risquer dans un algorithme de mise en relation automatisé des flux. Notre retour d'expériences sur les outils de ce type est qu'ils génèrent trop de faux positifs et qu'aujourd'hui personne ne peut s'offrir ni justifier les moyens humains pour générer et traiter ces résultats de manière exhaustive (Peut-être qu'à l'avenir cela évoluera).

A notre sens « expliquer » à un ordinateur le travail d'analyse et de mise en perspective

111 Étant donné que son usage est payant, le caractère « libre » de ce logiciel peut être discuté.

d'un opérateur humain formé est complexe et utopique car ce qui conditionne au final la mise en œuvre ou non d'une synergie est essentiellement lié à des facteurs humains (contexte territorial, envies des acteurs, échos aux enjeux des entreprises / institution, orientation des lignes budgétaires dans dispositifs d'aide, force de persuasion des parties prenantes...). De notre point de vue, l'économie circulaire ne peut se réaliser qu'in vivo, et les approches In vitro à la base d'Editerr, ISIS et PRESTEO même si incontournables du point de vue la recherche fondamentale méthodologique en Economie circulaire, ne permettent pas à un acteur de terrain de travailler de manière efficiente et sont souvent décevantes pour les acteurs opérationnels de l'économie circulaire.

Act'IF est donc conçu comme un Outil, au sens propre du terme, au service d'un conseiller CCI (capitalisation de donnée couplé à un système d'information géographique) et non comme un programme de recherche de synergie. »

source: Florian Julien-Saint-Amand, mail du 19/08/2014

L'éclairage de Florian Saint-Amand qui connaît particulièrement bien la problématique, tant au niveau scientifique [JULIEN SAINT AMAND, 2008] qu'opérationnel, renforce le questionnement de Mr Claude Laveu (EDF) concernant l'efficacité des algorithmes de détections automatiques de synergies. La quantité importante de « faux positifs »¹¹² est un problème transversal, rencontré très fréquemment.

Nous classerons la solution Act'IF dans la même famille, étant donné que sa conception a été dirigée en vue de corriger les problèmes rencontrés par ces prédécesseurs. Sa très récente diffusion (juin 2014) ne permet pas d'en évaluer les résultats opérationnels. Au niveau des commentaires sur les solutions existantes et au vu du nombre de références sur le terrain, il y a manifestement une confusion sur le caractère in vitro considéré au niveau d'EDITERR et de PRESTEO. Le premier est employé dans au moins trois démarches en Poitou-Charentes et le second dans plus d'une dizaine de démarches.

¹¹²Un faux positif concerne une hypothèse de synergie correcte sur le plan des substances mutualisables ou échangeables par des acteurs mais irréaliste au niveau opérationnel. Quand une entreprise se débarrasse de palettes composées de bois et une seconde a besoin de planches de bois, le logiciel identifiera un faux positif.

La famille anglaise

Au niveau de la seconde famille identifiée, elle est très directement issue du programme britannique sur les symbioses industrielles (National Industrial Symbiosis Programm - NISP). Ce programme, confié à la société International Synergies, a duré une dizaine d'années et a donné lieu à la production d'un premier outil appelé **CRISP** pour Core Resource for Industrial Symbiosis Practitioners [CATEI, 2014, p196]. Il a donné lieu à une variante, le nouvel outil « Synergie » de la même société. Il a aussi très directement inspiré un programme de recherche (une coopération gréco-britannique) pour produire un équivalent: eSymbiosis¹¹³.

Des échanges avec Peter Laybourn, directeur d'International Synergies (entreprise qui porte le projet NISP et en a développé les outils) a permis, au-delà de comprendre les filiations précédemment décrites, de mieux cerner le fonctionnement de l'outil d'aide et d'accompagnement Synergie. En réalité, couplés à la méthode d'intervention spécifique au programme NISP, ce sont deux modules utilisés en série qui composent la solution Synergie.

Le premier module permet lors des ateliers organisés entre les entreprises de saisir les ressources susceptibles d'être échangées avec une qualification succincte par mot clé, au libre choix des praticiens. Il s'agit d'un tableur bureautique équipé de fonctions qui produisent automatiquement un couplage entre les offres et demandes pour ce qui est des substitutions et une consolidation pour ce qui est des mutualisations. Ces données sont ensuite injectées dans une plate-forme internet qui est avant tout une plate-forme de gestion de projet et de gestion des connaissances. Les synergies détectées y sont qualifiées ex ante au travers d'une série d'indicateurs prédéfinis permettant le classement et la priorisation des synergies à traiter. L'outil sert ensuite à documenter la mise en place de la synergie et lorsqu'une fois réalisée elle présente un caractère intéressant et reproductible, elle est intégrée à une base de connaissance interrogeable par mots clés et par un moteur de recherche textuel libre. Par exemple, quand une synergie concernant du bois est détectée puis mise en œuvre, l'outil permet de documenter les étapes et de

113 Les résultats du programme de recherche en question ont donné lieu à leur valorisation dans le domaine privé par l'absorption de eSymbiosis par ProKarma, acteur américain du monde logiciel qui n'opère pas en Europe. Pour rappel, le projet a mobilisé plus de 800 000 € de fonds publics européens. Nous ne disposons à ce jour d'aucun retour sur l'évaluation du logiciel.

suivre le projet. Quand une autre opération concernant du bois est détectée, elle peut s'appuyer sur la réalisation précédente pour guider la mise en place.

L'outil eSymbiosis met aussi en œuvre une gestion des connaissances mais se distingue dans cette famille par l'utilisation d'une taxinomie pour qualifier les flux et par une recherche automatisée de synergies, établissant ainsi un pont avec la famille PRESTEO. Sa relative jeunesse (livraison été 2014) ne permet pas de se prononcer sur son efficacité. Au 6 septembre 2014, une inscription à une version de l'outil était proposée mais non réalisable techniquement, une erreur permanente bloquant l'accès. Au 14 juillet 2015, l'inscription pour utilisation était réalisable sans pour autant permettre l'usage de l'outil¹¹⁴.

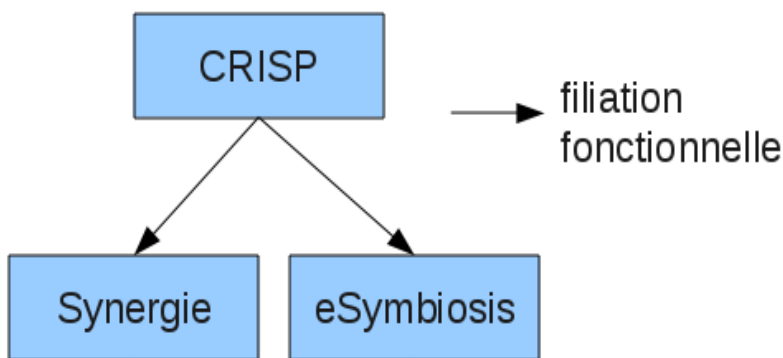


Figure 65: Filiation des outils branche anglaise, source: auteur

3.2 Évolutions et gestion des connaissances

Dans *Translating Research to Policy for Sustainable Cities, What Works and What Doesn't ?* [Zborel, 2012], un retour d'expérience concernant plus d'un millier de villes dans le monde qui se sont engagées dans des programmes orientés vers le développement durable est réalisé. Cet article traite en particulier de l'articulation entre les travaux de recherche et de l'influence académique sur les politiques locales. Après avoir discuté les défis identifiés dans les mécanismes de traduction de l'académique vers le politique (manque de consensus scientifique, temporalités, efficacité du transfert de

114 La création d'un compte utilisateur est suivie de la création d'un ou plusieurs sites auxquels sont théoriquement rattachées des ressources. La version en ligne n'a pas permis la création de site, apparemment à cause d'un dysfonctionnement informatique.

connaissances), le modèle de recherche collaborative adopté et testé par l'International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI-USA) est décrit. Il s'agit d'un modèle qui se base sur des coopérations locales entre villes et universités avec un partage des résultats au sein d'une plate-forme commune visant une mutualisation de la recherche et la diffusion vers l'ensemble des participants, en particulier vers les villes qui n'ont pas les moyens de se lancer dans des programmes propres. La clé de la réussite du projet est constituée d'une chaîne formelle dans la qualification des résultats de la recherche avant de les intégrer dans la base de partage commune.

La capitalisation et la gestion des connaissances n'y sont pas traitées sous la forme d'un ensemble structuré comme peuvent le proposer la méthode MKSM (Methodology for Knowledge Management System) [ERMINE, 1996] ou MASK (Method for Analysing and Structuring Knowledge) [ERMINE, 2001] mais comme une approche de structuration formelle des retours d'expérience. La méthode MKSM, élaborée au sein du "Groupe Gestion des Connaissances" de la Direction de l'Information Scientifique et Technique du Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA), présente un ensemble de modèles et de cycles visant à la structuration d'un domaine de connaissances. Ses objectifs sont variés mais peuvent aboutir à la création de systèmes experts pour le pilotage de centrale nucléaire par exemple.

Au niveau de la famille anglaise des outils, un processus de capitalisation des connaissances est à l'œuvre dans l'outil Synergie, les synergies réalisées sont intégrées, en fonction de l'intérêt accordé par les praticiens, à un ensemble de solutions déployables. La documentation, les participants et le déroulé de la réalisation passée viennent servir d'illustration.

Au niveau de la famille francophone, la consolidation des connaissances se déroule de façon tout à fait différente, à la fois plus profonde mais aussi plus saccadée quant à son intégration opérationnelle. Elle n'a souvent lieu qu'à la création d'un nouvel outil (SymbioGIS) ou lors de révisions sporadiques pour la lignée PRESTEO, sans qu'une méthode définie ne soit réellement utilisée.

Chères familles

Le premier axe de travail orienté vers la capitalisation des connaissances concerne la recherche de typologies ou familles de flux en vue d'accélérer le dépouillement des enquêtes et de filtrer rapidement les « faux positifs ». C'est le cas pour SymbioGIS dans la thèse de Guillaume Massard [MASSARD, 2011] mais aussi dans PRESTEO.

L'algorithme initial de recherche de synergie que nous avons initialement développé au sein de PRESTEO répondait à un objectif simple: l'exhaustivité dans la détection de synergies inter-entreprises. Le résultat correspondait donc à un ensemble quantitativement important de relations bipartites qu'il convenait ensuite de filtrer (par la distance, les quantités) et de regrouper autour d'une problématique, par exemple le carton. A partir de cette masse¹¹⁵, l'expert en charge du traitement effectuait autant d'études que de regroupements qui lui semblaient pertinents.

Dans la figure 19 précédemment présentée, issue d'une version dédiée à l'enseignement très proche d'une démarche réelle existante rendue anonyme, toutes les synergies qui correspondent à de l'air comprimé entrant ont été isolées de l'ensemble des pistes de synergies. Il reste encore à l'expert en charge de la détection à regrouper toutes les entreprises susceptibles d'être intéressées par un approvisionnement mutualisé pour ce flux. Il doit renouveler ce type de recherche et d'opération sur les synergies de mutualisations en sortie et sur les synergies de substitution, et ce, pour chaque type de synergie qu'il envisage, rendant la tâche à la fois très consommatrice de temps et fortement dépendante de l'opérateur qui réalise le dépouillement.

Au sein de la société Systèmes Durables, Fabien Baceiredo, spécialisé dans les opérations de recherche de synergies, nous a accompagnés pour dresser le panorama des grandes familles de flux qui étaient étudiées. Nous avons pour ce faire utilisé les données saisies dans PRESTEO lors de plusieurs démarches auparavant réalisées sur le terrain.

Les familles utilisées varient pour chaque démarche. Elles sont définies au regard des

¹¹⁵ Pour donner un ordre de grandeur, la démarche menée par Ecopal qui est historiquement la plus ancienne en France regroupe plus de deux cent entreprises et a généré plus de cent vingt mille pistes de synergies dans la dernière version de PRESTEO utilisée. source: LGCD

flux/composants entrants/sortants. Dans un premier temps, nous procédons à un examen des familles qui ont été utilisées puis relevons les éléments qu'elles regroupent.

Les familles présentées ci-dessous ont été utilisées pour le dépouillement des démarches d'écologie industrielle de COMETHE Savoie, Vitré Communauté, Roanne et Guéret.

Pour chaque démarche, les familles répertoriées concernent tous les types de synergies qui sont potentiellement réalisables. La notion de composant qui permet une meilleure qualification des flux double de fait le travail à réaliser. Les familles utilisées concernent donc :

- les synergies de mutualisation entrantes de composants (le flux « ceinture » comprend un composant « cuir » et un autre « acier » pour la boucle par exemple),
- les synergies de mutualisation entrantes de flux,
- les synergies de mutualisations sortantes de composants,
- les synergies de mutualisations sortantes de flux,
- les synergies de substitution de composants,
- les synergies de substitution de flux.

Tableau 82: Familles utilisées dans PRESTEO

Démarche	Synergies de mutualisation entrantes (composant)	Synergies de mutualisation entrantes (flux)	Synergies de mutualisation sortantes (composant)	Synergies de mutualisation sortantes (flux)	Synergies de substitution (composant)	Synergies de substitution (flux)
COMETHE SAVOIE	Autres Eau Énergie Huiles et graisses Métaux Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Consommables Eau Énergie EPI Matière organique Métaux Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Eau Énergie Huiles et graisses Métaux Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Déchets Eau Énergie Métaux Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Eau Énergie Huiles et graisses Matière organique Métaux Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Eau Énergie Matériaux de construction Métaux Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques
VITRE COMMUNAUTÉ	Autres Eau Énergie Métaux Matière organique Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Eau Énergie Matière organique Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Eau Énergie Métaux Matière organique Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Déchets Eau Énergie Métaux Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Eau Énergie Métaux Matière organique Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques	Autres Eau Énergie Métaux Matière organique Papier-Carton-Bois Plastiques Produits chimiques
ROANNE	Autres Conditionnement-EPI Eau Elts & Pdts Chimiques Énergie Mat. 1ères Agro.	Autres Conditionnement-EPI Eau Elts & Pdts Chimiques Énergie Mat. 1ères Agro.	Autres Bois-Carton-Papier-Plastiques-Métaux-Textiles Eau & Énergie Matière organique	Autres Bois-Carton-Papier-Plastiques-Métaux-Textiles Eau & Énergie Matière organique	Autres Bois-Carton-Papier-Plastiques-Métaux-Textiles Eau & Énergie Matière	Autres Conditionnement-EPI Eau & Énergie Elts & Pdts Chimiques Mat. 1ères Agro.

					organique	
GUERET	Autres Eau Énergie Métaux Plastiques & Produits chimiques	Autres Conditionnement-EPI Eau Énergie Produits chimiques	Autres Bois-Carton-Papier- Plastiques-Métaux Eau & Énergie	Autres Bois-Carton- Papier-Plastiques- Métaux Déchets Eau & Énergie	Autres Eau & Énergie Métaux Plastiques & Produits chimiques	Autres Conditionnement-EPI Eau & Énergie Métaux & BTP

Même si des différences sont présentes entre les familles utilisées dans tel ou tel cas, les variations sont relativement faibles. Les flux regroupés derrière ces familles sont relativement semblables, dans les tableaux suivants, est présenté le détail des flux/composants regroupés par famille pour la démarche d'écologie industrielle de Roanne.

Tableau 83: Démarche de ROANNE, les familles et flux pour mutualisation entrante

MUTUALISATION EN ENTREE – FAMILLES DE FLUX					
AUTRES	CONDITIONNEMENT ET EPI	EAU	ELTS ET PDTS CHIMIQUES	Énergie	MATIERES PREMIERES AGROALIMENTAIRES
Acier	Adhésif	Eau de pluie	Acétylène en bouteille	Air comprimé	Animal vivant
Cartouche encre	Blouse	Eau glycolée	Acide	Électricité	Cacao
Chiffon	Bouchon	Eau industrielle	Additif	Froid	Chocolat
Corindon	Boucle	Eau minérale	Argon en bouteille	Fuel	Farine de blé
Désinfectant	Caisse	Eau potable	Arome de synthèse	Gaz	Fruit
EEE	Charlotte		Azote	Gazole	Ingrédient
Essuie-tout	Clip		Base	Vapeur	Produit laitier
Fil	Contenant logistique		Colle		Sel
Fil de soudure	Emballage carton		Colorant		Sucre
Lame gélosée	Emballage plastique		Huile industrielle		Viande
Mastic	EPI		Oxygène		
Papier	Étiquette adhésive		Peinture		
Pile et accumulateur	Film plastique		Produit chimique		
Produit de nettoyage	Gant		Résine		
Quincaillerie	Manchette		Solvant		
Savon	Masque		Tensioactif		
Tissu	Palettes en bois				
Tube fluorescent	Sac				
	Surchaussures				
	Tablier				

Tableau 84: Démarche de ROANNE, les familles et composants pour mutualisation entrante

MUTUALISATION EN ENTREE – FAMILLES DE COMPOSANTS					
AUTRES	CONDITIONNEMENT ET EQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUEL	EAU	PRODUITS CHIMIQUES	Énergie	MATIERES PREMIERES AGROALIMENTAIRES
Acier	Bois	Eau	Acétylène	Air comprimé	Amidon
Alumine	Carton	Eau déminéralisée	Acide	Chaleur et froid	Beurre
Aluminium	Latex	Eau non potable	Acide chlorhydrique	Électricité	Cacao
Métal	Matière plastique & polymère	Eau potable	Argon	Essence	Fruit
Papier	Polyéthylène		Azote	Gazole	Glucose
Verre	Polyéthylène Basse Densité		Chlorodifluorométhane	GPL	Huile & graisse végétale
	Polyéthylène Téréphtalate		Chlorure de sodium	Méthane	Lait
	Polypropylène		Dioxyde de carbone	Propane	Matière d'origine animale
			Enzyme	Vapeur	Matière d'origine végétale
			Ethylène glycol		Produit carné
			Gaz CNTP		Saccharose
			Gaz rare		
			Graisse minérale & synthèse		
			Hélium		
			Huile & graisse		
			Huile hydraulique		
			Huile minérale & synthèse		
			Hydrofluorocarbone		
			Hypochlorite de sodium		
			Oxygène		
			Solvant		
			Soude		

Tableau 85: Démarche de ROANNE, les familles et flux pour mutualisation sortante

MUTUALISATION EN SORTIE – FAMILLES DE FLUX			
AUTRES	Bois-Carton-Papier- Plastiques-Métaux- Textiles	EAU et NRJ	MATIERES ORGANIQUES
Cartouche encre	Bidon	Eau de pluie	Abat
Déchets activité de soin	Bois	Eau de vanne	Boue
Déchets banal en mélange	Bouteille	Eau industrielle	Déchets alimentaires
Déchets dangereux	Chiffon	Gaz	Déchets de préparation animale
EEE	Contenant logistique		Déchets de station
Huile industrielle	Conteneur		Matière stercoraire
Lame gélosée	Emballage carton		Os
Pile et accumulateur	Emballage plastique		Sang
Tube fluorescent	Film plastique		Peau
	Fut		Pied
	Lisière textile		Suif
	Masque		Viande
	Métal		
	Palettes en bois		
	Palette en matière plastique		
	Papier		
	Tissu		
	Tube carton		

Tableau 86: Démarche de ROANNE, les familles et composants pour mutualisation sortante

MUTUALISATION EN SORTIE – FAMILLES DE COMPOSANTS			
AUTRES	Bois-Carton-Papier-Plastiques-Métaux-Textiles	EAU et NRJ	MATIERES ORGANIQUES
Autre corps pur ou composé	Acier	Eau	Cuir et peau
Dioxyde de carbone	Aluminium	Eau non potable	Matière d'origine animale
Gaz CNTP	Bois	Eau potable	Matière d'origine végétale
Gaz rare	Carton		Huile & graisse animale
Huile minérale & synthèse	Coton		Huile & graisse végétale
Huile & graisse	Fer		Os
Hydrocarbure Aromatique Polycyclique	Matière plastique & polymère		Produit carné
Silice	Métal		Sang
Solvant	Papier		Suif
Verre	Polyéthylène		
	Polyéthylène Haute Densité		
	Polyéthylène Téréphtalate		
	Polypropylène		

Tableau 87: Démarche de ROANNE, les familles et flux pour substitution

SUBSTITUTION – FAMILLES DE FLUX				
AUTRES	CONDITIONNEMENT ET EQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUEL	EAU ET NRJ	ELEMENTS ET PRODUITS CHIMIQUES	MATIERES PREMIERES AGROALIMENTAIRES
Aérosol	Bois	Eau de pluie	Colle	Ingrédient
Aluminium	Blouse	Eau industrielle	Huile industrielle	Produit laitier
Cartouche encre	Charlotte	Eau minérale	Résine	Viande
Chiffon	Contenant logistique	Gaz		
Corindon	Emballage carton			
Déchet banal en mélange	Emballage plastique			
EEE	Film plastique			
Essuie-tout	Gant			
Lame gélosée	Manchette			
Matériel abattoir	Masque			
Métal	Palettes en bois			
Papier	Palette en matière plastique			
Pile et accumulateur	Surchaussures			
Produit de nettoyage	Tablier			
Tissu	Tube carton			
Tube fluorescent				

Tableau 88: Démarche de ROANNE, les familles et composants pour substitution

SUBSTITUTION – FAMILLES DE COMPOSANTS			
AUTRES	Bois-Carton-Papier-Plastiques-Métaux-Textiles	EAU et NRJ	MATIERES ORGANIQUES
Azote	Acier	Biogaz	Bile
Dioxyde de carbone	Acrylique	Chaleur et froid	Cuir et peau
Gaz CNTP	Alumine	Eau	Ecorce d'arbre
Gaz rare	Aluminium	Eau non potable	Feuille d'arbre
Huile minérale & synthèse	Bois	Eau potable	Fruit
Huile & graisse	Caoutchouc		Kératine
Huile hydraulique	Carton		Lactosérum
Silice	Cobalt		Lisier
Solvant	Coton		Matière d'origine animale
Verre	Cuivre		Matière d'origine végétale
	Fer		Huile & graisse animale
	Matière plastique & polymère		Huile & graisse végétale
	Métal		Os
	Papier		Produit carné
	Polyéthylène		Saccharose
	Polyéthylène Basse Densité		Sang
	Polyéthylène Haute Densité		
	Polyéthylène Téréphtalate		
	Polypropylène		
	Zinc		

Nous avons ensuite entrepris une qualification amont des flux, lors de la saisie, pour les ventiler dans un certain nombre de familles automatiquement. Les familles retenues pour qualifier les flux sont:

- Autre : dans cette famille, nous mettons tout ce qui n'est pas possible ailleurs.

- Eau : sous toute ses formes, elle correspond à un enjeu généralement important. Dans certaines régions, le stress hydrique peut être fort, dans d'autres, il s'agit de problèmes de pollution. Elle est aussi utilisée en tant que vecteur physique de l'énergie et la bonne indication de sa température permet de rapidement détecter des calories qui sont potentiellement disponibles. Un abattoir consomme beaucoup d'eau pour laver à haute température quotidiennement ses installations. Une récupération des calories dans l'eau permettra de chauffer à bon compte une entreprise voisine et de diminuer les coûts d'exploitation.

Mais des échanges d'eau peuvent aussi être réalisés entre les entreprises. Quand les volumes sont importants, des échanges de flux physiques d'eau engendrent des économies conséquentes tant sur la ressource naturelle que financièrement. Par exemple, pour refroidir un incinérateur¹¹⁶ substituer à de l'eau potable une eau industrielle est rapidement rentable.

La gestion de l'eau et des effluents liquides peut différer localement, et selon la taille de l'entreprise mais cela reste en général un flux surveillé pour ceux qui en consomment vraiment beaucoup ou qui en rejettent de trop chargées. Le cas d'AT France vu dans la partie I est d'ailleurs principalement un problème d'eau (chargée en graisse).

- Énergie : Toutes les entreprises visitées sont soucieuses des coûts de l'énergie. De nombreux mécanismes d'aides, d'incitations, ont été mis en place mais restent bien peu connus des entreprises. Les connaître est indispensable pour intervenir dans une entreprise.

Dans cette catégorie, nous allons avoir des flux de chaleur, froid, vapeur, qui sont des flux intermédiaires. Ils sont susceptibles d'être remplacés par des flux voisins ou par la mise en œuvre collective d'un service de fourniture plus efficace.

Au niveau du froid et de l'air comprimé, des calories sont récupérables sur les compresseurs, encore faut il en avoir un usage à proximité et un volume justifiant le renouvellement des équipements.

¹¹⁶ L'incorporation massive de plastique dans notre consommation et les difficultés à le récupérer dans les ordures en mélange se traduisent par l'augmentation du pouvoir calorifique des détritiques incinérés. Les incinérateurs ou autres installations « chauffent » trop et il est nécessaire de les refroidir.

- Huiles et graisses

Si certaines huiles sont directement valorisables en carburant, la majorité des huiles et graisses sont des produits à la fois chers à l'achat mais aussi à l'élimination. Certains systèmes hydrauliques en sont très gourmands (pelles mécaniques, presses industrielles) et leur renouvellement est automatiquement réalisé pour respecter les conditions de garantie constructeur, quelle que soit la durée de fonctionnement. Des laboratoires peuvent vérifier et justifier de la qualité de l'huile, voire la filtrer, pour en augmenter la durée de vie tout en respectant les prescriptions de qualité.

- Consommables : bureautiques, industriels, cette famille est propice à des achats communs.
- Papier-carton-bois : la cellulose est une matière première essentielle à notre société. Filières et marchés existent pour la majorité de ses formes. On peut en faire du papier, du textile, des explosifs, des panneaux isolants, du bio-plastique.
- Métaux : de la même façon que pour la famille précédente, filières et marchés existent pour la valorisation. Elle permet aussi d'observer les problèmes d'approvisionnements, souvent lointains et subis, faute de disponibilité de certains aciers spéciaux par exemple.
- Plastiques : la capacité de recyclage en boucle courte (simple broyage) de certains plastiques demande l'examen du tissu local au travers un prolongement dans la recherche de gisement voire d'une solution de broyage à proximité. Le brome incorporé en tant que retardateur de flamme rend cependant difficile le recyclage de bon nombre de plastiques, en particuliers ceux issus des déchets électriques et électroniques.
- Produits chimiques : cette catégorie est relativement large, elle regroupe généralement les peintures, solvants, produits phytosanitaires, acides et bases dans les établissements industriels. Quand il s'agit d'établissements du secteur chimique la complexité augmente et le recours à des spécialistes est nécessaire. Les enjeux environnementaux, administratifs et financiers sont importants, la réglementation est contraignante. Le partage de bonnes adresses concernant les exutoires est un minimum.

- Matières organiques : majoritairement des produits agricoles, alimentaires, des boues, déchets verts. Leur capacité à être compostées ou méthanisées doit être prise en compte car il s'agit d'exutoires potentiels quand il s'agit de déchets.
- Matériaux de construction : du granulat peut être extrait des matériaux de déconstruction. Les terres excavées peuvent, moyennant l'adjonction de chaux, permettre une réutilisation au lieu d'un enfouissement coûteux (et l'utilisation de granulats alluvionnaires). Par son caractère prescripteur, la commande publique en matière de BTP doit être sensibilisée à la rareté de la ressource minérale car son impact sur le métabolisme est très sensible [BARLES, 2014].
- Textile: des filières existent pour la valorisation matière, majoritairement par transformation en isolant.
- Équipement de Protection Individuel : chaque entreprise en utilise, des achats groupés sont généralement réalisables.
- Matériels de bureau : achats groupés, maintenance, action sur le papier ou les cartouches recyclées, de nombreux leviers existent mais restent anecdotiques quant aux volumes de matière transitant. Ils restent cependant un axe de progrès pour les entreprises et administrations. Ils peuvent être un premier axe de travail en vue de faire participer les entreprises à un projet commun et d'établir la confiance. Attention cependant à ne pas mobiliser le temps des interlocuteurs pour des synergies ne représentant qu'un très faible volume financier.
- Conditionnement : famille orientée vers la réalisation d'achats groupés.

Nous avons ensuite utilisé ces familles lors des démarches d'écologie industrielle en Meurthe-et-Moselle (Toul) et en Picardie (Amiens Nord et Villers-Saint-Paul) et avons pu en évaluer l'utilité.

Tout d'abord lors de la saisie, le choix d'une famille ne ralentit que très peu le processus. Ensuite, ce type de répartition induit une simplification de la méthodologie de saisie des flux. Chaque flux n'est plus décrit aussi précisément que préconisé par Cyril Adoue : les tenues de travail sont rapidement décrites en qualité et volumes et non plus détaillées en composants surchargeant inutilement le travail de l'opérateur car auparavant, chaque élément de la tenue, par exemple un pantalon, se devait d'être décomposé sous la forme de coton (X%), acier (pour la fermeture), os (pour le bouton). Le résultat est maintenant

instantané et consolide l'ensemble des besoins des entreprises.

Tableau 89: Résultats de la famille équipements de protection individuels (EPI)

Nom	Entreprise	Sens	Volume	Unité	Commentaire
Bleu de travail					
Bleu de travail	Entreprise A	e			en location
Bleu de travail	Entreprise B	e	75	u	louées à XXX pour 20 personnes
Bleu de travail	Entreprise C	e	15	u	
Blouse					
Blouse	Entreprise D	e			leasing, nettoyage
Blouson					
Blouson	Entreprise E	e			marquage de l'entreprise
Bouchon					
Bouchon	Entreprise F	e	25	u	
Bouchon	Entreprise C	s			
Bouchon	Entreprise C	e			
Casque					
Casque	Entreprise G	e	60	u	
Casque	Entreprise C	e			de soudure
Chaussure de sécurité					
Chaussure de sécurité	Entreprise A	e	25	u	
Chaussure de sécurité	Entreprise E	e			
Chaussure de sécurité	Entreprise B	e	25	u	
Chaussure de sécurité	Entreprise D	e	8	paires	
Chaussure de sécurité	Entreprise G	e	200	u	
Chaussure de sécurité	Entreprise F	e	250	u	chez fournisseur XXX
Chaussure de sécurité	Entreprise H	e			

Chaussure de sécurité	Entreprise C	e			de sécurité
Combinaison					
Combinaison	Entreprise C	e			jetables de peinture
Combinaison	Entreprise C	s			jetables de peinture
Cutter					
Cutter	Entreprise E	e			
Extincteur					
Extincteur	Entreprise F	e			15 vérifications par an
Gant					
Gant	Entreprise E	e			
Gant	Entreprise D	e	50	paires	gants type AAA à base de récup, 0.69€ la paire / fournisseur (ville)
Gant	Entreprise G	e	2 500	u	
Gant	Entreprise F	e	7 000	u	6000 anti-coupure et latex nbre indéterminés chez fournisseur CCC
Gant	Dunlop	e			
Gant	Entreprise C	s			de soudure
Gant	Entreprise C	e			de soudure
Gillet jaune					
Gillet jaune	Entreprise E	e			
Lunette					
Lunette	Entreprise E	e			
Lunette	Entreprise F	e	45	u	chez fournisseur CCC
Masque					
Masque	Entreprise H	e			
Masque	Entreprise C	e			peinture
Polaire					
Polaire	Entreprise E	e			marquage entreprise

Tablier soudure					
Tablier soudure	Entreprise C	e			
Tshirt					
Tshirt	Entreprise E	e			marquage entreprise
Vêtement					
Vêtement	Entreprise G	e	200	u	1/pers/an entretenus par des tiers
Vêtement	Entreprise C	e			hiver

Dans le tableau ci-dessus, concernant la famille des équipements de protection individuels, la consolidation permet instantanément de voir a minima quelles mutualisations dans les achats de ce type de fournitures peuvent être réalisées. Dans la famille des EPI, un regroupement est opéré par flux, avec l'entreprise dont est issu le flux, son sens (e pour entrée, s pour sortie), la quantité et l'unité sont disponibles tout comme les commentaires libres qui permettent une meilleure compréhension de la nature du flux. La colonne valeur marchande est aussi disponible même si elle a ici été supprimée, faute de valeur, pour alléger la lecture. Les données présentées correspondent à des données réelles rendues anonymes et légèrement modifiées sur le plan quantitatif.

Le prolongement de l'action pour la famille des équipements de protection individuels, après le dimensionnement des volumes, correspond à un appel d'offre pour un achat collectif ou la mise en place d'un système de location/entretien de vêtements de travail sur le modèle de l'économie de fonctionnalité. Pour être plus complet sur le point spécifique des vêtements de travail, nous pouvons signaler que des sociétés proposent des modèles d'usage et d'entretien des vêtements de travail basés sur l'économie de fonctionnalité, l'offre est déjà existante¹¹⁷. Pour la demande, les entreprises participantes qui sont intégrées dans un groupe plus large, filiales, établissements, bénéficient déjà en interne d'achat groupés qui peuvent freiner la mise en œuvre. Dans la réalité de la

¹¹⁷ La société égis propose des services d'habillement professionnel assurant le ramassage, le lavage, l'entretien et la réparation des tenues de travail.

<http://www.elis.com/fr/habillement/La-prestation-de-service-Habillement/> consulté le 6 avril 2015

pratique, il ne faut jamais penser que les prescriptions d'achats « groupe » sont immuables, la pertinence de l'offre territoriale peut être portée par un manager local qui sait la justifier et la réaliser. En effet, lors des visites permettant d'établir les bilans de flux au sein des entreprises, les établissements dépendant de grands groupes sont souvent liés à des contrats cadre qui les engagent par rapport à des fournisseurs référencés au niveau du groupe. Néanmoins, si économiquement l'offre d'achat groupé établie lors de la démarche s'avère pertinente au niveau économique, il est possible que le directeur d'établissement puisse y souscrire.

Sans l'utilisation d'une famille idoine, regrouper les blouses, chaussures de sécurités, lunettes de protection, bouchons d'oreilles et gants, au travers les synergies détectées par un algorithme sous la forme de relations bipartites consomme un temps considérable. Il faut, au travers l'ensemble des lignes saisies, regrouper au cas par cas manuellement les flux.

Les familles utilisées empiriquement permettent de matérialiser la connaissance de solutions, sous la forme de filières, marchés, alternatives ou bien la connaissance d'un problème courant au sein des entreprises. Au fur et à mesure des démarches d'écologie industrielle, après de nombreux échanges avec les collecteurs d'informations sur le terrain, la personne en charge de l'exploitation des données oriente ainsi ses recherches et travaille sur les axes qui ont été présentés. Ils sont représentatifs des questions abordées en termes de matières et d'énergie avec les entreprises industrielles. La nature des réponses est des plus variées: de la coopération d'achats à la construction d'infrastructures partagées.

Un rendu cartographique permet de situer les incompatibilités, les proximités entre les acteurs pour chaque famille.

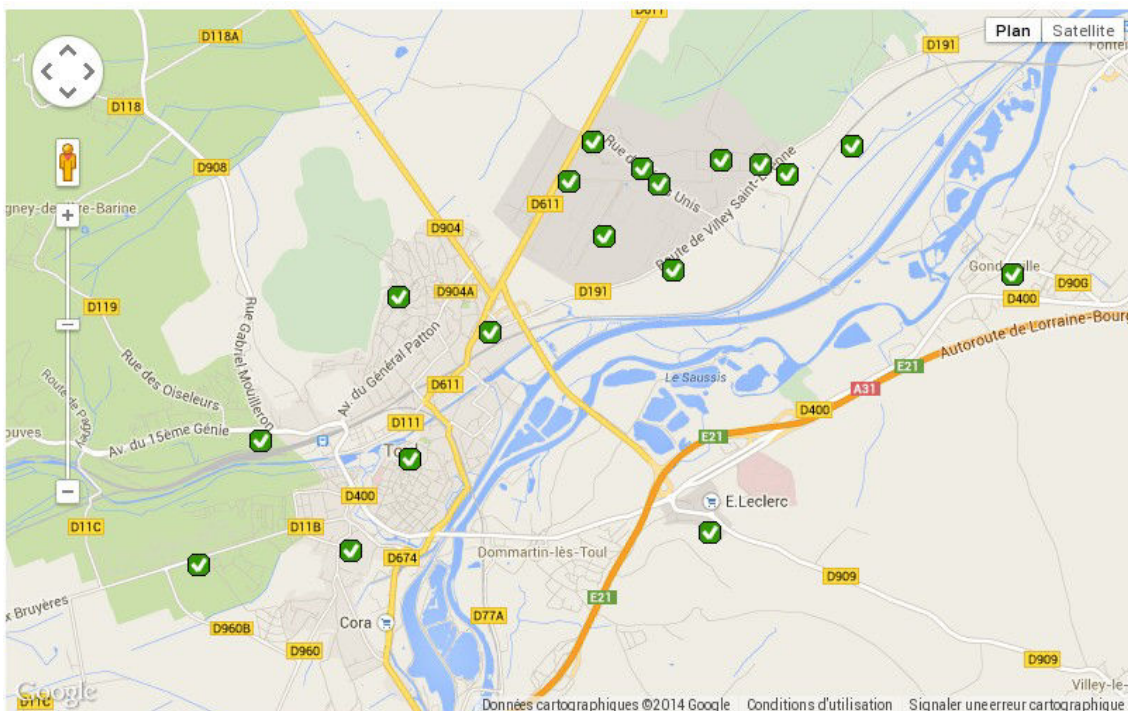


Figure 66: Cartographie des entreprises utilisant de l'eau, source: auteur

Dans la figure 66, les entreprises utilisant de l'eau sont matérialisées de part et d'autre du fleuve, ce qui nécessite des regroupements d'acteurs en fonction de la géographie des lieux si des réseaux d'eaux industrielles doivent être réalisés.

Cette capitalisation de connaissance est un processus sporadique qui ne doit pas masquer les autres enjeux du terrain. Lors de l'utilisation dans les démarches de Meurthe-et-Moselle (Toul) et en Picardie (Amiens Nord et Villers-Saint-Paul), le dépouillement des données collectées sur ces éléments n'a pas pris plus d'une demi-journée alors qu'il fallait en compter trois à cinq anciennement.

Services et quick wins

Le développement de l'écologie industrielle est orienté par la matière et l'énergie, le bon usage de la ressource. Au sein des méthodes britanniques, le terme ressource dépasse l'aspect matière/énergie et regroupe tout élément qu'un participant peut rechercher ou posséder, y compris des services ou de l'immobilier.

Au niveau français, les évolutions que nous avons portées concernent la prise en compte des services d'une façon générale. Cela regroupe les services courants aux entreprises,

des filières de recyclage et des pistes d'amélioration directe quand la structure de coopération et les volumes s'y prêtent. La liste suivante constitue une série de questions fermées qui permettent directement de détecter un potentiel ou de connaître les filières locales:

- Réserves d'eau incendie : Il s'agit d'une synergie de mutualisation importante quand elle est détectée car son impact financier est important. Un démonstrateur a spécifiquement été réalisé dans un projet de recherche.
- Rétention des eaux d'incendie : entretenant une proximité thématique avec le premier item, il s'agit ici de mutualiser un bassin de rétention des eaux incendie. Les eaux d'extinction sont chargées de divers polluants et des bassins sont dédiés à leur rétention. Une mutualisation de l'usage de ce type de bassin peut être réalisée par des entreprises entretenant une proximité géographique.
- Espaces verts : service souvent effectué par des entreprises locales, dans toutes les entreprises à l'emprise foncière étendue.
- Gardiennage/sécurité : la mise en place d'un gardiennage destiné à plusieurs entreprises est très courant, au travers d'un prestataire commun ou bien via une organisation locale.
- Crèche d'entreprise ou inter-entreprises: ce type de service est à la fois demandé par les employés et constitue un facteur d'attractivité territoriale pour l'installation de nouvelles entreprises.
- Restauration d'entreprise : c'est une préoccupation partagée par les entreprises quelle que soit leur taille.
- Co-voiturage inter-entreprise : des solutions de mobilité plus sobres et efficaces sont mises en place et peuvent être répliquées.
- Courrier : Un service de base.
- Formations : Le montage de formations communes (bureautiques, Certificat d'aptitude à la conduite en sécurité, langues) est généralement envisageable.
- Palettes : les volumes circulant justifient une catégorie propre d'autant que le marché est mûr en ce qui concerne leur réparation. Par exemple, nous avons eu l'occasion de visiter à Toul l'association Fraternité Sud Lorraine qui offre des

prestation de réfection, fabrication et réparation de palettes¹¹⁸. Il s'agit là d'une structure de l'économie sociale et solidaire. Sur le même secteur, le transporteur Quil, lui aussi rencontré dans la démarche toulouise, offre des prestations de gestion et de réparation de palettes¹¹⁹.

- Big-bags: moins courants que les palettes, ce type de conditionnement reste très fréquent et des filières existent pour leur réemploi. Par exemple, l'entreprise Qualirec propose depuis 1994 un service de reconditionnement des bigs bags¹²⁰.
- Cubitainers: ce type de conteneur est prisé par les salariés qui s'en servent en général pour stocker de l'eau de pluie à destination de leurs jardins, même quand il a contenu des produits aux propriétés chimiques inappropriées. Des filières existent pour leur valorisation ou leur traitement.
- Cartons: Un marché existe pour cette matière qui est celle le plus souvent rencontrée quel que soit le secteur d'activité. Son prix d'achat peut se révéler incitatif pour la mise en place d'une collecte sélective.
- Papier: tout comme le carton, un marché existe et peut se révéler incitatif.
- Maintenance: qu'il s'agisse de l'entretien de quai dans la logistique ou des automatismes d'une façon générale, faire appel à des opérateurs de maintenance industrielle est relativement courant.
- Entretien bâtiment,
- Dératisation: un service relativement courant.
- Économies d'énergie/CEE

Les ressources ou axes de travail qui ne sont pas directement liés au bilan matière/énergie sont ainsi pris en compte et structurés immédiatement. Ils permettent de voir se dégager très rapidement de la démarche avant la fin du cycle d'enquêtes des opportunités d'actions très directes. Ces pistes d'actions, même si leur envergure en termes de flux physiques ou financiers peut être modeste, permettent de donner des perspectives immédiates de collaboration aux participants.

118<http://www.sauvoy2.com/index.php/prestations/refection-de-palettes> consulté le 6 avril 2015

119<http://www.quil.fr/fr/logistiqueFR.html> consulté le 6 avril 2015

120<http://www.qualirec.fr/fr/collecte-recyclage/recyclage-big-bag/> consulté le 6 avril 2015

Détails d'un quick win

Nom	Crèche d'entreprise ?? : 25  : 3  : 0
Description	
Participants	

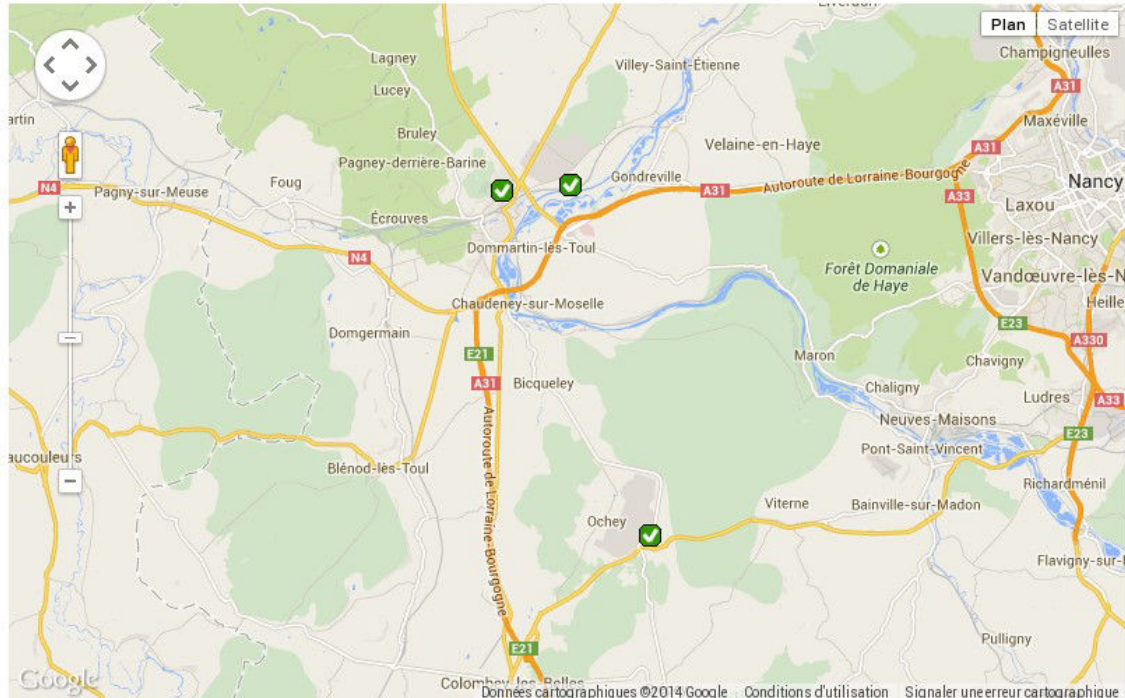


Figure 67: Suivi des services et Quick wins, source: auteur

Dans la figure 67, trois entreprises géolocalisées ont répondu favorablement à la création d'une crèche inter-entreprise, la visualisation sur une carte permet de rapidement voir les parties prenantes et les proximités. La représentation cartographique introduit la dimension géographique dans l'analyse et autorise le traitement de la proximité d'une façon plus simple, visuelle, indispensable quand les synergies ne sont pas bipartites.

L'élargissement des ressources prises en compte est directement issu du terrain et de l'expérience acquise auprès des entreprises lors des visites. Cette prise en compte des services a été mise en place dans PRESTEO à l'occasion des démarches picardes d'Amiens Nord et de Villers-Saint-Paul sans être réellement présents dans les grilles de données demandées aux entreprises. Ce sont les praticiens de terrain qui se sont saisis de ce travail pour détecter ces potentiels sans qu'ils ne soient correctement formalisés. Ceci est principalement dû à des praticiens de terrain dont la formation aux recueils

d'informations est antérieure à l'implémentation de la partie service.

Modules techniques spécifiques

Si l'établissement de familles destinées à faciliter le dépouillement des enquêtes et l'intégration des services traduisent une forme de consolidation des connaissances, le processus à l'œuvre reste implicite et dicté prioritairement par des objectifs de compétitivité. Mais la connaissance ne se traduit pas uniquement dans des taxinomies très empiriques et des questions ajoutées dans les grilles de recueil d'informations auprès des acteurs. Les regroupements correspondent à un marché existant ou à une solution plus ou moins documentée. Elle peut correspondre aussi à des retours d'expériences bien plus structurés.

Les outils de la famille anglaise correspondent à des outils de gestion de projet qui permettent de documenter tout au long de la réalisation d'une synergie les différents éléments considérés et de produire à l'issue un retour d'expérience qui s'intègre à une base de connaissances. Si ce processus n'est pas à l'œuvre dans les outils français, ou bien très partiellement, ils s'enrichissent peu à peu de modules techniques qui dépassent très largement le caractère documentaire.

Mutualisation de réserve incendie

Le premier programme ou plug-in évolué intégré dans la famille PRESTEO est issu d'un retour d'expérience observé lors d'une démarche d'écologie industrielle dans le centre de la France. Il s'agit d'un module concernant la mutualisation de la réserve incendie entre industriels. Ce sujet a en premier lieu été documenté d'une façon traditionnelle en vue d'établir la problématique, les parties-prenantes, les différentes étapes de réalisation et d'évaluer ensuite les impacts environnementaux mais aussi financiers qui sont à la base de la décision de réalisation. Une fois ce premier travail réalisé, il a été traduit dans un outil d'aide à la décision et d'évaluation totalement intégré à PRESTEO.

Le choix de cette synergie n'est pas neutre, il s'agit d'un cas réel qui présente un caractère reproductible et dont les enjeux, a minima financiers, sont considérables : un industriel développe son activité et un jour, à l'occasion d'une visite des services contrôlant la sécurité des installations, il est informé qu'une réserve incendie

supplémentaire est nécessaire (id est impérative). Étant donné un coût constaté d'environ 100 000 €, la viabilité même de son établissement peut être remise en question. Peu connu mais pourtant tout à fait réalisable, le partage de ce type d'installation par plusieurs industriels permet une très nette diminution des frais de construction et de maintenance tout en préservant du foncier et des matériaux.

Bénéficiant d'un soutien financier de l'Union Européenne, le traitement de ce retour d'expérience a mobilisé des chercheurs des Mines d'Alès qui ont porté ce projet (Guillaume Junqua), de l'Université Autonome de Barcelone (Xavier Gabarrel) et de Paris 1 (Laurent Georgeault), ainsi qu'un représentant de la CCI de Moulins Vichy (Olivier Hornberger). Il a abouti à l'élaboration du module intégré suivant, en se basant sur une synergie réelle de même nature détectée.

Ainsi, comme chaque récapitulatif d'un service dont la recherche est envisagée, une interface consolide la liste des participants potentiels, un bref descriptif ainsi qu'une carte permettant de géolocaliser les entreprises. Le module spécifiquement créé est accessible depuis cette interface pour prolonger l'évaluation de la synergie.

Dans un premier temps, il s'agit de déterminer si une mutualisation est réalisable. Il est nécessaire de situer la réserve à une distance déterminée des locaux (en général 200 m selon Olivier Hornberger) et de vérifier si un lieu est compatible entre plusieurs bâtiments.

L'opération commence par la définition des contours des bâtiments à protéger.

Dans la figure 68, les contours d'un établissement sont dessinés et les besoins en eau de l'entreprise qualifiés.



Figure 68: Définition des emprises des bâtiments, source: auteur

L'aire autorisée pour l'implantation de la réserve d'eau incendie est automatiquement calculée et se matérialise par une surface colorée entourant le bâtiment précédemment défini (le buffer ou la zone tampon pour emprunter le vocable plus précis de la géomatique). La figure 69 est un exemple de rendu. La zone tampon (matérialisée en rose) est susceptible d'accueillir la réserve.



Figure 69: Zone d'accueil possible d'une réserve incendie, source: auteur

Chaque entreprise est ainsi traitée pour aboutir à la cartographie suivante qui permet de visualiser les possibilités de mutualisation et des besoins en eau. En considérant les chevauchements de zones tampons, il est possible de déterminer des emplacements disponibles susceptibles de convenir à différentes entreprises. Ainsi dans la figure 70, la zone tampon rouge et la zone tampon rose se chevauchent et une réserve d'eau incendie

est positionnée (matérialisée par le point/marqueur). Plusieurs hypothèses de positionnement peuvent être émises mais leur traitement obéit à la même logique.

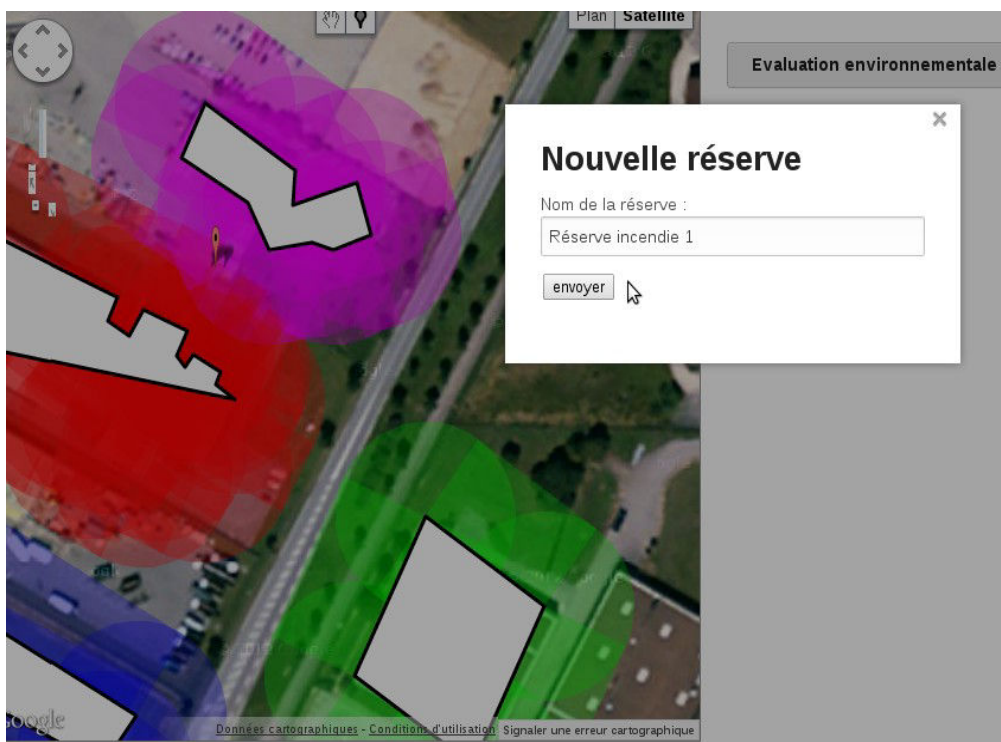


Figure 70: Positionnement d'une réserve incendie mutualisée, source: auteur

Le système calcule automatiquement si la réserve en question est utilisable par 1 à n bâtiment(s) et en déduit les quantités d'eau nécessaires. La quantité d'eau nécessaire correspond au besoin de l'entreprise la plus demandeuse et non au cumul des quantités du fait d'une réglementation qui considère comme peu probable la déclaration d'un incendie dans les deux endroits, selon les vérifications effectuées par Mr Hornberger auprès des services d'incendie et de secours.

Toujours automatiquement la comparaison est faite entre : chacun sa réserve et la réserve partagée dont la ventilation environnementale et financière s'effectue au prorata des besoins de chacun. Les impacts environnementaux et financiers ont préalablement été calculés pour une solution type déclinée en fonction des volumes.

Ce projet a été éprouvé sur le terrain lors de la démarche d'écologie industrielle en Picardie. Une volonté de mutualisation de réserve incendie a été remontée par les praticiens entre deux entreprises. La modélisation de la situation, l'analyse de la

faisabilité, les évaluations financières et environnementales ont pu être produites en moins de quinze minutes.

Un exemple de rendu de différentes évaluations est joint en annexe.

3.3 Enseignement et démonstrateur

L'écologie industrielle et territoriale se décline dans une dimension opérationnelle dont une partie des outils a été adaptée à l'apprentissage, à destination d'étudiants mais aussi de praticiens de terrain. Au niveau de l'enseignement supérieur, l'Université de Technologie de Troyes (CREIDD) et l'Université de Lausanne (IPTEH) furent les premières à utiliser une version adaptée de PRESTEO dans leurs enseignements. Depuis, une politique d'ouverture (licence gratuite) a permis de l'intégrer dans les enseignements des écoles suivantes¹²¹ :

- Université de Cergy – Pontoise
- ENSCP Bordeaux
- Université de Nancy
- Université d'Albi
- École Polytechnique Fédérale de Lausanne
- École des Mines d'Albi
- École des Mines de St Étienne
- Institut Supérieur D'Ingénierie Gestion de l'Environnement (ENSMP)
- ESA Purpan (Toulouse)
- IUT Paul Sabatier (Toulouse)
- Université de La Rochelle

Cette ouverture a abouti à la création, pilotée par l'École des Mines d'Alès et de Guillaume Junqua (Enseignant Chercheur au Laboratoire de Génie de l'Environnement Industriel - LGEI) en particuliers, d'une plate-forme d'auto-formation dans le cadre d'un projet européen¹²². Il s'agit d'une suite d'exercices de simulation permettant aux utilisateurs de s'entraîner à la transcription d'entretiens de collecte de données dans le système PRESTEO, d'effectuer des recherches de synergies et enfin d'en évaluer la

121 D'après Systèmes Durables, C. Adoue

122 <http://sudoe.territorialecolology.eu> Module 2 / Simulation

faisabilité.

Le module technique dédié à la détection de mutualisation de réserve incendie et à son évaluation a été créé dans ce cadre et alimente depuis la version « opérationnelle » de PRESTEO, démontrant la capacité de consolidation des savoirs du domaine en France.

Le projet Ecotech Sudoe dont il est question propose aussi un premier module qui consiste en un jeu de rôle visant à la simulation de réunions telles qu'elles peuvent être rencontrées dans le cadre de démarches territoriales d'écologie industrielle. Ce travail a principalement été mené par Benoît Duret, praticien expérimenté du domaine [Duret, 2004].

Une autre initiative a permis la diffusion des enseignements de l'écologie industrielle en France. L'ISIGE, centre de formation international de Mines ParisTech (École des Mines de Paris) a développé dans le cadre de l'Université Virtuelle Environnement et Développement durable (UVED) une plate-forme internet d'enseignement dédiée à l'écologie industrielle¹²³. En 2014, l'UVED a poursuivi en mettant en ligne un cours interactif dédié à l'économie circulaire¹²⁴ (Massive On line Open Course), le MOOC économie circulaire. Cette initiative a reçu le 3 juillet 2014 le premier prix des trophées de l'économie circulaire dans la catégorie « Enseignement/Recherche ». Au 26 octobre 2014, ce sont plus de 8 000 inscriptions qui ont été faites pour ce cours et plus de 270 000 vidéos visionnées.

4 Réalisation d'une plate-forme d'écologie industrielle

4.1 Introduction

En dressant un panorama de l'existant, nous avons pu distinguer que le dialogue entre la recherche et la pratique sur le terrain a permis l'émergence d'un outillage structuré dont l'ouverture vers l'enseignement autorise la formation de futurs praticiens. En dehors des plates-formes d'enseignement relativement théoriques, les outils produits sont cependant très spécialisés et ne traitent généralement que de deux aspects : la capitalisation des données relatives aux flux et la détection de synergies (avec éventuellement leur mise

¹²³<http://www.e-sige.ensmp.fr/uvéd/ÉcologieIndustrielle/> consulté le 9 Août 2014

¹²⁴https://www.france-universite-numerique-mooc.fr/courses/uvéd/34001/Trimestre_3_2014/about consulté le 10 Septembre 2014

en œuvre et leur évaluation). En dehors de ces deux aspects, des méthodologies sont disponibles sans pour autant franchir le cap de la « production d'outillage ».

Or, alors qu'un engagement dans une politique d'écologie industrielle est dans la feuille de route de la SNTEDD de la France, un enjeu important du domaine est la traduction des concepts de la recherche vers les acteurs de terrain. La force de l'écologie industrielle a jusqu'à présent été de ne pas uniquement se maintenir dans la théorie mais au contraire de produire des livrables utilisables très concrètement. Ainsi, dans le prolongement de cet état d'esprit, nous avons pu très directement apporter des contributions à l'existant. Le panorama effectué en a présenté un certain nombre qu'il était pertinent de situer dans leur contexte tant elles étaient liées à une trajectoire « historique ».

Dans le chapitre 1, nous avons développé la notion de potentiel d'écologie industrielle visant à établir un ciblage géographique (administratif) qui autorise une meilleure connaissance des territoires. Dans le chapitre 3, une approche par l'analyse des flux de matières a été conduite. Tout au long de ces travaux, une importante quantité de données a été collectée, restructurée et finalement injectée dans une base de données centrale servant de support à nos opérations statistiques ou à divers traitements. Nous avons pu extraire de cet ensemble des éléments utiles pour améliorer la connaissance des territoires et guider les démarches territoriales d'écologie industrielle. L'aide à l'action que nous présentons est principalement une mise à disposition plus structurée de cette connaissance à destination des territoires et des praticiens.

Cet outil d'aide à l'action agrège différents modules dont la modélisation en termes de données a été esquissée dans la discussion sur le système d'information régional.

4.2 Objectifs et principales fonctionnalités

Les objectifs de l'outil proposé, la plate-forme d'écologie industrielle, sont différents en fonction des acteurs, et plus précisément des rôles qu'ils s'attribuent. La plate-forme d'écologie industrielle constituée vise à apporter un soutien technique à plusieurs niveaux du développement de l'écologie industrielle sous sa forme de démarche territoriale.

Elle met à disposition pour le territoire métropolitain l'ensemble des données utiles pour la réalisation d'un métabolisme territorial au niveau régional et départemental. Ce regroupement vise aussi à faire baisser le coût de réalisation pour les collectivités.

Il comprend aussi deux versions du rendu du potentiel d'écologie industrielle:

- la première basée sur un découpage administratif qui permet de cibler rapidement la densité industrielle et sa nature à une échelle territoriale donnée.
- la seconde basée sur la proximité et des cercles concentriques autour d'une position donnée.

Par cette approche, des premières listes de participants (entreprises) sont établies et permettent la mise en place d'un réseau d'acteurs quand celui-ci n'a pas été détecté sur le terrain et de contacter les entreprises.

Un outil orienté vers la gestion de la comptabilité des flux des entreprises, la détection de synergies, est aussi mis à disposition. Il s'agit de PRESTEO dans sa dernière version et dont plusieurs évolutions récentes ont été éprouvées à l'occasion de cette thèse qui l'inscrit dans son contexte.

4.3 Connaissance des flux

Le premier module de la plate-forme est dédié à la connaissance des flux du territoire. Nous avons tout au long de cette thèse été confrontés à la nécessité de définir le contexte territorial permettant de définir les enjeux et éventuelles priorités. En étudiant le métabolisme de l'Île-de-France et de ses départements, nous avons pu constater à la fois la pertinence de ce type d'approche mais aussi la difficulté à rassembler les données nécessaires à l'exercice. Le module est donc destiné à cette problématique.

Dans le guide du SOeS dédié à la réalisation des analyses de flux de matières et d'énergie sur les territoires, il est estimé que la réalisation pour une région et ses départements d'un métabolisme territorial nécessite environ quatre-vingt cinq jours de travail à une personne. Ce type de réalisation, encouragée par diverses publications du ministère de l'Écologie est généralement confié à des bureaux d'études, avec un financement public. Sur la base de vingt deux régions et d'un tarif journalier de six cent euros (hypothèse basse relativement réaliste), le coût de réalisation dépasse un million

d'euros pour l'ensemble du territoire.

L'objectif de ce module, appelé « Easy Metabolism », est de faciliter la réalisation d'analyses de flux de matières à l'échelle d'un département en regroupant environ 80% de données nécessaires département par département, des consolidations par région étant réalisables. Il s'agit de démontrer qu'une centralisation minimale de la production de ce type de construction est tout à fait réaliste, productive et que l'engagement de moyens considérables n'est pas nécessaire.

La participation du terrain et des collectivités est nécessaire pour la fourniture d'un certain nombre de données peu ou pas prises en compte dans l'appareil statistique national mais pour une large part, le travail nécessaire peut être mutualisé, ce qui est, rappelons le, un des objectifs de l'écologie industrielle. Cette mutualisation d'un travail régional correspond à un devoir d'exemplarité que doivent s'imposer les services publics.

Nous avons eu l'occasion d'exprimer cette position auprès de parties prenantes (des Directions régionales de l'ADEME, des DREAL, le CGDD) sans pour autant être entendus. La région Alsace a pris le parti d'engager un appel d'offre sur la thématique de l'analyse des flux de matière et nous a consultés concernant cette thématique. Malgré les recommandations relatives à la mutualisation possible avec d'autres régions qui ont aussi manifesté un intérêt pour ce type d'approche, la coopération inter-régionale n'a pas fonctionné.

Au niveau de la réalisation de ce module, les données concernant tous les départements métropolitains ont été collectées et transformées (dans leurs formats numériques) en même temps que celles relatives à Paris et la région Île-de-France. Elles sont venues enrichir l'ensemble des données déjà récoltées (BASIAS, ARIA, IREP, ICPE) pour constituer un entrepôt de données.

La collecte n'est pas aussi complète que celle réalisée pour l'Île-de-France et ses départements. Seules les données numériques (au sens listings de chiffres) ont pu être exploitées hors Île-de-France, les différents plans départementaux d'évacuation des déchets n'ont par exemple pas été mobilisés.

Les hypothèses retenues lors de la réalisation de l'AFM francilienne ont été reprises en

grande partie pour réaliser un modèle générique dédié aux départements et régions. Quand elles ne pouvaient l'être faute d'un approfondissement nécessaire en termes de connaissance, par exemple sur les déchets d'activités économiques, ces manques sont signalés.

Une fois le modèle réalisé, il a été appliqué à l'ensemble des départements avec une restitution sous la forme de fiches sur la plate-forme internet dans un format utilisable par les utilisateurs finaux qui peuvent les reprendre à leur guise par de simples copier-coller dans un tableur.

Le processus se déroule en deux grandes phases : la constitution de l'entrepôt de données et son interrogation thématique.

Les données par fiches concernent l'année 2010 et les références et sources sont disponibles au § 3.3 sauf pour la base IREP dont les références sont disponibles au § 2.3.5 . Les données restituées sont les suivantes :

Données socio-économiques générales :

- évolutions du PIB (M€)
- évolution de la population (nombre d'habitant)

Bilan matières

- Importations par chapitre (SITRAM) par la route, voie fluviale (t), total et total hors énergie,
- Exportations par chapitre (SITRAM) par la route, voie fluviale (t), total et total hors énergie,
- Extractions locales de granulats (kt),
- Volumes d'eau (en milliers de M3) par usage (domestique, agriculture, industrie, énergie) et par origine (superficielle, souterraine, saumâtre, marine) issus de la base GEREP. Il s'agit ici des consommations d'eau des entreprises industrielles dont les volumes consommés doivent être enregistrés dans la base GEREP¹²⁵. Autant dire qu'il s'agit d'une vision très partielle des consommations d'eau sur le territoire. Les volumes d'eau ne sont pas pris en compte dans les calculs

¹²⁵Ces déclarations sont obligatoires pour les stations d'épuration dépassant 100 000 équivalents habitants, pour les entreprises rejetant des polluants dans le milieu, certains élevages et ne sauraient représenter une quantification exhaustive.

finaux mais les chiffres étant à disposition, se faire une idée des ordres de grandeurs n'est jamais superflu.

- Récolte de bois (feuillus & résineux) en volume et masse
- Chasse, gros gibier, en tête et masse, par type d'animal
- Production végétale, par culture (surface ha, rendements qt/ha, et volumes t)
- Consommation de produits pétroliers, par type, en masse (t) et impacts associés (O₂, CO₂, H₂O)
- Combustibles solides, par type, en masse (t) et impacts associés (consommation induite de dioxygène, produits de la combustion : vapeur et dioxyde de carbone).
- Consommation de gaz naturel en énergie (MWh), masse (t) et impacts associés (consommation induite de dioxygène, produits de la combustion : vapeur et dioxyde de carbone).
- Production d'électricité (déconstruction de données régionales en fonction de la population du département). Les données régionales sont présentées afin de permettre une ventilation autre (par surface, surface bâtie, surface de sol imperméabilisé...). De plus, les données recueillies s'arrêtent en 2009, nous utilisons une moyenne sur les années 2006-2009 pour lisser les variations.
- Livraisons électriques (en MWh) : Pour l'électricité importée, nous considérons qu'elle est produite selon le mix français de 2012 et un tableau présente les matières mobilisées pour l'équivalent 1 GWh d'électricité produite.
- Déchets Ménagers et Assimilés (DMA), collecte municipale, en t, par type, destination et impacts associés
- DMA, déchetteries, en t, par type, destination et impacts associés
- DMA, consolidation de la destinée effective et impacts associés
- Déchets industriels spéciaux (DIS) / Déchets dangereux : les entreprises produisant des DIS les déclarent dans le registre des émissions polluantes. Leur destinée n'est cependant pas connue. Les entreprises de traitement des déchets dangereux doivent par contre déclarer le devenir des flux entrants. Nous utilisons donc ces données en prenant comme hypothèse que les entreprises de traitement de DIS traitent majoritairement les DIS de leur département pour établir les modes de traitement locaux. Ensuite, les déchets dangereux produits

- par les entreprises du département sont ventilées selon ces modes de traitements.
- DIS, en t, par type, destinée (recyclage, incinération, enfouissement),
 - Consolidation de la destinée effective des DIS (recyclage, décharge, consommation de dioxygène pour l'incinération, dioxyde de carbone rejeté, dissipation atmosphérique),
 - Déchets d'activités économiques (dont BTP) (DAE) : les DAE représentent une grande part des déchets générés par notre société. Ils ont la particularité d'être collectés au travers de la collecte des ordures ménagères pour une fraction estimée en général à 20% et par des entreprises privées pour le reste. Ce reste est très difficilement mesurable : aucune étude ne permet de fournir pour chaque département les quantités produites. Il s'agit là de la principale faiblesse de l'exercice et c'est pour cette raison que nous estimons que 20% des données sont manquantes et à la charge de la collectivité pour les établir d'après son terrain.
 - Boues de station produites par les stations d'épuration du département. 50% seront affectés à l'épandage et autant aux déchets ultimes
 - Paille abandonnée (t)
 - Déjections animales par famille d'animaux, en nombre de tête, déjections journalières et annuelles (t)
 - Respiration humaine et impacts associés

Des extraits du rendu pour un département est fourni en annexe 5.

Il est difficile d'évaluer dans quelle mesure cet outil aidera la production d'analyse de flux de matières à partir du moment de sa mise en ligne. Pour l'instant, il a déjà été utilisé par l'ADEME Alsace pour la préparation de son appel d'offre dédié à la réalisation de l'analyse de flux de matière sur la région début octobre 2014 [ADEME Alsace 2014]. Dans son appel d'offre, l'ADEME Alsace inclut un paragraphe sur les données fournies aux prestataires qui seront en charge de la réalisation, données qui sont très directement extraites de ce module à la demande de Florence HUC (Direction de l'Action Territoriale). L'objectif de diminution de la consommation de fonds publics pour ce type d'opération devrait être respecté.

Cette application est directement exploitable en ligne après enregistrement à l'adresse <http://pfec.fr>, dans la rubrique « Easy Metabolism ». Des menus sont encore inactifs

mais les contenus restent accessibles après une création de compte.

4.4 Connaissance des acteurs

Le deuxième module de la plate-forme est dédié à la connaissance des acteurs du territoire. Nous avons, dans la première partie, défini un potentiel d'écologie industrielle visant, quelque soit le niveau administratif (région, département, localité), à trouver une densité d'installations industrielles et à établir la liste des participants potentiels à une démarche territoriale d'écologie industrielle. Le module réalisé permet donc de restituer sous la forme de fiches internet des listings directement utilisables par les praticiens de terrain.

Pour une région, les listes établies sont :

- le nombre d'établissements et de rubriques ICPE par département,
- le classement des 50 localités présentant le plus d'établissements industriels,
- le classement des 50 entreprises les plus intéressantes à intégrer dans une démarche d'écologie industrielle,
- le classement des rubriques les plus présentes sur le périmètre.

Pour un département, les listes établies sont :

- le classement des 50 localités présentant le plus d'établissements industriels,
- le classement des 50 entreprises les plus intéressantes à intégrer dans une démarche d'écologie industrielle,
- le classement des rubriques les plus présentes sur le périmètre.

Pour une localité, les listes établies sont :

- le classement des 50 entreprises les plus intéressantes à intégrer dans une démarche d'écologie industrielle,
- le classement des rubriques les plus présentes sur le périmètre.

Les objectifs et modalités de production de ce module ont été détaillés précédemment. Le résultat mis en forme est donc disponible dans la plate-forme internet de façon intégrée, à destination du plus grand nombre. L'hypothèse concernant la représentativité

industrielle des rubriques ICPE a été vérifiée et exploitée pour la construction de cette approche relativement administrative. Cette approche administrative autorise un ciblage mais ne reflète pourtant pas la proximité dans le sens de la prise en compte du voisinage géographique. Des améliorations sont toujours envisageables.

Approche par la proximité

Afin d'améliorer la réponse à la question « Qui faut il mettre autour de la table ? », une restitution est aussi proposée, à titre expérimental, sur la base d'une approche géographique. Chaque code postal a été géolocalisé, de façon automatique pour la grande majorité (5 212), manuellement pour une centaine d'entre eux, selon le processus suivant: un rapprochement avec le code commune est effectué et le centroïde de la commune considéré comme la localisation de toutes les entreprises de la commune (nous verrons les limites de cet exercice). Il a ensuite été développé une restitution, basée sur cette géolocalisation et qui fournit un potentiel basé sur des cercles concentriques autour du point géolocalisé. Cette réalisation permet d'identifier les entreprises estimées comme les plus intéressantes à faire entrer dans une démarche d'écologie industrielle sur la base de leur nombre de rubriques ICPE.

Le potentiel d'écologie industrielle tel que précédemment défini ne permettait pas d'identifier des entreprises voisines si celles-ci n'appartenaient pas à la même entité administrative.

Dans l'approche initiale du potentiel d'écologie industrielle utilisant les découpages administratifs imbriqués (région, département, commune), deux villes proches, telles que Laval et Vitré, distantes d'une trentaine de kilomètres, ne peuvent être sujettes à un rapprochement au niveau de leurs entreprises: elles appartiennent à des départements et des régions différentes. La localisation des entreprises s'appuyant sur un géocodage administratif et non à l'adresse de géolocalisation entraîne des biais concernant la proximité géographique des entreprises.

Le géocodage à la commune et l'utilisation d'une requête topologique permettent d'améliorer ce défaut avec une proximité plus représentative. Toutefois, deux entreprises d'une même commune pourront se trouver plus éloignées que deux entreprises de communes différentes qui se situeraient de part et d'autre de la limite communale, c'est

un des biais inhérent au géocodage effectué.

Le module de restitution permet de pallier en partie à ce problème. Dans la figure suivante, le module dédié à la proximité permet, suite à la saisie des coordonnées de l'endroit ciblé et du rayon envisagé de restituer toutes les entreprises situées à proximité avec le nombre de rubriques ICPE qui les caractérisent.

La liste des entreprises fournie est triée par code postal et une exploitation dans un tableur permet d'en extraire les plus intéressantes en termes d'installations classées.

Latitude : Longitude : Rayon (en m) :

16	LAFARGE CIMENTS (cimenterie)	ST PIERRE LA COUR	53410
13	PEBECO	PORT BRILLET	53410
8	BIGNON SA	PORT BRILLET	53410
5	PIGEON SA	LA BRULATTE	53410
2	EARL PERCE-NEIGE	LE BOURGNEUF LA FORET	53410
2	EARL PRINTEMPS (DU)	LE BOURGNEUF LA FORET	53410
1	EARL AUBEPINE (DE L')	BOURGON	53410
1	EARL BRAY (DU)	LAUNAY VILLIERS	53410
1	EARL RANDONNEE (DE LA)	LAUNAY VILLIERS	53410
1	EARL ROUSSEAU	ST OUEN DES TOITS	53410
1	HEULOT MARTINE	LE BOURGNEUF LA FORET	53410
1	LAFARGE CIMENTS (carrière)	ST PIERRE LA COUR	53410
1	PIGEON CHAUX Splc - Usine	ST PIERRE LA COUR	53410
1	VENGEANT JEAN-PIERRE	ST OUEN DES TOITS	53410
0	BERGERE JEROME	LE BOURGNEUF LA FORET	53410
16	LAFARGE CIMENTS (cimenterie)	ST PIERRE LA COUR	53410
13	PEBECO	PORT BRILLET	53410
8	BIGNON SA	PORT BRILLET	53410
5	PIGEON SA	LA BRULATTE	53410
3	GAEC DOUAIRE (DU)	MONTJEAN	53320
2	COURTIN FRANCK	ST CYR LE GRAVELAIS	53320
2	EARL PERCE-NEIGE	LE BOURGNEUF LA FORET	53410
2	EARL PRINTEMPS (DU)	LE BOURGNEUF LA FORET	53410
2	EARL TOUCHES (DES)	MONTJEAN	53320
2	GAEC DE L'AVANT	ST CYR LE GRAVELAIS	53320
2	GAEC HAUT SAUTECOURT (DU)	BEAULIEU SUR OUDON	53320
2	GAEC MEIGNAN	BEAULIEU SUR OUDON	53320
2	GAEC NOE (DE LA)	MONTJEAN	53320

Figure 71: Approche par la proximité, source: auteur

Ce module présente l'avantage de dépasser les frontières administratives (localités, départements, régions) pour se concentrer uniquement sur la distance. L'utilisation d'un code postal pour géolocaliser les entreprises présente cependant une incertitude forte que seul l'élargissement de la zone de recherche peut venir compenser. Un rapprochement entre la base des installations classées et la base IREP permet de qualifier plus finement les entreprises quant à leur géolocalisation mais ce

rapprochement n'est possible que sur environ 10 % des entreprises.

4.5 Opérations

L'analyse des flux de matières permet donc d'identifier à un niveau macro les enjeux d'un territoire, d'une collectivité. Une fois l'engagement dans une démarche d'écologie industrielle décidé, le potentiel d'écologie industrielle permet de cibler géographiquement les entreprises qui sont susceptibles de participer. Ensuite, les praticiens peuvent mettre en œuvre les méthodes et outils déjà disponibles pour la collecte des données d'entreprises et la recherche de synergies entre elles.

Dans le panorama des outils dédiés à la recherche de synergies, nous avons détaillé les filiations et diverses avancées, relativement techniques, réalisées pendant cette thèse. Pour compléter la plate-forme mise en ligne, nous avons complété les aspects connaissances et ciblage par la mise à disposition d'un outil de collecte et de recherche de synergies.

Il s'agit de la dernière version de PRESTEO qui vient donc compléter le dispositif dédié à l'écologie industrielle sur les territoires. Nous avons présenté les principales nouvelles fonctionnalités implémentées au cours de cette thèse et ses fonctionnalités initiales ont été l'objet d'un grand nombre de publications [BOURG, 2006, p141][ADOUE, 2006][PLANCHEREL, 2006][JULIEN SAINT AMAND, 2008][GRANT, 2010][DAIN, 2010] étant donné qu'il fut jusqu'il y a peu de temps le seul outil de recherche de synergies disponible sur le marché. Cet outil propose initialement de saisir des flux liés aux entreprises du territoire suite à une visite sur site dans un formalisme présenté dans la figure 72.

Différentes caractéristiques liées à la nature du flux sont à saisir, son sens (entrant/sortant), le procédé associé, le coût ou le gain qu'il représente, sa température, sa pression, son code déchet, son volume et son unité.

Nom	Acide ▼ ou nom perso : <input type="text"/>
Procédé associé	Production ▼
Famille	Produits chimiques ▼
Sens	Entrant ▼
Energie	<input type="text"/>
Pression	<input type="text"/>
Température	<input type="text"/>
Continuité	<input type="text"/>
Valeur marchande	<input type="text"/>
Règlementation (Code déchet OU texte de référence)	<input type="text"/> Code déchet
Commentaire	<input type="text"/>
Quantité	<input type="text"/>
Unité	<input type="text"/>

Figure 72: Description de flux dans PRESTEO, source: auteur

Une taxinomie de composants permet de compléter la description des flux en y liant des substances qui les composent. Un algorithme de calcul prend ensuite en charge la détection de synergies de substitution et de mutualisation.

Dans les modalités de diffusion de cet outil, plusieurs options ont été envisagées.

La première option est d'installer une base commune à l'ensemble des démarches engagées afin de dégager des synergies sur un volume important de données d'entreprises. Le frein identifié tient à la confidentialité des données saisies qui sont alors à la disposition de tous. La confiance à instaurer pour la collaboration inter-entreprise nécessite des garanties quant à la confidentialité des données et ce mode de fonctionnement n'est donc pas approprié.

La deuxième option est de distribuer les sources de PRESTEO librement pour que les utilisateurs intéressés puissent l'installer, le modifier voire le redistribuer. Mais cet outil n'est pas mis directement dans le domaine public car il contient des bibliothèques

(morceaux de programme) qui ne sont pas libres elles-mêmes. Nous pouvons donc uniquement assurer un accès gratuit aux utilisateurs sans pour autant leur autoriser une libre distribution des sources à des tiers.

La troisième option est d'installer pour chaque demandeur une instance, en mutualisant une plate-forme technique (serveur informatique). Chaque démarche peut donc utiliser dans son propre périmètre l'outil proposé avec une garantie de confidentialité des données et en bénéficiant d'une maintenance et des évolutions partagées. Nous pouvons cependant regrouper les données des démarches pour des opérations statistiques pour faire progresser notre connaissance. Cette option est celle qui a été retenue. Nous assurons cette fonction de tiers de confiance par rapport aux données depuis 2004 et cette dernière option est à la fois la plus rationnelle en termes de gestion, de confidentialité et de recherche.

Concernant les outils utilisés pour la recherche de synergies sur le terrain lors des démarches, notre conviction est que leur multiplication actuelle marque un intérêt pour le domaine mais n'est pas la voie à suivre. L'engagement national dans une politique d'écologie industrielle déclinée dans les territoires nécessite le partage de méthodes et d'outils compatibles et permettant l'échange de données. Dans la perspective d'une prise en compte généralisée de l'écologie industrielle dans l'animation territoriale, les outils spécialisés tels que PRESTEO seront amenés à disparaître pour laisser place à des outils de gestion opérationnelle, de management de zones d'activités par exemple, incluant des fonctions de recherche de synergies.

4.6 Un entrepôt de données au service de la recherche

Au fur et à mesure de l'exploration d'hypothèses, de très nombreuses sources de données ont été identifiées, absorbées et étudiées, au travers de robots spécifiquement développés ou manuellement pour établir ce qui constitue maintenant un entrepôt de données interrogeable.

Le processus traditionnel de construction des entrepôts de données est conceptuellement relativement simple, il s'agit tout d'abord de l'extraction des données de base (opérations) qui sont remises en forme selon des axes dédiés aux nouveaux

questionnements. L'ouvrage de Jean-Marie Gouarné intitulé *Le projet décisionnel* [GOUARNE, 1998]¹²⁶ constitue une référence dans le domaine du « data warehouse ». Il décrit l'architecture de référence du système d'information décisionnel en couches, la première dédiée à la collecte et à l'intégration et la seconde à la diffusion et à la présentation.

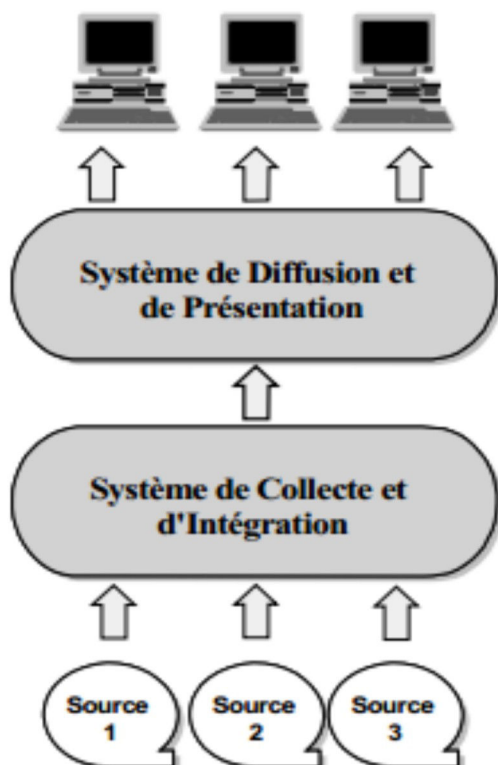


Figure 73: Architecture de référence du Système d'Information Décisionnel [GOUARNE 1998, p77]

Il présente ensuite les différents modèles qui sont à entretenir pour mener à bien un projet décisionnel. Il distingue, tel que présentés dans la figure 74 :

- le Modèle d'Intégration (MI),
- le Modèle de Diffusion (MD),
- le Modèle de Présentation (MP).

¹²⁶http://jean.marie.gouarne.online.fr/doc/le_projet_decisionnel.pdf consulté le 3 Novembre 2014

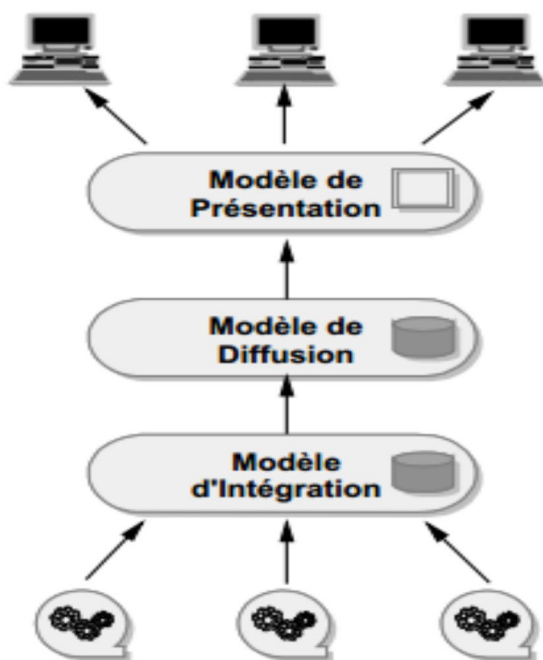


Figure 74: Architecture et modèles de données [GOUARNE 1998, p79]

L'architecture et les modèles associés permettent d'appréhender les différentes étapes qui ont été mises en œuvre. La variété des sources utilisées au cours de cette thèse et leur injection dans une base de données commune à partir de tableurs dans des formats variés voire même de fichiers PDF nécessite un « modèle d'intégration » que nous pourrions comparer à une matrice de passage vers l'entrepôt de données.

Les modèles de diffusion et de présentation séparent le fonds de la forme : ils matérialisent les axes d'interrogation mais leur séparation n'est pas aussi claire dans la réalisation.

A partir de cet entrepôt, de nouveaux axes ont été développés pour par exemple établir le potentiel d'écologie industrielle. Il s'agit dans ce cas de calculs d'index selon des critères intermédiaires qui sont dans un premier temps le nombre de rubriques ICPE consolidé à différents niveaux selon un axe géographique. Il n'y a pas à cette occasion de mélange avec des données tierces, mise à part la qualification avec une latitude et une longitude qui ont été ajoutées.

A partir de cet entrepôt, la production des fiches d'analyse de flux de matière a donné

lieu à la construction d'agrégats de données hétérogènes. La restitution consolidée qui en est faite est destinée à un usage spécifique et présentée dans un format internet dédié. Il est tout à fait envisageable de construire des agrégats intermédiaires, par exemple les importations, les matériaux de construction, les consommations de produits pétroliers, et de les utiliser comme base à de nouveaux calculs statistiques.

Des interventions de qualifications manuelles sont souvent nécessaires pour rapprocher les données, faute du partage de référentiels communs, en particuliers quand les données sont attachées à une localité: certaines se voient localisées par un code commune, d'autres par un code postal, d'autres encore sont finement géolocalisées dans un format spécifique. Les rapprochements sont alors beaucoup plus difficiles. Ces difficultés entraînent la nécessité de prévoir une modélisation géomatique pour la poursuite de ces travaux.

Ces difficultés ne doivent pas faire perdre de vue que ce type d'entrepôt de données est une voie à privilégier pour améliorer la connaissance et répondre à des nombreuses questions, ce qui ouvre des perspectives de recherche très intéressantes. Nous pouvons par exemple évoquer des pistes sur lesquelles nous comptons poursuivre quelques recherches et qui ont éveillé notre curiosité au cours de cette thèse à savoir les relations entre densité d'établissements ICPE et accidents technologiques, en particulier sur la typologie de leurs causes quand aucun établissement industriel n'est installé sur la localité¹²⁷.

Des interrogations de l'entrepôt de données ont déjà été demandées par des entreprises françaises (Écologie Industrielle Conseil & iNex) et l'École des Mines d'Alès pour leurs recherches propres en matière d'écologie industrielle. Chaque interrogation est l'occasion d'ouvrir des pistes de réflexions nouvelles.

Si cet entrepôt regroupant l'ensemble des données utilisées dans cette thèse est mis à disposition pour répondre aux questions de la recherche, il apparaît fort peu judicieux de persister dans son enrichissement même si les processus d'alimentation et de mise à jour sont fonctionnels. Son processus de construction est basé sur l'exploitation de données

¹²⁷En dehors des établissements ICPE, où surviennent les accidents technologiques? Dans les transports? Sur la route? Dans les gares de triage? Des redondances sont elles observables?

diverses mais qui sont toutes (ou quasiment toutes) produites par les services de l'État français. Les objectifs initiaux de ces productions ne sont pas l'intégration dans un entrepôt de données et chaque service va utiliser ses propres référentiels, en particulier pour ce qui est de la qualification géographique. Les formats techniques de fourniture de ces données ne sont pas adaptés à des échanges et à l'intégration. Les listings au format pdf (pour la chasse) ne sont par exemple exploitables qu'au travers d'astuces techniques difficilement reproductibles.

Diffuser les données et répondre à une obligation de diffusion ne doit pas dispenser les services de l'État d'une réflexion sur une harmonisation des référentiels et la fourniture dans des formats réellement exploitables. Une application plus minutieuse du respect des unités (au travers une liste de choix contrainte par exemple) constitue un axe de progrès très important. Elle permettrait l'établissement, par exemple, d'une cartographie des installations de puissance beaucoup plus aisée.

Si la démonstration a été faite de l'utilité de ce type d'entrepôt, leur construction doit être facilitée pour permettre l'agrégation des données dans une perspective plus opérationnelle. L'absence de stratégie d'harmonisation des référentiels et des formats techniques est le principal frein à la progression de la connaissance par des systèmes décisionnels. Et la diffusion en vrac dans une perspective d'open data (ou données libres) ne contribue que très partiellement à l'avancée du domaine. L'étude ARF/ADEME [ARF, 2014] considère comme prioritaire l'ouverture des données, pour notre part, nous considérons que c'est leur diffusion dans des standards techniques adaptés qui est la clé. Pour ce qui est de la diffusion et de l'open data en général, la détection des enjeux traduit des vulnérabilités et l'ouverture au plus grand nombre doit (ou devrait) être envisagée avec la plus grande prudence, en particulier au niveau des cartographies de réseaux physiques quand elles permettent d'identifier des cibles.

4.7 Conclusions

La mise à disposition de la plate-forme « pfec.fr » pour le grand public et de l'entrepôt de données à destination de la recherche¹²⁸ constitue notre contribution dans le domaine de l'écologie industrielle. De très nombreuses améliorations peuvent être apportées pour compléter la panoplie de l'outillage dédié à ce type d'intervention et des évolutions méthodologiques voire réglementaires peuvent venir bouleverser les pratiques.

Pour l'instant, la pratique de terrain des démarches d'écologie industrielle donne lieu à des opérations spécifiques, des outils spécifiques, des recueils de données dédiés à ces opérations et à une animation territoriale relativement déconnectées des autres pratiques territoriales. Cette phase de développement du domaine a permis la construction d'un ensemble de pratiques qui doivent se fondre dans celles des différents intervenants tels que les aménageurs, les entreprises, les collectivités. Alors que des opportunités de diffusion sur l'ensemble du territoire français des principes de l'écologie industrielle se dessinent en ce qui concerne les symbioses industrielles, la plate-forme proposée permet d'appliquer un minimum les principes de mutualisation chers au domaine.

Cette plate-forme d'écologie industrielle, conçue et développée dans le cadre de cette thèse, est mise à disposition de l'ADEME, du CGDD.

¹²⁸L'interrogation de l'entrepôt de données n'est pour l'instant possible qu'au travers des demandes au cas par cas et un processus relativement chronophage pour construire des rapprochements et états spécifiques. Des versions de la base de données peuvent être fournies aux acteurs universitaires.

Conclusion générale

Les travaux de thèse présentés sont motivés par la volonté de proposer au plus grand nombre les moyens d’agir sur leur territoire. Cette action nécessite l’accès à la fois à des informations et des outils dédiés. Au niveau des informations, elles sont souvent, à tort, considérées comme indisponibles et inadaptées aux démarches, pourtant, elles sont nombreuses, souvent hétérogènes, difficiles d’accès mais existantes.

Au niveau des outils, ceux rendus disponibles via la plate-forme sont perfectibles, très largement, mais ils ont l’avantage d’être éprouvés par leur utilisation sur le terrain dans des démarches opérationnelles. D’autres existent et peuvent aussi proposer des fonctionnalités comparables ou plus spécialisées, témoignant d’un intérêt croissant pour la mise en œuvre de l’écologie industrielle sur le territoire national et au-delà.

Ce deuxième axe travaillé est orienté vers la qualification des flux en vue de leur croisement, ceux qui est un sujet en soit, toujours en évolution et traduisant des mécanismes de structuration des connaissances issues du terrain.

Nous avons concentré notre travail d’une part sur la définition du potentiel et d’autre part sur la recherche de synergies au travers le croisement de bilans de matières et d’énergies d’entreprises et le développement de démonstrateurs très opérationnels. Entre les deux, de nombreuses variations méthodologiques peuvent être expérimentées. Nous avons retenu un cadre de référence se basant sur une animation territoriale induite par les travaux et réalisation françaises mais les éléments développés dans cette thèse doivent pouvoir s’intégrer en amont et aval de toute méthodologie applicable sur le terrain.

Principaux apports

Le potentiel d’écologie industrielle

La construction d’un potentiel d’écologie industrielle a permis d’étudier des sources de données très variées en relation avec notre problématique. Interrogées selon leurs capacités à restituer des enjeux territoriaux ayant traits à l’activité industrielle, elles permettent d’appréhender les territoires sous des angles complémentaires.

Ce potentiel, défini et construit, permet-il d’améliorer la connaissance des territoires? La

réponse est duale. Il permet en effet d'établir des périmètres a priori plus sensibles que d'autres et même d'en lister les établissements susceptibles d'être prioritairement contactés. Il néglige cependant une dimension majeure qu'il reste à développer et qui touche aux gouvernances installées ou à créer. L'approche développée est quantitative et bénéficie d'avantages collatéraux pour la préparation très pratiques des actions à mener, en documentant a minima des axes de questionnement à destination des entreprises ou en autorisant des recherches plus transversales au sein d'un périmètre (fonctionnel ou géographique).

Au niveau des résultats, le modèle du potentiel d'écologie industrielle permet d'appréhender une concentration relative en matière d'établissements et d'activités industrielles: les terrains à forts enjeux, tels que les zones industrialo-portuaires, issus de processus d'aménagement nationaux identifiés, sont détectés par le modèle et ceux présentant une carence industrielle repoussés à la marge dans les classements reflétant les priorités. Pour ces territoires mal classés, les enjeux de matérialité sont observables différemment, à une échelle plus globale, le département, la région, selon des modalités structurées et en recherche constante d'amélioration.

Qu'il s'agisse d'une approche par le potentiel d'écologie industrielle ou par l'élaboration d'un métabolisme territorial, le système statistique français a été mis à contribution et soumis à la critique: le pas n'est pas grand pour adapter ce dernier à une visée programmatique dans le domaine de l'écologie industrielle. Les principales difficultés ont été identifiées et tiennent principalement à des formats descriptifs ou techniques à structurer plus rigoureusement ou à harmoniser.

La caractérisation des ressources

Bénéficiant des données collectées en France au cours de plusieurs démarches d'écologie industrielle sur le terrain, le travail concernant la caractérisation des flux et ressources a été mené selon une méthode simple, la construction de familles en vue de regrouper les flux selon des critères issus des pratiques professionnelles de recherches de synergies. L'objectif visé de venir compléter la recherche brute existante par l'utilisation des familles s'est conclu par des résultats positifs sur le terrain. Dans le cadre du déploiement de démarches d'écologie industrielle professionnelles, les délais

de restitution des pistes de synergies beaucoup ont diminué. De plus, les anciens modes opératoires demandaient d'attendre la clôture du recueil de données avant leur exploitation du fait de la lourdeur du processus de dépouillement: nous avons pu, via les familles, influencer sur cette latence et proposer ainsi un suivi du déroulement du projet automatiquement. Par ce processus de suivi, il est possible de piloter en temps réel le déroulé d'une démarche et d'aller si nécessaire consolider des pistes émergentes par l'incorporation d'entreprises spécifiquement ciblées.

Un autre axe dans ce travail de caractérisation a été guidé par les solutions les plus souvent rencontrées et/ou aisées à mettre en place. Il s'agit des services et actions rapidement « gagnantes » à mettre en place entre les acteurs. Ils peuvent s'avérer être redondants avec la ventilation en famille des flux de matière mais en l'état actuel des choses, nous pensons que ces redondances sont préférables à des oublis. La restitution en temps réel des pistes issues de cet axe permet elle aussi d'apporter des éléments utiles au pilotage.

Perspectives

Les perspectives de prolongement de ce travail sont nombreuses tant pour les nécessaires aspects liés à l'observation et la compréhension globale des situations territoriales que pour les aspects relevant des outils utilisés au quotidien pour la recherche de synergies.

Au niveau du potentiel d'écologie industrielle et de la construction des analyses de flux de matières, bien qu'un large éventail de sources de données ait été pris en compte, combien ont été oubliées ?

La construction d'un entrepôt de données agrégeant un nombre toujours plus important de données et son interrogation selon des axes nouveaux constitueront les premières étapes pour l'élaboration d'une vision plus complète, pour le ciblage opérationnel ou des restitutions statistiques. Le choix d'effectuer une entrée par les données dans un domaine scientifique ouvre des perspectives permanentes, nous ne l'avons abordé que trop partiellement tant les déclinaisons exploitables doivent être l'objet d'un effort constant. De nombreux domaines s'emploient à tirer des *big data* des enseignements et des connaissances, la trajectoire de l'écologie, industrielle ou territoriale, n'y échappera

pas. Nous sommes en la matière au début de la construction: le géomarketing et le ciblage des comportements touchent de nos jours chaque individu.

A court terme, le potentiel d'écologie industrielle va être éprouvé dans le cadre d'un programme de développement économique expérimental déployé sur quatre régions française en matière d'écologie industrielle : les retours sur l'utilisation pratique de notre construction théorique permettront d'en juger la pertinence, d'en affiner l'usage et d'ouvrir de nouvelles pistes.

Cette expérimentation sera aussi l'occasion d'une relecture dédiée à la caractérisation des flux et ressources.

Les principaux apports concernent les phases de détection très en amont des démarches et les croisements de bilans de ressources. Ces opérations ne traitent que peu d'aspects méthodologiques et ils sont exploitables par toute variante dans le format de projection des démarches sur le terrain.

Axes stratégiques pour un déploiement de l'écologie industrielle sur le territoire français

L'observation de multiples cas et la construction d'éléments de soutien pour mettre en œuvre l'écologie industrielle permettent de dégager des axes stratégiques en vue d'un déploiement sur le territoire national d'une politique structurée.

Mutualisation des moyens et retours d'expérience

Le premier axe stratégique concerne la mutualisation des moyens entre les régions et le partage d'expériences.

La mutualisation de moyens techniques telle que proposée par le Pôle des Eco-industries de Poitou-Charente constitue au niveau régional une réalisation exemplaire. De la même façon, à un échelon supérieur, inter-régional, une telle rationalisation des moyens entre les différents acteurs est nécessaire.

Au niveau des analyses de flux de matières et d'énergie, outils d'observation par excellence, les réalisations jusqu'à présent issues d'initiatives d'acteurs isolés peuvent aussi être en grande partie mutualisées. L'État est le principal collecteur et fournisseur de données en vue de cet exercice, il est ainsi bien positionné pour assumer ce rôle

d'autant plus qu'il encourage l'engagement dans ce type de réalisation.

La mise à disposition des principales données sur la plate-forme proposée illustre la forme que peut prendre la mutualisation sur ce sujet : un regroupement des statistiques dédiées et éléments calculés dans le format idoine pour une mise à disposition pour le plus grand nombre. Il s'agit tout simplement de mettre en place une économie d'échelle. Le dernier point de cet axe lié à la mutualisation concerne la qualification des études de cas et retours d'expériences. Son importance a été soulignée par Zborel [2012] et nous en partageons la position : l'établissement d'un processus pour formaliser les recherches locales en vue d'un partage bénéfique à tous les participants est un facteur clé pour la réussite du déploiement d'une stratégie d'écologie industrielle efficace. Un tel processus est d'ores et déjà en cours de construction, supporté par l'ADEME et le ministère de l'Écologie, au travers la constitution d'une plate-forme d'économie circulaire portée par l'Institut d'économie circulaire et le Centre International de Ressources et d'Innovation pour le Développement Durable (CIRIDD). Associant un grand nombre de parties prenantes du domaine de l'économie circulaire, la livraison de ce projet est attendue pour fin 2015.

Les principes de mutualisation de l'écologie industrielle doivent être appliqués, en particulier par les instances qui incitent à la mise en œuvre.

Différentiation géographique

Le deuxième axe stratégique concerne la différenciation géographique et la nécessité d'adapter à chaque territoire la forme que prend la mise en place de démarche de symbioses.

L'analyse des flux de matières et d'énergie autorise une détermination des enjeux locaux plus fine. Elle reflète les enjeux liés à la matérialité et complète la vision qui peut être établie d'un territoire sur des axes complémentaires. Le climat, la géographie physique, la démographie ou encore les dynamiques déjà existantes sont des paramètres actuellement utilisés pour appréhender les territoires et entraîne des adaptations dans les solutions déployables sur les territoires.

Les axes de recherche, d'observation et d'actions concernant les variations territoriales vont pouvoir être expérimentés à court terme dans le cadre d'une expérimentation que

nous avons proposée et qui est portée par l'Institut d'économie circulaire avec quatre régions françaises (Aquitaine, Bretagne, Haute-Normandie et Rhône-Alpes), supportée par l'ADEME et ses directions régionales, le ministère de l'Écologie mais aussi une association (*Les Acteurs de l'Écologie Industrielle - LAEI*) représentant les Grands Comptes industriels nationaux (EDF, SARP Industrie, PSA, Renault, etc...). Programmée sur deux ans, cette expérimentation a parmi ses objectifs l'observation des modes de construction des gouvernances territoriales (régionales et infra-régionales), la définition des objectifs et indicateurs de suivi locaux et finalement une adaptation d'une méthode générique aux spécificités territoriales. L'engagement des Grands Comptes industriels demandera aussi l'étude d'une articulation entre un niveau national et le pilotage régional.

Elle sera aussi l'occasion d'explorer des aspects liés au jeu d'acteurs et de compléter utilement le potentiel d'écologie industrielle dont nous avons initié une définition réduite aux considérations matérielles.

Structurations méthodologiques et territoriales

Le troisième axe stratégique concerne la structuration méthodologique.

Les travaux portés par le projet COMETHE ont été prolongés par plusieurs expérimentations alternatives, récentes et pour l'instant de moindre envergure (en nombre de participants). La Chambre de Commerce et d'Industrie du Tarn-et-Garonne (CCI 82) a développé un format d'intervention dont l'acquisition des données est couplée aux visites traditionnelles des agents consulaires auprès des entreprises, le programme d'écologie industrielle déployé à Grenoble dont les résultats quantitatifs restent modestes, a expérimenté un format orienté « rencontres d'affaires » plus ou moins inspiré des opérations anglaises du programme NISP. Le programme d'expérimentation de l'Institut d'économie circulaire auprès de quatre régions reprend lui aussi le format « rencontres d'affaires » en bénéficiant de l'accompagnement de l'opérateur anglais qui a déployé le projet NISP au Royaume-Unis pendant neuf ans. Le périmètre envisagé, tant géographique que quantitatif (cent cinquante entreprises par région) permettra d'éprouver in vivo les partis pris.

Ce ne sera qu'à l'issue de ces phases d'expérimentation et d'évaluation que des

comparatifs pourront être établis, pré-requis indispensables à la formalisation, à défaut d'une stratégie universelle, d'un panoplie d'actions territoriales disponibles, éprouvées et documentées.

Au niveau de l'acteur coordinateur, l'orientation vers la désignation des régions pour la prise en charge de ce rôle est traduite dans la feuille de route pour la SNTEDD mais la publication très récente de la note stratégique de la Fondation SEFACIL [SEFACIL, 2015] nous rappelle via ses propositions de structuration du domaine au travers des Agences Locales de l'Économie Circulaire (ALEC) dans les métropoles que le dossier n'est pas clos. Le dialogue entre régions et métropoles dans le cadre de la structuration d'une stratégie d'écologie industrielle n'a pour l'instant pas encore été expérimenté et nous rend compte que les perspectives de recherche dans le domaine en France sont encore ouvertes. Le programme d'expérimentation en régions, en particuliers, en Rhône-Alpes et Aquitaine, bien que non spécifiquement défini pour étudier ce dialogue, pourra alimenter, bien que partiellement cette problématique.

L'engagement de la ville de Paris dans des États Généraux de l'économie circulaire au printemps 2015 a permis la mise en place d'un atelier de travail dédié aux symbioses industrielles qui a vocation à produire une feuille de route pour l'écologie industrielle à l'échelle de la métropole du Grand Paris (ou selon un périmètre s'y apparentant). En parallèle, les élus du Conseil Régional d'Île-de-France qui ont délibéré le 12 février 2015 pour un engagement de la région dans la pratique de l'écologie industrielle (article 4) selon à peu de chose près la même temporalité. Nous pouvons donc déjà observer que les développements du domaine, sur un même territoire, prennent des voies parallèles qui convergeront peut-être. Ces terrains fourniront dans les deux années à venir des résultats que nous espérons exploitables vis à vis du questionnement qui se construit concernant cette relation métropoles/régions. Les perspectives de définition de nouveaux programmes expérimentaux sont tout à fait concrètes.

Notre travail aura permis d'éclairer l'existant sur lequel les expérimentations actuelles et à venir pourront se baser et d'en délimiter les contours sur la base de critères quantitatifs afin de mieux les appréhender, les évaluer et d'en assurer un développer un développement raisonné.

Sources et bibliographie

[ABITBOL, 2012] ABITBOL L., 2012, Initier des coopérations inter-organisationnelles dans les démarches d'écologie industrielle et territoriale : une relecture en termes de sociologie de la traduction et de la théorie des objets-frontières, Thèse de doctorat en sciences de gestion, Université Jean Moulin Lyon 3, Lyon., 298 p.

[ADEME ALSACE, 2014] Ademe Alsace, Appel d'offre : Étude des flux de matières à l'échelle de l'Alsace, octobre 2014.

[ADEME, 2007] ADEME, Guide des facteurs d'émission du Bilan Carbone, 2007

[ADEME, 2011] ADEME, Bilan et perspectives des actions d'observation des déchets d'activités économiques (DAE) et analyse des méthodes d'évaluation du gisement des DAE existantes localement, 2011

[ADEME, 2012a] ADEME, Chiffres clés déchets - Édition 2012.

[ADEME, 2012b] ADEME, Plan de prévention et de gestion des déchets de chantier, 2012

[ADEME, 2012c], ADEME, Projet DEPART. De la gestion des déchets à l'économie circulaire, étude de l'émergence de nouvelles dynamiques partenariats : cas pratiques et perspectives dans les territoires portuaires, 2012

[ADEME, 2012d] ADEME, Les Avis de l'ADEME : L'incinération des déchets ménagers et assimilés, décembre 2012.

[ADOUE, 2002] ADOUE C., ANSART A., VINCENT F., Recherches de synergies matières/énergie entre secteurs industriels, réflexions et perspectives, Déchets Sciences & Techniques, N° 28, 2002.

[ADOUE, 2004] ADOUE C., Méthodologie d'identification des synergies éco-industrielles réalisables entre entreprises sur le territoire français, 2004.

[ADOUE, 2014] ADOUE C., GEORGEAULT L., Écologie industrielle, économie de la fonctionnalité, positionnements et perspectives communes, Développement durable et territoires, vol. 5, n°1, février 2014.

- [ADP 2008] Aéroports de Paris, Communiqué de presse :Aéroports de Paris réduit le temps de roulage des avions, 2008 .
- [AGRESTE, 2010] Agreste, Chiffres et Données Agriculture n° 213, L'utilisation du territoire en 2009, Méthodologie, août 2010.
- [AIRPARIF, 2013] AirParif, Bilan des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en Île-de-France pour l'année 2010, juillet 2013.
- [ALLENBY, 1992] ALLENBY B.R., Design for environment: implementing industrial ecology, Thèse de doctorat, University of New Jersey, New Brunswick, 381 p., 1992.
- [ALLENBY, 1999] ALLENBY B.R., Culture and industrial ecology. Journal of Industrial Ecology, vol. 3, n°1, p.2-4, 1999.
- [ANR, 2008] ANR, Projet CONFLUENT. Connaissances des Flux Urbains, empreintes environnementales et gouvernance locales, 2008
- [ANR, 2009], Projet ARPEGE. Atelier de Réflexion Prospective en Écologie Industrielle, 2009
- [ANTOINE, 2006] ANTOINE A., Système coopératif et répartition pharmaceutique, 2006.
- [ARKEMA, 2012] ARKEMA, Dossier PPRT d'ARKEMA, 2012.
- [BAIROCH, 1965] BAIROCH P., Niveaux de développement économique de 1810 à 1910. In: Annales. Économies, Sociétés, Civilisations. 20e année, N. 6, pp. 1091-1117., 1965.
- [BALIAN, 2006] BALIAN R., Cours présenté à l'École des doctorants énergies & recherches 2006 : Quelques données sur l'énergie, Fréjus, 2006.
- [BARLES, 2007a] BARLES S., Mesurer la performance écologique des villes et des territoires : Le métabolisme de Paris et de l'Île-de-France, 2007.
- [BARLES, 2007b] S. BARLES, « Feeding the City : Food Consumption and Circulation of Nitrogen, Paris, 1801-1914 », The Science of the Total Environment 375, 2007

[BARLES, 2009] BARLES, S. , Urban Metabolism of Paris and Its Region. *Journal of Industrial Ecology*, 13: 898–913, 2009.

[BARLES, 2014] BARLES S., L'écologie territoriale et les enjeux de la dématérialisation des sociétés : l'apport de l'analyse des flux de matières, *Développement durable et territoires*, février 2014.

[BEAURAIN, 2011] BEAURAIN C., BRULLOT S., 2011, « L'écologie industrielle comme processus de développement territorial : une lecture par la proximité », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 2011/2 – juin, p. 313 à 340.

[BIOMASSE NORMANDIE 2002]BIOMASSE NORMANDIE, Évaluation des quantités actuelles et futures des déchets épandus sur les sols agricoles et provenant de certaines activités, septembre 2002.

[BOONS, 2001] BOONS F., ROOME N., 2001, Industrial Ecology as a Cultural Phenomenon. On Objectivity as a Normative Position, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 4, n°2, p.49-54., 2001.

[BOURG, 2005] BOURG D., BUCLET N., « L'économie de la fonctionnalité », *Futuribles*, N° 313 p. 27-38, 2005.

[BOURG, 2006] BOURG D., GRANDJEAN A., LIBAERT T., *Environnement et entreprises en finir avec les discours*, 2006.

[BRULLOT, 2009] BRULLOT S, Mise en œuvre de projets territoriaux d'écologie industrielle en France : vers un outil méthodologique d'aide à la décision, Thèse de doctorat en aménagement, UTT, Troyes., 2009

[BRULLOT et al, 2009] BRULLOT S., MAILLEFERT M., 2009, « Propositions méthodologiques pour l'analyse de la stratégie des acteurs et des modes de gouvernance de projets d'écologie industrielle sur des parcs d'activité », *Journées de la proximité* 14, 15 et 16 octobre 2009, Poitiers, 12 p.

[BRULLOT et al, 2014] BRULLOT S., MAILLEFERT M., JOUBERT J., *Stratégies d'acteurs et gouvernance des démarches d'écologie industrielle et territoriale. Développement Durable et Territoires*, 2014

[BUCLET, 2005] BUCLET N., Concevoir une nouvelle relation à la consommation : l'économie de fonctionnalité, Responsabilité et environnement, Annales des Mines, 2005.

[BUCLET, 2011] BUCLET N., Écologie Industrielle et territoriale : stratégies locales pour un développement durable, Presses Universitaires du Septentrion, 310 p., 2011.

[CAPACA, 2008] CHAMBRE D'AGRICULTURE PROVENCE ALPES COTE D'AZUR, Étude de la biomasse agricole et de première transformation mobilisable en région PACA, juin 2008.

[CERCEAU, 2013] CERCEAU J. L'écologie industrielle comme processus de construction territoriale : application aux espaces portuaires. Thèse de doctorat. École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, 2013

[CERCEAU et al, 2014] CERCEAU J., JUNQUA G., GONZALEZ C., LAFOREST V., LOPEZ-FERBER M., Quel territoire pour quelle écologie industrielle ? Contribution à la définition du territoire en écologie industrielle, Développement durable et territoires [En ligne], vol. 5, n°1 , février 2014, consulté le 14 février 2014.

[CG93, 2010], CONSEIL GENERAL 93, Plan Climat Énergie Départemental, 2010.

[CGDD, 2011] SOeS CGDD, Chiffres et statistiques n 230, Déchets gérés par les établissements des travaux publics : quantités et modes de gestion en 2008, juillet 2011

[CGDD, 2013] CGDD, Chiffres et statistiques n° 410, Avril 2013.

[CGT, 2013] CGT, Danger sur la filière biodiésel du groupe Saipol, sur l'emploi et le port de Dieppe, 29 mai 2013.

[CHERTOW, 2000] CHERTOW M., Industrial Symbiosis : literature and taxonomy. Annual Review Energy and Environment, 2000.

[CHERTOW, 2004] CHERTOW M., ASHTON W., KUPPALLI R., The Industrial Symbiosis Research Symposium at Yale: Advancing the Study of Industry and Environment, 2004.

[CHRISTENSEN, 2006] CHRISTENSEN J., "The History of the Industrial Symbiosis at Kalundborg, Danemark", Scientific Workshop 'Frontiers of Research in Industrial

- Ecology', University of Lausanne, November 27 – December 1th, 49 p., 2006.
- [CITEPA 2007] CITEPA, Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France (OMINEA), 4ème Edition, 2007.
- [COTE, 1997] COTE R., Industrial Ecosystems. *Journal of Industrial Ecology*, 1: 9–11., 1997.
- [COTE, 2008] COTE R., Considerations in planning the Kaiser Meadows Eco-business park. Report for Municipality of District of Chester (Nouvelle Ecosse-Canada).
- [CR IDF, 2012] Conseil Régional Île-de-France, Rapport développement durable, 2012.
- [CR IDF, 2015] CR IDF, Libérer le potentiel de l'économie circulaire en Île-de-France, délibération N°CR 19-15. 13 Février 2015.
- [CRIDF, 2013] Conseil Régional Île-de-France, CR 65-13 Avis sur l'avant-projet de PREDEC, plan régional de prévention et de gestion des déchets issus des chantiers du bâtiment et des travaux publics, adaptation de l'aide a l'élaboration des agendas 21 des collectivités territoriales franciliennes, septembre 2013.
- [DAIN, 2010] DAIN A., Analyse et évaluation de la pérennité des démarches d'écologie industrielle et territoriale
- [DESROCHERS, 2001] DESROCHERS P., Cities and Industrial Symbiosis: Some Historical Perspectives and Policy Implications. *Journal of Industrial Ecology*, 5: 29–44, 2001.
- [DGAC, 2009] DGAC, Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2009.
- [DGCIS, 2012] DGCIS, Conférence de clôture de la mission "Compétitivité durable des entreprises", volet Écologie industrielle : 2 ans de terrain, des projets d'entreprises et de territoires, Saint-Denis (93), avril 2012.
- [DIRECTIVE 96/82/CE] Directive 96/82/CE du conseil du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses.
- [DREIF, 2004] DREIF – division nuisances ressources sécurité déchets du BTP, Plan de

Gestion pour Paris et la Petite couronne - juillet 2004.

[DRIEA IDF, 2005] Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Île-de-France, Plan de Gestion des Déchets du BTP - Paris Petite Couronne, 2005.

[DRIEE, 2012] Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie d'Île-de-France, Colloque ATEE/AFG/APC/AICVF/ARENE, Les cogénérations en Île-de-France, 14 juin 2012.

[DRIRE IDF, 2001] DRIRE Île-de-France, Le pétrole en Île-de-France : De la ressource aux consommateurs, Paris, 2001.

[DURET, 2004] DURET B., Premiers retour d'expérience en écologie industrielle : études de cas en Europe et en Amérique du Nord. Synthèse et Perspectives. CREIDD - ICAST - R&D EDF - Auxilia, Mai 2004.

[DUVIGNEAUD, 1974] DUVIGNEAUD P., La synthèse écologique. Populations, communautés, écosystèmes, biosphère, noosphère, 2e éd. [1ère éd. 1974], Paris : Doin, 1980

[EHRENFELD, 2004] EHRENFELD J.R., Industrial Ecology: a new field or only a metaphor?, Journal of Cleaner Production, vol. 12, p.825-831, 2004.

[ERDF, 2013] ERDF, ARENE, Rapport intégral des données 2009-2011 de consommation et de production d'électricité en Île-de-France, Janvier 2013.

[ERKMAN, 2000] ERKMAN S., RAY J.-C., Écologie industrielle à Grande-Synthe. Première expérience française : Pré-étude sur la zone industrielle des Deux-Synthe. Ville de Grande-Synthe,

[ERKMAN, 2004] ERKMAN S., Vers une Écologie industrielle, 2e édition. Éditions Charles Leopold Mayer, Paris 2004.

[ERMINE, 1996] ERMINE J.-L., CHAILLOT M., BIGEON P., CHARRETON B., MALAVIEILLE D., MKSM, méthode pour la gestion des connaissances, Ingénierie des Systèmes d'Information, AFCET-Hermès, Vol. 4, N°4, pp 541-575 , 1996.

[ERMINE, 2001] ERMINE J.-L., Capitaliser et partager les connaissances avec la

méthode MASK, Traité IC2 (Information, Commande, Communication), « Ingénierie et capitalisation des connaissances », (M. Zacklad et M. Grundstein eds) , Hermès, Paris, pp. 66-105, 2001.

[EUROSTAT, 2001] EUROSTAT, Economy wide material flow accounts and balances with derived resource use indicators. A methodological guide, Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2001.

[FLAMAND-GETRY, 1840] FLAMAND-GETRY L.V., Description complète de la ville de Saint-Denis depuis son origine jusqu'à nos jours : de son ancienne abbaye, de l'île Saint-Denis et la biographie de tous les hommes célèbres morts ou vivants qui les ont illustrés..., 1840.

[FRANCEAGRIMER, 2012] FranceAgriMer, L'observatoire national des ressources en biomasse: Évaluation des ressources disponibles en France, 2012.

[FROSCHE, 1989] FROSCHE A.F., GALLOPOULOS N.E., Strategies for Manufacturing, *Scientific American*, 261, 144 – 152, 1989.

[GEORGEAULT, 2013] GEORGEAULT L., JUNQUA G., ADOUE C., BARLES S., GABARREL X., BORDIN P., Computational system based on GIS and LCA for identification, environmental and cost analysis of synergies : Case of shared additional water tank storages for fire prevention, ISIE, Ulsan, Corée du Sud, Juin 2013.

[GEORGEAULT, 2015] Georgeault L., Chapitre 2 : L'écologie industrielle et son pilotage dans la construction d'une politique publique d'aménagement du territoire en France, Tome 4 : Économie circulaire et écosystèmes portuaires, Collection Les Océanides, Sefacil, accepté

[GIMPEL 1975] Jean Gimpel, La révolution industrielle du Moyen-Age, Éditions du Seuil , 1975

[GIRUS, 2010] GIRUS, Étude sur le bilan de l'élimination des déchets d'activité de soins à risques infectieux en France - Année 2008, Étude réalisée pour le compte de l'ADEME, septembre 2010.

[GOUARNÉ, 1997] GOUARNÉ J-M, Le Projet Décisionnel : Enjeux, Modèles, Architectures du Data Warehouse, Éditions Eyrolles, novembre 1997.

- [GRANT, 2010] GRANT G.B., SEAGER T.P., MASSARD G., NIES L., 2010. Information and Communication Technology for Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 15 (5), 740-753, 2010.
- [GUILLERME, 2007] GUILLERME A., La naissance de l'industrie à Paris, entre sueurs et vapeurs 1780-1830, Seyssel, Champ Vallon, 439 pages, 2007.
- [HARPET 2008] HARPET M., A Product-Level Approach to Historical Material Flow Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 12 : 768 – 784, 2008.
- [HESS, 2009] HESS Gérald, L'écosystème industriel. Difficulté épistémologique d'une telle analogie, *Natures Sciences Sociétés* 1/2009 (Vol. 17), p. 40-48, URL : www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2009-1-page-40.htm.
- [IAU IdF, 2005] Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île-de-France, L'économie résidentielle en Île-de-France, l'exemple du parc naturel régional du Vexin français, 2005.
- [IAU IDF, 2013] Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France, Économie circulaire Écologie industrielle, décembre 2013.
- [IFN, 2011] IFN, L'IF Numéro 28 : Prélèvements de bois en forêt et production biologique : des estimations directes et compatibles, 2011.
- [IRDA, 2012] Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (Canada), Mettre au point des techniques pour réduire les émissions dans l'environnement : Déjections animales - Production 2012.
- [IUFM D'Auvergne, 2012] IUFM D'Auvergne, Colloque francophone « Écologie politique vs écologie industrielle, Quelles stratégies pour le développement durable? », Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 2012.
- [JACOBSEN, 2006] JACOBSEN N.B, Industrial symbiosis in Kalundborg, Danemark: A quantitative assessment of economic and environmental aspects, *Journal of Industrial Ecology* 10 (1-2), p. 239-255, 2006.
- [JO N89, 1999] J.O. Numéro 89. Arrêté du 10 décembre 1998 relatif à la création d'une base de données sur des sites industriels et activités de service, en activité ou non,

pouvant avoir occasionné une pollution des sols, 16 Avril 1999

[JULIEN SAINT AMAND, 2008] JULIEN SAINT AMAND F., LE MOËNNER P., Industrial Ecology, an Innovative Approach Serving Spatial Planning : the Example of the Tool PRESTEO© (A Program to Research Synergies on a Territory), communication à la 6ème Conférence Internationale d'Intelligence Territoriale, Besançon , 2008.

[KICOX, 2013] Korean Industrial Complex Corporation, EIP, Excellent Case book, 2013

[KOURTESSI-PHILIPPAKIS, 2011] KOURTESSI-PHILIPPAKIS G., TREUIL R., Archéologie du territoire, de l'Egée au Sahara [Broché], 2011.

[LAGANIER et al, 2002] LAGANIER R., VILLALBA B., ZUINDEAU B., « Le développement durable face au territoire: éléments pour une recherche pluridisciplinaire », Développement durable et territoires. [En ligne]. Dossier 1: Approches territoriales du développement durable, mis en ligne le 01 septembre 2002, consulté le 3 octobre 2012.

[LANER et al, 2014] LANER D, FEKETITISCH J., RECHBERGER H., FELLNER J, A Novel Approach to Characterize Data Uncertainty in Material Flow Analysis and its Application to Plastics Flows in Austria, JOURNAL OF INDUSTRIAL ECOLOGY, DOI: 10.1111/jiec.12326, 2015

[LEVEAU 2013] LEVEAU-FERNANDEZ M., L'Ile-Saint-Denis au fil de l'eau, Le Temps des Cerises, Paris 2013.

[LIFSET, 1997] LIFSET R., A Metaphor, a Field, and a Journal. Journal of Industrial Ecology, 1: 1–3, 1997.

[MALTHUS, 1798] MALTHUS T, Essai sur le principe de population (titre original An Essay on the Principle of Population, 1798, Londres

[MALVALLON, 2012] MALVALLON O., Projet Pamela : déconstruction et recyclage des pièces et équipements d'avion, Table ronde avec la participation de : EADS France et Airbus. Paris 14, 25 septembre 2012, Conférence « Des écosystèmes au service de

l'économie circulaire »

[MAT, 2015] MAT N., Économie Circulaire et Stratégies Portuaires. Note Stratégique et Prospective, Fondation Sefacil, Mars 2015.

[MEDDE, 2013] MEDDE, La production d'électricité en France et l'effacement, Panorama Énergies-Climat – Edition 2013, Fiche 15, 2013.

[MENARD, 2003] MENARD Y., Modélisation de l'incinération sur grille d'ordures ménagères et approche thermodynamique du comportement des métaux lourds, thèse de doctorat INP de Lorraine, 2003

[MESSIER, 1788] MESSIER C., Mémoires de Mathématiques et de Physique de 1788

[MOINE, 2006] MOINE A., 2006, Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie, L'espace géographique, vol. 2, n°35, p. 115-132. 2006.

[NAHAPETIANA, 2007] NAHAPETIANA N., L'écologie industrielle : la symbiose industrielle de Kalundborg, Belgique : Lessius Hogeschool. Cas d'étude - Syllabus de français Ba 2., 2007.

[ONCFS, 2000] ONCFS, Enquête nationale sur les tableaux de chasse à tir saison 1998-1999, Cahiers techniques de l'ONCFS 251, août-sept. 2000.

[ORDIF, 2012] ORDIF, Gestion des déchets ménagers et assimilés en Île-de-France en 2010, juin 2012.

[ORDIF, 2012a] ORDIF, Approche des déchets d'activités économiques non dangereux dans les installations de traitement franciliennes, mai 2012.

[ORDIF, 2013a] ORDIF, les DAE non dangereux produits en Île-de-France: Industrie, commerces, services, 2013

[ORDIF, 2013b] ORDIF, Tableau de bord des déchets franciliens Edition 2013, novembre 2013.

[OREE, 2002] OREE, Guide de management environnemental des zones d'activités, 2002

[OREE, 2008] OREE, Guide Orée : Mettre en œuvre l'écologie industrielle sur un parc d'activités, Ed. SAP, avril 2008.

[OREE, 2011] OREE, Compétitivité durable des entreprises, 2 ans de projets de terrain, 5 retours d'expériences en écologie industrielle et territoriale, 2011.

[PARK, 2008] PARK H.S., PENE E.R.. Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea - From spontaneous evolution to systematic expansion of industrial symbiosis. *Journal of Environmental Management* 87(1): 1-13, 2008.

[PECK, 2001] PECK S., When Is an Eco-Industrial Park Not an Eco-Industrial Park. *Journal of Industrial*, 2001

[PÈLEGRIN-GRENEL, 2010] PÈLEGRIN-GRENEL E., Des souris dans un labyrinthe, Éditions La Découverte, Paris, 2010.

[PERTHUIS, 2005] PERTHUIS C., BERGER A., ARNAUD E., Le développement durable, 2005.

[PERTHUIS, 2005] PERTHUIS C., PETIT J-P., La finance, autrement, Dalloz, 2005

[PERTHUIS, 2009] PERTHUIS C., DELBOSC A., Le Changement climatique, Éditions du Cavalier Bleu, 2009.

[PERTHUIS, 2009] PERTHUIS C., Et pour quelques degrés de plus... , Pearson, 2009.

[PERTHUIS, 2010] PERTHUIS C., ELLERMAN D., CONVERY F., Pricing carbon : The European Union Emissions Trading Scheme, Cambridge University Press, 2010.

[PERTHUIS, 2011] PERTHUIS C., Economic Choices in a Warming World, Cambridge, 2011.

[PERTHUIS, 2012] PERTHUIS C., DELBOSC A., Et si le changement climatique nous aidait à sortir de la crise ? Idées reçues sur l'action contre le changement climatique, Éditions du Cavalier Bleu, 2012.

[PERTHUIS, 2013], PERTHUIS C., JOUVET P-A., Le capital vert. Une nouvelle perspective de croissance, Ed. Odile Jacob, 2013.

[PLAINE-COMMUNE, 2006] PLAINE-COMMUNE, Plan communautaire de l'environnement, 2006.

[PLAINE COMMUNE, 2013] PLAINE COMMUNE, Cahier des charges appel d'offre : Analyse des flux et des consommations de ressources sur le territoire de plaine commune, 2013

[PLANCHEREL, 2006] PLANCHEREL A., Valorisation des SIG pour la détection de synergies éco-industrielles, Master of Science Thesis, Swiss Institute of Technology / Université de Lausanne, 2006.

[PLTE, 2014] PLTE, Projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte, adopté par l'assemblée nationale en première lecture. Texte adopté n°412.

[RECLUS, 1866] RECLUS, Du Sentiment de la nature dans les sociétés modernes, La Revue des Deux Mondes, N°63, 15 mai 1866

[RECORD, 2008] RECORD, Application de la méthode Bilan Carbone® aux activités de gestion des déchets, 133 p, n°07-1017/1A .

[RHÔNE-ALPES, 2013] Rhône-Alpes, Appel à Projets Écologie Industrielle et Territoriale.

[RTE, 2012] RTE, Communiqué de Presse: Bilan électrique Île-de-France, Douceur des températures et baisse de la consommation électrique francilienne en 2011, 2012.

[SAVALDORI, 1983] SAVALDORI D., Le système d'information économique, préalable à la politique industrielle au niveau régional, Revue d'économie industrielle. Vol. 23. pp. 203-211, 1983.

[SOeS, 2011a] SOeS, Chiffres et statistiques n 231: Déchets gérés par les établissements du bâtiment : quantités et modes de gestion en 2008, juillet 2011.

[SOeS, 2011b] SOeS, Chiffres et statistiques n 230: Déchets gérés par les établissements des travaux publics : quantités et modes de gestion en 2008, juillet 2011.

[SOeS, 2012] SOeS, Nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques de transport, mars 2012.

- [SOeS 2013] SOeS, Données communales sur les livraisons de gaz et d'électricité, décembre 2013.
- [SOeS, 2014a] SOeS, Évaluation des degrés-jours unifiés au niveau régional, Note d'accompagnement, Février 2014.
- [SOeS, 2014b] SOeS, Commissariat Général au Développement Durable, Comptabilité des flux de matières dans les régions et les départements Guide méthodologique, Références, Juin 2014.
- [SOFIES, 2012] SOFIES, International survey on eco-innovation parks, Learning from experiences on the spatial dimension of eco-innovation,
- [SOFIPROTEOL, 2013] SOFIPROTEOL, Dossier de presse, Développement d'une filière de biodiesel à base de graisses animales et d'huiles alimentaires usagées en France, 2013.
- [STAHEL, 1989] STAHEL W., GIARINI O., The Limits to Certainty: Facing Risks in the New Service Economy, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1989.
- [SYCTOM, 2010] SYCTOM, Rapport d'activité 2010.
- [TRIVALOR, 2002] TRIVALOR, Étude "Les flux de déchets du BTP en Île-de-France", 2002
- [TRIVALOR, 2004] TRIVALOR, État des connaissances concernant la gestion des DIB en Ile de France, juin 2004.
- [ODUM, 1975] ODUM E. P., Écologie : Un lien entre les sciences naturelles et les sciences humaines, traduction de la 2e éd. de Ecology, 1975 [1ère éd. 1963], Paris : Doin, 1976
- [UNEP, 2013] UNEP, City-Level Decoupling: Urban resource flows and the governance of infrastructure transitions. A Report of the Working Group on Cities of the International Resource Panel, 2013.
- [UNESCAP, 2012] UNESCAP, Low Carbon Green Growth Roadmap for Asia and the Pacific, Janvier 2012.

[USINE NOUVELLE, 2008] USINE NOUVELLE, Plate-forme de Villers-Saint-Paul. Des réseaux bien dimensionnés. 27 novembre 2008.

[USINE NOUVELLE, 2011] USINE NOUVELLE, Les grévistes de Saipol obtiennent une prime de 500 euros, 3 novembre 2011.

[USINE NOUVELLE, 2008] Usine Nouvelle, Kléber Toul ferme ses portes, 18 décembre 2008.

[VALLIER, 2009] VALLIER J., Brève histoire de la pensée économique d'Aristote à nos jours, 2009.

[VALLES, 1999] VALLES J.F., Management environnemental des zones d'activités francophones, 1999

[VAN NIEL, 2014] VAN NIEL J., « L'économie de fonctionnalité : principes, éléments de terminologie et proposition de typologie. », Développement durable et territoires [En ligne], vol. 5, n°1, février 2014.

[WOLMAN, 1965, p180] WOLMAN A., The metabolism of cities, Scientific American 213(3), 1965

[ZBOREL, 2012] ZBOREL T., HOLLAND B., THOMAS G., BAKER L., CALHOUN K., RAMASWAMI A., Translating Research to Policy for Sustainable Cities What Works and What Doesn't ? Journal of Industrial Ecology, Special Issue on Sustainable Urban Systems, December 2012.

Index des figures

Figure 1: Evolution du système industriel, source [ALLENBY, 1992].....	19
Figure 2: Les synergies type de l'écologie industrielle, source : [ADOUE, 2004].....	22
Figure 3: Vue d'ensemble des typologies existantes ou déductibles de la littérature, source [LEMOENNER, 2008].....	24
Figure 4: La symbiose de Kalundborg, source : [CHRISTENSEN, 2006].....	33
Figure 5: Les étapes d'une démarche d'écologie industrielle et la méthodologie proposée par COMETHE, source : www.comethe.org.....	39
Figure 6: Relations inter-acteurs à Villers Saint Paul, source : [ARKEMA, 2012].....	44
Figure 7: Les participants à la démarche d'écologie industrielle de Vitré Communauté (points rouges), source : auteur.....	47
Figure 8: Participants (points rouge) à la démarche d'écologie industrielle de Meurthe et Moselle (emprise violette), source: auteur.....	48
Figure 9: DEI Meurthe et Moselle : une recherche de densité (points rouge pour les participants), source: auteur.....	49
Figure 10: Zones d'intervention picardes (bleu clair : la région, bleu foncé : les zones cibles), source: auteur.....	51
Figure 11: Démarche d'écologie industrielle et le territoire acteur du projet, source: auteur.....	53
Figure 12: Articulation fonctionnelle des territoires, source: auteur.....	54
Figure 13: L'écosystème urbs, source : [DUVIGNEAUD, 1974].....	63
Figure 14: Modélisation d'une activité, source [JSA 2010].....	64
Figure 15: Métabolisme urbain, métabolisme lacustre, source [ODUM, 1975, p. 39]..	65
Figure 16: Métabolisme du plomb au Danemark, source : Journal of Industrial Ecology	66
Figure 17: Circulation de l'azote alimentaire à Paris, 1869, Source : [BARLES, 2007, p55].....	67
Figure 18: Métabolisme du jus d'orange brésilien, source : [KRANENDONK et BRINGEZU , 1993].....	68
Figure 19: PRESTEO, synergie de mutualisation air comprimé, source: auteur.....	73
Figure 20:Manifold/PRESTEO: Rendu cartographique des synergies, source : voir texte	74
Figure 21: Rendu cartographique de SYMBIOGIS, source [MASSARD, 2011].....	75
Figure 22: ECOTECH SUDOE, interface de définition du besoin, source: auteur.....	75
Figure 23: Interfaces du logiciel Amstram, source : [BILLEN, 2008].....	76
Figure 24: BD TOPO : Bâtiments et zones industrielles au Nord de Paris, source IGN.	81
Figure 25: Couverture de l'inventaire BASIAS en 2014, source: BRGM.....	85
Figure 26: Distribution des sites par début d'activité, Source : BRGM/BASIAS.....	86
Figure 27: Production distribution d'électricité, gaz, vapeur et air conditionné par département (IDF), Natalité cumulée par département (D_ numéro du département), source BRGM/BASIAS.....	88
Figure 28: Établissements ICPE par région, source: voir texte.....	93
Figure 29: Rubriques ICPE par région, source: voir texte.....	95
Figure 30: Évolution des observations d'accidents technologiques, source : voir texte	101
Figure 31: Répartitions des accidents technologiques par secteurs d'activités, source :	

voir texte.....	102
Figure 32: Accidents technologiques par impacts, source : voir texte.....	103
Figure 33: Les accidents technologiques par département (depuis création), source: voir texte.....	104
Figure 34: PEI Rhône Alpes :les départements (non classés), source: auteur.....	113
Figure 35: PEI Rhône Alpes :les communes, source: auteur.....	114
Figure 36: PEI Rhône Alpes :les entreprises, source: auteur.....	115
Figure 37: PEI Rhône Alpes :les installations, source: auteur.....	116
Figure 38: Code NAF du secteur "domestique" Source :[IAU IdF, 2005, p39].....	126
Figure 39: Paris et L'Ile-Saint-Denis (en rouge), source: Open Street Map.....	127
Figure 40: Le Moulin de la Cage, Île-Saint-Denis, en 1847 source: BNF.....	129
Figure 41: Le brûlage de déchets à ciel ouvert en 2013 sur l'Ile-Saint-Denis, source: auteur.....	135
Figure 42: Vitrine réfrigérée à éclairage frontal, source: auteur.....	148
Figure 43: Composition des importations de marchandises (hors chemin de fer, combustibles compris), Paris et petite couronne, 2003 (t/hab) source : [BARLES 2007, p64].....	165
Figure 44: Bilan des matériaux de construction Île-de-France, 2003, millions de t, (t/hab), source : [BARLES, 2014].....	166
Figure 45: Bilan des matériaux de construction Midi-Pyrénées, 2006, millions de t, (t/hab), source [BARLES, 2014].....	166
Figure 46: Consommation matière tonnes par habitant, Idf, 2003, source[BARLES, 2009, p908].....	167
Figure 47: Schéma de principe et principaux indicateurs de l'AFM territoriale, source: Alterre Bourgogne.....	169
Figure 48: Autorisations d'extractions et production de granulat, France, source: voir le texte.....	179
Figure 49: Consommation de produits pétroliers, Île-de-France, 2002-2011, t, source: voir le texte.....	195
Figure 50: Répartition de la production électrique par cogénération, Île-de-France, 2010 source : [DRIEE 2012, p24].....	205
Figure 51: Production électrique 2012, France, TWh, source :[MINISTERE Écologie, 2013, p1].....	206
Figure 52: Distinction entre DMA et DAE, source [ORDIF 2003a, p14].....	209
Figure 53: Bassin versant SYCTOM, 2010 source :[SYCTOM 2010, p46].....	215
Figure 54: Ventilation des modes de traitement des DAE non dangereux non inertes, Île- de-France, 2010, source : [ORDIF, 2013a, p15].....	218
Figure 55: Flux de déchets inertes produits en PPC, 2003, t, Source: TRIVALOR.....	223
Figure 56: Bilan des flux de matière 2010, Île-de-France, source: IAU IdF.....	237
Figure 57: Evolution du taux d'artificialisation des sols, Île-de-France, %, sources: enquêtes Teruti et Teruti-Lucas.....	239
Figure 58: Balance import/export, Île-de-France, 2010, t, source : voir texte.....	241
Figure 59: Balance (import+extraction)/export, Île-de-France, 2010, t, source : voir texte.....	241
Figure 60: Exemple d'organisation d'une plate-forme de connaissance en économie circulaire [DURET 2014].....	257

Figure 61: Relations de filiation ISIS, source: auteur.....	258
Figure 62: tâches effectuées par le prototype d’outil de visualisation des synergies source: COMETHE, Module 3, fiche action 19, p2.....	261
Figure 63: géolocalisation de gisements pertinents et de périmètres de collecte pour l'alimentation d'une chaudière bois locale, source: COMETHE, AUXILIA.....	262
Figure 64: Act'if, outil de la CCI de Montauban, source : CCI 82.....	263
Figure 65: Filiation des outils branche anglaise, source: auteur.....	266
Figure 66: Cartographie des entreprises utilisant de l'eau, source: auteur.....	286
Figure 67: Suivi des services et Quick wins, source: auteur.....	289
Figure 68: Définition des emprises des bâtiments, source: auteur.....	292
Figure 69: Zone d'accueil possible d'une réserve incendie, source: auteur.....	292
Figure 70: Positionnement d'une réserve incendie mutualisée, source: auteur.....	293
Figure 71: Approche par la proximité, source: auteur.....	304
Figure 72: Description de flux dans PRESTEO, source: auteur.....	306
Figure 73: Architecture de référence du Système d'Information Décisionnel [GOUARNE 1998, p77].....	308
Figure 74: Architecture et modèles de données [GOUARNE 1998, p79].....	309

Index des tableaux

Tableau 1: Freins et limitations à la réalisation de synergies [KABONGO, 2006].....	23
Tableau 2: Trois conceptions de l'écologie industrielle basées sur trois perceptions du territoire [CERCEAU et al, 2014].....	26
Tableau 3: Réduction de la consommation des ressources (données 1999).....	34
Tableau 4: Réduction des émissions atmosphériques (données 1999).....	34
Tableau 5: Valorisation des déchets (données 1999).....	34
Tableau 6 : Métabolisme d'une ville américaine fictive d'un million d'habitants source : [WOLMAN, 1965, p180].....	66
Tableau 7: Nomenclature Corine Land Cover.....	80
Tableau 8: Classement des régions par nbre d'établissements ICPE.....	94
Tableau 9: Classement des régions par nbre de rubriques ICPE.....	96
Tableau 10: Régions par densité des établissements.....	98
Tableau 11: Classement des rubriques par région.....	99
Tableau 12: Classement national des localités par accidentologie.....	109
Tableau 13: Classement accidentologie de la Somme depuis 2000.....	110
Tableau 14: Classement accidentologie de l'Oise depuis 2000.....	110
Tableau 15: Intérêts et faiblesses des sources envisagées.....	113
Tableau 16: Disponibilité des sources de données.....	113
Tableau 17: PEI des démarches françaises.....	120
Tableau 18: Entreprises picardes utilisatrices de lait source : ICPE.....	123
Tableau 19: Abattoirs picards source : ICPE.....	124
Tableau 20: Flux sortant de biomasse, kg/an.....	142
Tableau 21: Flux sortant de carton, kg/an.....	144
Tableau 22: Flux sortant de pain, kg/an.....	145
Tableau 23: Consommations énergétiques.....	147
Tableau 24: Flux sortant d'huile alimentaire usagée, l/an.....	153
Tableau 25: Équipements d'encaissement.....	155
Tableau 26: Estimation des coûts matériels de la solution d'encaissement, en € HT....	156
Tableau 27: Population, Île-de-France, 2003-2010 (en milliers d'habitants au 1er janvier), Source: INSEE.....	172
Tableau 28: PIB, Île-de-France, 2003-2010 (en Millions d'Euros), Source: INSEE.....	172
Tableau 29: PIB/hab, Île-de-France, 2003-2010 (en Milliers d'Euros), Source: INSEE.....	173
Tableau 30: Production agricole détaillée, Île-de-France, 2010, en kt, Source: Agreste.....	174
Tableau 31: Production agricole, Île-de-France, 2003/2010, en kt.....	175
Tableau 32: Production forestière détaillée, Île-de-France, 2010 D'après: voir dans le texte.....	176
Tableau 33: Production forestière 2003-2010, Île-de-France, en kt D'après : voir dans le texte.....	177
Tableau 34: Prélèvements détaillés de la chasse en 2010, Île-de-France, source: voir texte.....	178
Tableau 35: Prélèvement de la chasse 2003-2010, Île-de-France, en t, d'après : voir dans le texte.....	178

Tableau 36: Extraction de granulats naturels 2003-2010, Île-de-France, source: UNICEM	179
Tableau 37: Classification des produits dans la base de données SITRAM, source: SOeS	182
Tableau 38: Trafic de marchandises 2010, dept 75, 91, 92, 93, 94 (kt) hors SNCF, hors douanes, hors fret aérien.	183
Tableau 39: Trafic de marchandises 2010, dept 77, 78, 95, PPC & IDF (kt), hors SNCF, hors Douanes, hors fret aérien.	184
Tableau 40: Trafic de marchandises 2003-2010, Île-de-France (kt), hors SNCF, hors Douanes, hors fret aérien, pour 2010.	184
Tableau 41: Évolution du trafic de fret ferroviaire, Île-de-France, 1995-2005, en kt.	185
Tableau 42: Evolution du trafic Route et VNF, Paris, 1975-2005.	186
Tableau 43: Evolution du fret ferroviaire national, en t et t.km, sources: Sitram, CGDD	187
Tableau 44: Trafic de marchandises sncf, dept 75, 77, 78, 91, 92, extrapolations 2010, en kt, source: voir texte.	189
Tableau 45: Trafic de marchandises sncf, dept 93, 94, 95, PPC et IdF, extrapolations 2010, en kt, source: voir texte.	190
Tableau 46: Ratios pour les Bouches-du-Rhône, flux entrant, par chapitre, par mer, source: voir texte.	191
Tableau 47: Ratios pour les Bouches-du-Rhône, flux sortant, par chapitre, par mer, source: voir texte.	192
Tableau 48: Ratios pour les Bouches-du-Rhône, flux entrant, par chapitre, par air, source: voir texte.	193
Tableau 49: Trafic de marchandises hors énergie, IdF, 2010, en kt, source: voir texte.	194
Tableau 50: Teneur en carbone des hydrocarbures, Source: voir texte.	195
Tableau 51: Consommation d'hydrocarbures et éléments associés, Île-de-France, 2010, t, source: voir le texte.	196
Tableau 52: Bilan affecté à l'aéroport Charles de Gaulle, kt, source: voir texte.	199
Tableau 53: Bilan affecté à l'aéroport d'Orly, kt, source: voir texte.	199
Tableau 54: Bilan affecté aux aéroports, Île-de-France, source: voir texte.	200
Tableau 55: Bilan combustibles pétroliers carburateurs inclus, Île-de-France, 2010, t, source: voir texte.	201
Tableau 56: Équivalences utilisées pour la gaz naturel, source: [Barles, 2007, p29]...	202
Tableau 57: Bilan Gaz naturel, Île-de-France, 2011, kt, source: voir texte.	203
Tableau 58: Bilan des combustibles solides utilisés, Île-de-France, 2010, source: voir texte.	205
Tableau 59: Production 2010 des centrales thermiques, Île-de-France, GWh, 2010 source technique : EDF.	206
Tableau 60: Matières mobilisées pour l'équivalent 1 GWh, source: voir texte.	209
Tableau 61: Électricité importée et matérialité associée, Île-de-France, 2010, source: voir texte.	209
Tableau 62: Production de déchets ménagers et assimilés (DMA), Île-de-France, kt, 2010, source: voir texte.	214
Tableau 63: Traitement des DMA, Île-de-France, 2010, kt, source: voir le texte.	215
Tableau 64: Destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, kt,	

2010, source : voir texte.....	216
Tableau 65: DIB hors collecte municipale, Île-de-France, 2003-2010, kt, source: voir texte.....	219
Tableau 66: Destinée effective des DAE hors DMA et hors déchets de BTP, Île-de- France, 2003-2010, kt, source: voir texte.....	221
Tableau 67: Estimation de la production régionale de déchets du BTP (en tonnes par an – année 2000) source : [DREIF, 2004, p94].....	222
Tableau 68: Destination des déchets de BTP, Île-de-France, %, 2010, source: voir texte	223
Tableau 69: Production et destinations des déchets inertes de BTP, Île-de-France, 2003- 2010, kt, source: voir texte.....	224
Tableau 70: Destination géographique des déchets inertes des Hauts de Seine, % source: voir texte.....	226
Tableau 71: Destination géographique des déchets inertes de Paris, % source: voir texte	226
Tableau 72: Déjections animales, Île-de-France, 2010, t, voir texte.....	227
Tableau 73: Paille abandonnée dans les champs, Île-de-France, k t, 2010, source: voir texte.....	228
Tableau 74: Bilan des DIS, Île-de-France, t, 2003-2010, source: voir texte.....	229
Tableau 75: Boues de STEP, Île-de-France, 2010, t de matière sèche, source: voir texte	230
Tableau 76: Bilan de la respiration humaine, Île-de-France, 2010, t, source: voir texte	231
Tableau 77: Bilan de la respiration animale, Île-de-France, 2010, t, source: voir texte	232
Tableau 78: Bilan de matières, 75, 92, 93, 94 et 77, 2010, kt, source: voir texte.....	234
Tableau 79: Bilan de matières, 78, 91, 95, PPC et IdF, 2010, et IdF 2003, kt, source: voir texte.....	235
Tableau 80: Bilan de matières, 75, PPC et IdF, 2010, t/hab, source: voir texte.....	237
Tableau 81: Rapport artificialisation et NAS, Île-de-France, 2010, source: voir texte.	241
Tableau 82: Familles utilisées dans PRESTEO.....	271
Tableau 83: Démarche de ROANNE, les familles et flux pour mutualisation entrante	273
Tableau 84: Démarche de ROANNE, les familles et composants pour mutualisation entrante.....	275
Tableau 85: Démarche de ROANNE, les familles et flux pour mutualisation sortante	277
Tableau 86: Démarche de ROANNE, les familles et composants pour mutualisation sortante.....	278
Tableau 87: Démarche de ROANNE, les familles et flux pour substitution.....	279
Tableau 88: Démarche de ROANNE, les familles et composants pour substitution.....	280
Tableau 89: Résultats de la famille équipements de protection individuels (EPI).....	284

Annexes

Annexe 1: liste des démarches françaises d'écologie industrielle en France (d'après [CATEI, 2014])

Lieu	Porteur du projet	Début	Échelle d'action	Partenaires
<i>BOUCLE Quand vos déchets deviennent ressources</i>	Clermont-Ferrand	2007	Massif Central	MACEO
<i>BOUCLE Quand vos déchets deviennent ressources</i>	- Vichy - Gannat - Saint-Pourçain-sur-Sioule	2009	Sud du département de l'Allier	- CCI Moulin-Vichy - Appui technique de MACEO
<i>BOUCLE - Combronde Quand vos déchets deviennent ressources</i>	Combronde	2010	Parc d'activité de l'Aize	- Syndicat Mixte du Parc de l'Aize (SYMPA) - Appui technique de MACEO
<i>BOUCLE - Allier Quand vos déchets deviennent ressources</i>	Thiers	2010	Bassin économique de Thiers	- Ville de Thiers - Parc du Livradois Forez - CCI Thiers - Appui technique de MACEO

<i>BOUCLE Quand vos déchets deviennent ressources</i>	Lozère	2010	Département de la Lozère	- Conseil Général de Lozère - Appui technique de MACEO
<i>BOUCLE Quand vos déchets deviennent ressources</i>	Guéret - Creuse	2010	3 échelles d'action : - Parc Industriel de l'Agglomération de Guéret (PIAG) - Communauté de Guéret Saint-Vaury - Département de la Creuse	- Communauté de Communes de Guéret Saint-Vaury - CCI de la Creuse - CMA de la Creuse - Appui technique de MACEO
Démarche d'écologie industrielle sur la ZAC Jean Mermoz à la Courneuve	Zone industrielle Jean Mermoz (La Courneuve - Plaine Commune)	2011	Zone industrielle Jean Mermoz (La Courneuve)	Communauté de Plaine Commune
Écologie industrielle sur le territoire de la Communauté Urbaine de Bordeaux	Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB)	2009	- Ecoparc de Blanquefort - Pôle Chimie d'Ambès - Site portuaire de Bassens - Aéroparc (Mérignac, Le Haillan et St Médard en Jalles) - Centres hospitaliers	Les fédérations professionnelles (Aquitaine chimie durable, UMPB1, UIMM,...), les clubs d'entreprises, le Grand Port Maritime de Bordeaux, les acteurs institutionnels (ADEME, DIRECCTE (Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi), le Conseil Régional d'Aquitaine et les communes ayant des sites économiques d'intérêt métropolitain), les agences économiques et les chambres consulaires (Bordeaux Gironde Investissement, Bordeaux Technowest, CCI, CMA) et des experts (APESA2, ALEC3, ...)

Écologie industrielle en Roannais	Roanne Territoire	2010	Arrondissement de Roanne dans la Loire	- Roanne Territoire (association regroupant Grand Roanne Agglomération, la CCI du Roannais, l'Agence du Développement Économique de la Loire et le Pays Roannais) - Appui technique de MACEO
Écologie industrielle en Plaine du Var	Plaine du Var	2010	Territoire de la Plaine du Var et plus particulièrement la ZI de Carros le Broc	- EPA Plaine du Var - Éco-Vallée Plaine du Var - Participation du CAIPDV (club d'entreprises de la Plaine du Var)
Démarche d'écologie industrielle dans l'Estuaire de la Seine	Estuaire de la Seine	2010 (mais premières initiatives sur le territoire dès 2006)	- 5 Pays composant l'Estuaire de la Seine Focus sur trois zones spécifiques (Zone industrialo-portuaire du Havre, ZI de Port-Jérôme, ZI de Lisieux)	Association Écologie industrielle Estuaire
Écologie industrielle sur le territoire de Vitré Communauté	Vitré Communauté, l'association EVEIL (Entreprendre à Vitré pour l'Écologie Industrielle Locale)	2010	Communauté d'Agglomération de Vitré	Les entreprises du territoire, Vitré Communauté, l'ADEME, ECO ORIGIN, SMICTOM, et l'École des Métiers de l'Environnement

Écologie industrielle dans l'Aube	Troyes et alentours	2003	Département de l'Aube	Club d'écologie industrielle de l'Aube (Association)
Écologie industrielle dunkerquois	Grande-Synthe	2001	Territoire dunkerquois	Association ECOPAL
Écologie industrielle sur le Port Autonome de Paris	Région parisienne	2009-2010	Zones industrialo-portuaires de Bonneuil et Gennevilliers	Port Autonome de Paris
Ecologie Territoriale sur le territoire lillois	Ville de Lille	2006	Ville de Lille + Lomme + Hellemmes	Ville de Lille Appui de la Direction de la Recherche de GDF
Ecologie Territoriale sur le Bassin Clusien	Cluses	2011	Communauté de Communes de Cluses (Cluses + 10 communes)	- SAUR - Communauté de Communes de Cluses

Etude d'intelligence territoriale sur la Vallée de la Chimie	Vallée de la Chimie, Sud de Lyon	2006	Sud de Lyon à Péage de Roussillon	Co-financement par la DRIRE et la Région Rhône-Alpes Acteurs mandatés: INSA de Lyon et son consortium (EIC, Systèmes Durables, UTT, ICAST)
Grand Projet Rhône Median	Région Rhône Alpes	2008	Rovaltain, Design dans la Cité, BioVallée, Projet d'agglomération Franco-Valdo-Genevoise, Nord Isère, Grotte Chauvet, Moyenne Vallée du Rhône (Nom provisoire en cours d'élaboration) ZIP de Salaise Sablons	Région Rhône Alpes et partenaires associés (collectivités locales concernées + chambres consulaires + CNR)
Bio Vallée	Die et alentour (Drôme)	2009	Communautés de Communes du Val de Drôme, du Diois, du Pays de Saillans et du Crestois	Association pour la gestion et la promotion de la Biovallée
Ecologie industrielle en Picardie	Région Picardie	2011	Régionale	Région Picardie

Ecologie industrielle en Poitou-Charentes	Région Poitou-Charentes	2009	Région Poitou-Charentes	Le Pôle des Éco-industries
Ecologie territoriale (Analyse de flux de matière - AFM) en Bourgogne	Région Bourgogne et ses quatre départements	2010	La région Bourgogne et ses quatre départements : Côte d'Or, Nièvre, Saône-et-Loire, Yonne	Alterre Bourgogne Partenaires financiers : Conseil régional de Bourgogne, Direction régionale de l'ADEME, DREAL Autre partenaire : Chambre d'agriculture
Ecologie industrielle dans le Valenciennois	Valenciennes	2007	Valenciennois	Pôle Syneo
Démarche d'écologie industrielle du Pays d'Aubagne et de l'Étoile	Aubagne	2013	3 zones d'activités	Communauté d'agglomération du pays d'aubagne et de l'étoile
Synergies autour de l'étang de Thau	Ecosite du Pays de Thau	NC	Etang de Thau (Sète)	Peu de visibilité sur le niveau d'animation (secteur public ?) et les moyens de financement par les collectivités locales (Thau Agglo? La Communauté de Communes Nord du Bassin de Thau?)

Écologie industrielle et territoriale en Tarn-et-Garonne	CCI 82	2008	Département du 82 Première phase centrée autour de Montauban	CCI Montauban
Métabolisme de l'azote, du phosphore et des matières organiques dans le Pays Centre Ouest Bretagne	Pays Centre Ouest Bretagne	2007	Pays Centre Ouest	Pays Centre Ouest Yprema
Projet Bordes Blanche	Communauté d'Agglomération du Muretain	2010	Zone d'activité	Communauté d'Agglomération du Muretain
Écologie industrielle dans le toulousain	Nancy	2012	Agglomération élargie	CAPEM Nancy
Démarche d'écologie industrielle du Grand Port Maritime de Marseille-Fos	Marseille-Fos	2004	ZIP de Fos sur Mer	Grand Port Maritime de Marseille-Fos

Complexe Agro-industriel des Sohettes	Bazancourt - Pomacle	1989	Zone d'activité "Les Sohettes"	ARD (Agro-industrie Recherches et Développements) Le pôle de compétitivité Industries et Agro-Ressources (IAR) est au coeur de la dynamique Recherche et Développement du complexe de raffinerie végétale des Sohettes
Site d'écologie industrielle d'Yprema en Bretagne	Pluguffan	NC	Site industriel d'Yprema	Yprema
L'écologie industrielle appliquée au Pays de Tarare	Tarare (69)	NC	Pays de Tarare	Communauté de Communes du Pays de Tarare Partenaires : - La Ville de Tarare, - La Chambre d'Agriculture du Rhône, - La Chambre de Commerce et d'Industrie de Lyon, - Le Beaujolais Vert (4 Communautés de Communes)
L'écologie industrielle au service des entreprises et territoires	Communauté de communes de Tarn & Dadou (81)	NC	Communauté de Commune Tarn et Dadou	Communauté de Commune Tarn et Dadou Expérimentation en partenariat avec l'Agence régionale de l'Environnement de Midi Pyrénées (ARPE)
Ecopole Bois	La Roche en Bresnil	NC	Pôle d'Excellence Rural (PER)	Syndicat mixte du pays de l'Auxois et du Morvan Côte d'Orien

Écologie territoriale sur la Plaine de Versailles	Versailles	2011	Le territoire du GAL constitué de 25 communes du département des Yvelines, avec une population de 138 814 habitants	Association patrimoniale de la Plaine d Versailles et du Plateau des Alluets Groupement d'Action local Programme européen LEADER
Florange e2i , projet "écologie industrielle et insertion"	Florange	2014	Val de Fensch	Valoprest Communauté d'agglomération du Val de Fensch Chambre de Commerce et d'Industrie de Moselle Pôle emploi Hayange Association d'insertion ELIPS Association Familiale pour l'Aide aux Enfants Handicapés (APEI)
Etude d'écologie industrielle de la CARENE	Nantes Saint-Nazaire	2013	Terminal portuaire agroalimentaire et Est de l'agglomération de Saint-Nazaire	CARENE et Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire
Etude d'écologie industrielle d'HAROPA	Vallée de la Seine	2013	En cours de définition (à minima la ZIP de Rouen)	Grand Port Maritime de Rouen (HAROPA)
Strasbourg - Sénercal	Sénerval (filiale de Séché environnement)	2012	Zone d'activité	Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS)

Port de Strasbourg	IDEE ALSACE	2013	zone portuaire strasbourgeoise	le Port autonome de Strasbourg (PAS) et la Communauté urbaine de Strasbourg (CUS), IDEE ALSACE, Pôle de compétitivité ENERGIVIE
Mulhouse	Mission Inter-services pour le Respect de l'Environnement (MIRE) de la ville de Mulhouse	1994	Pays de la Région Mulhousienne	
Lacq	Société Béarnaise de Gestion Industrielle (SOBEGI)	2003	Bassin industriel de Lacq	
Montluçon	Comité d'Expansion Economique de l'Allier (CEEA) et la CCI de Montluçon	2013	Communauté d'agglomération de Montluçon	
PNR ARMORIQUE	Parc naturel régional d'Armorique	2012	Parc naturel régional d'Armorique	15 à 20 entreprises locales, 1 université, 2 lycées des métiers, 1 maison familiale et rurale, 2 associations d'insertion, 1 technopôle, 2 chambres de commerce et d'industrie et 4 collectivités territoriales

FONTAINEBLEAU	Association « la réserve de biosphère du pays de Fontainebleau & Gâtinais »,	2006	Département de la Seine-et-Marne	l'école des Mines ParisTech et Naskéo Environnement (bureau d'étude) ainsi que d'autres acteurs (Chambre d'agriculture, Conseil général, Communauté de communes, Pôle de compétitivité cheval, établissements équestres, collecteur, agriculteurs etc.).
Lagny sur Marne	Société Yprema	2009	Zone d'activité	le Sietrem (syndicat intercommunal de traitement des ordures ménagères)
Mantois	Association Fondaterra	2006	Région Ile-de-France	le laboratoire C3ED, le laboratoire CREIDD, l'association Orée, l'association PALME, l'association Auxilia et l'institut Angenius
Portes du Tarn	syndicat mixte pour l'étude de l'aménagement du parc d'activités "Les portes du Tarn"	2009	Parc d'activité	Conseil Général du Tarn et la Communauté de communes Tarn-Agout
Carvin	Carvin Entreprises	2006	Parc d'activités du Château à Carvin	

Angers	Communauté d'agglomération Angers Loire Métropole	2010	Parcs d'activités du secteur Nord Est d'Angers	Conseil Général, Association Orée, ADEME, CCI, Indiggo, Biomasse Normandie
Compiègne	P.I.V.E.R.T. (Picardie Innovations Végétales, Enseignements et Recherches Technologiques)	2012	Région Picardie	UTT (université de Troyes), des centres techniques et de recherche, des universités, comme l'Université de Technologie de Compiègne (UTC), des industriels et acteurs privés, notamment Sofiprotéol et le pôle IAR (Industries et agro-ressources), le Conseil régional de Picardie et l'Agglomération de la région de Compiègne
Pays Mellois	Syndicat Mixte du Pays Mellois	2013	Pays Mellois (5 communautés de communes)	Pôle Eco-Industries Poitou-Charentes, CCI79, CMA79, CA79, ADEME
La Rochelle	Club d'Entreprises de Périgny	2010	ZI PERIGNY LA ROCHELLE	La Région Poitou Charentes, le Pôle des Eco-industries Poitou Charentes, le Conseil Général 17, la communauté d'agglomération de La Rochelle, l'ADEME Poitou Charentes, EDF et le Groupe LEA Nature, ainsi que 40 entreprises de La Rochelle.
EVAIN	Communauté de commune du pays d'Evian	2007	Communauté de commune du pays d'Evian	l'Association de Protection de l'Impluvium des Eaux Minérales d'Evian (APIEME), la société des Eaux Minérales d'Evian et le monde agricole

METROPOLE SAVOIE	Syndicat mixte de Savoie Technolac	2008	Espace Economique Métropole Savoie	CCI de Savoie
MEYZIEU	AIRM (Association des Industriels de la Région de Meyzieu, Pusignan, Jonage)	2010	Zone industrielle de Meyzieux, Pusignan, Jonage	la CCI, le Grand Lyon, l'ADEME et la Région Rhône Alpes
PLAINE DE L'AIN	Syndicat mixte d'aménagement de la Plaine de l'Ain (SMPA)	2004	Zone d'activités	Club d'entreprise

Annexe 2: fiche BASIAS





Basias

Inventaire historique de sites industriels et activités de service

Fiche détaillée : IDF9301305

Pour connaître le cadre réglementaire de l'inventaire historique régional, consultez le préambule départemental.

Vous pouvez télécharger cette fiche au format ASCII.

[Page précédente](#) [Fiche synthétique](#) [Aide pour l'export](#) [Exporter la fiche](#) [Préambule départemental](#)

1 - IDENTIFICATION DU SITE

Indice départemental : IDF9301305
Unité gestionnaire : IDF
Créateur(s) de la fiche : CC
Date de création de la fiche : 19/05/2003
Raison(s) sociale(s) de(s) l'entreprise(s) connue(s) : SAVONNERIE de la BOUCLE ; TENCE fils et Cie ; MATIERES COLORANTES et PRODUITS CHIMIQUES d'AUBERVILLIERS (Sté des) - SAMCA ; SACHS
Etat de connaissance : Inventorié
Autres identifications :

Numéro	Organisme ou BD associée
1375	DREIF
1376	DREIF
1377	DREIF

2 - CONSULTATION A PROPOS DU SITE

3 - LOCALISATION DU SITE

Première adresse : ADRIEN AGNES (27 quai) ; CANAL SAINT-DENIS (8 quai du) ex rue HENRI MURGER PROLONGEE
Dernière adresse : 27 Quai ADRIEN AGNES ; 8 quai du CANAL SAINT-DENIS, ex rue HENRI MURGER PROLONGEE
Code INSEE : 93001
Commune principale : AUBERVILLIERS (93001)
Zone Lambert initiale : Lambert I

Projection :	L_Zone (centroïde)	L2e (centroïde)	L93 (centroïde)	L2e (adresse)
X (m) :	602287	602288	653662	602229
Y (m) :				

Précision X,Y (m) :	135417	2435656	6868981	2435573
				rue

Altitude :	38
Précision Z (m) :	

Carte géologique :
Carte(s) et plan(s) consulté(s) :

PARIS Numéro : 0183 Huitième : 3

Carte consultée	Echelle	Année d'édition	Présence du site	Référence du dossier
AD93-1322W195	1/200	1967	Oui	
AD93-1322W195	installations	1925	Oui	
AD93-1328W44	1/1000	1924	Oui	
AD93-1328W44	1/200	1924	Oui	
AD93-1328W44	1/500	1938	Oui	
AD93-1328W44 (1938)	1/200	1938	Oui	
AD93-1328W44 (1977)	1/200	1977	Oui	

Autre(s) commune(s) concernée(s) :

Code INSEE	Nom	Arrondissement
93001	AUBERVILLIERS	

Commentaire(s) :
lieu-dit "l'Echange", au bord du Canal, au niveau de l'écluse n°4, au bord des voies ferrées (ligne Paris-Soissons)

4 - PROPRIÉTÉ DU SITE

Cadastre	Date	Echelle	Section	Parcelle	Précision
	31/12/1995		OF	67	

Nombre de propriétaires actuels : ?

5 - ACTIVITÉ(S)

Etat d'occupation du site : Activité terminée

Date première activité : 01/01/1909

Date dernière activité : 31/12/1978

Origine de la date : DCD=Date connue d'après le dossier

Historique de(s) l'(s)activité(s) sur le site

N° ordre	Date début	Date fin	Code activité	Libellé de l'activité	Importance de l'activité	Groupe selon SEI	Origine de la date début	Référence du dossier	Autres informations
1	01/01/1909	31/12/1978	C10.1	Transformation et conservation de la viande et préparation de produits à base de viande, de la charcuterie et des os (dégraissage,		3ème groupe	DCD=Date connue d'après le	AD93-1322W195 ; AD93-	

					dépôt, équarissage)				dossier	1328W44	
2	01/01/1909	31/12/1978	C10.4		Fabrication d'huiles et graisses végétales et animales (huile végétale et animale, y compris fonderie de suif), hors huile minérale (Voir C19.20Z)		3ème groupe	DCD=Date connue d'après le dossier	AD93-1322W195 ; AD93-1328W44		
3	01/01/1909	31/12/1913	C20.1		Fabrication de produits chimiques de base, de produits azotés et d'engrais, de matières plastiques de base et de caoutchouc synthétique		1er groupe	DCD=Date connue d'après le dossier	AD93-1322W195 ; AD93-1328W44		
4	01/01/1909	31/12/1913	C20.15Z		Fabrication de produits azotés et d'engrais		1er groupe	DCD=Date connue d'après le dossier	AD93-1322W195 ; AD93-1328W44		
5	01/01/1909	31/12/1978	C20.4		Fabrication de savons, de produits d'entretien et de parfums		1er groupe	DCD=Date connue d'après le dossier	AD93-1322W195 ; AD93-1328W44		
6	01/01/1932	31/12/1978	V89.03Z		Dépôt de liquides inflammables (D. L. I.)		1er groupe	DCD=Date connue d'après le dossier	AD93-1328W44		
7	01/01/1949	31/12/1978	D35.30Z		Production et distribution de vapeur (chaleur) et d'air conditionné		3ème groupe	DCD=Date connue d'après le dossier	AD93-1328W44		
8	01/01/1957	31/12/1978	C23.9		Fabrication et préparation de produits abrasifs et de produits minéraux non métalliques n.c.a.		3ème groupe	DCD=Date connue d'après le dossier	AD93-1328W44		

Produit(s) utilisé(s) ou généré(s) par l'activité du site

Numéro activité	Code produit	Libellé du produit	Quantité m3	Quantité tonnes/semaine
1	C10	Déchets organiques (animaux ou végétaux)		
2	C15	Graisses, Cires, Lubrifiants pâteux		
3	D16	Phosphates et Phosphore		
4	C13	Engrais		

4	D01	Acides (minéraux ou organiques)	
4	D23	Sulfates et Sulfures	
5	C21	Pigments, Peintures, Encres et Colorants	
5	C26	Savons, Détergents et Emulsions (Tensio-actifs)	
5	D02	Asphalte, Bitume, Goudrons, Brai	
5	D22	Solvants organiques : éthers, organo-chlorés, térébenthine	

Exploitant(s)		
Date de début d'exploitation	Date de fin d'exploitation	Nom de l'exploitant ou raison sociale
01/01/1909	31/12/1924	SACHS (M.)
01/01/1909	31/12/1913	TENCE fils et Cie
01/01/1924	31/12/1927	MATIERES COLORANTES et PROD. CHIMIQUES d'AUBERVIL.
01/01/1926	31/12/1978	SAVONNERIE de la BOUCLE

6 - UTILISATION ET PROJET(S)

7 - ENVIRONNEMENT

Milieu implantation : Industriel
Substratum : Argile/Mame/Molasse terrigène
Code du système aquifère : 013
Nom du système : PARISIS-VALOIS-TARDENOIS-SOISSONNAIS

9 - ETUDES ET ACTIONS

Sélection des sites	Test de sélection des sites	Date de première étude connue	Nature de la décision
---------------------	-----------------------------	-------------------------------	-----------------------

10 - DOCUMENTS ASSOCIES

11 - BIBLIOGRAPHIE

Source(s) d'information :
 S1 : AD93-1322W195 ; S2 : AD93-1328W44 ; S3 : AC93070-4268 ; S4 : SOCO TEC ; S5 : AC93001-511 ;
 S6 : CAUE93 - inventaire du patrimoine industriel d'AUBERVILLIERS - Fiche 1 ; S7 : AC93027-W827 ; S8 : AC93006-1W58

12 - Synthèse historique

Synthèse :
 avant 1909 (S2) : Eis TENCE : fabrication d'acide sulfurique
 s.d. (S5) : fabrique de phosphate guano, superphosphate, engrais, produits chimiques
 17/10/1913 (S8) : MM. TENCE fils et Cie, 34 rue de la Justice à Aubervilliers, demandent l'autorisation

d'établir à Aubervilliers, lieu-dit l'Echange, une usine comportant :

- la fabrication de l'acide sulfurique par combustion des pyrites (1 ère classe),
 - la fabrication du sulfate de soude par la décomposition du sel marin par l'acide sulfurique avec condensation complète de l'acide chlorhydrique (2 ème classe),
- Ce projet diffère de celui qui a fait l'objet d'un rejet en date du 2 août 1912

1919 (S2) : M. Gustave et/ou Charles SACHS déclare avoir acheté le terrain aux Ets TENCE pour y installer une fabrique d'acide phosphorique et d'acétate de méthyle avec :

- dépôt d'os secs,
- four à calciner les os
- attaque des os calcinés par l'acide sulfurique, concentration de l'acide phosphorique
- acétate de chaux + acide sulfurique + alcool méthylique = acétate de méthyle

1920 (S2) : M. SACHS déclare la construction sur terrain nu et projet de fabrication de matières colorantes à base d'aniline (dérivés du goudron de houille)

14/09/1920 (S2) : M. SACHS : arrêté préfectoral d'autorisation (2e classe) pour les activités déclarées en 1919 et 1920

4/11/1924 (S7) : la SA des MATIERES COLORANTES et PRODUITS CHIMIQUES d'AUBERVILLIERS (SAMCA), (anciens Ets SACHS) dont les bureaux sont à Aubervilliers, rue Muger Prolongée demande l'autorisation d'installer dans l'établissement qu'elle exploite à ma même adresse au lieu-dit le Bord du Canal près de l'écluse n°5 :

- un atelier de fabrication des acides stéarique et palmitique avec distillation des acides gras (1 ère classe),
 - une savonnerie avec emploi de graisses animales (2 ème classe),
 - un atelier de traitement à chaud des huiles de poisson pour la fabrication de savons (1 ère classe),
 - un atelier de refonte des graisses et suifs non alimentaires (3 ème classe),
 - un atelier d'extraction de la glycérine des eaux de stéarinerie (2 ème classe)
- 1924 (S2) : le plan de masse montre un château d'eau sur le site
- décembre 1924 : en chômage : la fabrication de l'acétate de méthyl, acide phosphorique...

02/04/1925 (S2) : arrêté préfectoral d'autorisation d'annexer une savonnerie avec emploi de graisses animales avec :

- raffinage préalable des corps gras utilisés
- extraction et traitement à chaud des huiles de poissons
- fabrication des acides stéariques et palmitiques avec distillation des acides gras (1ère classe)
- nombreuses oppositions + avis défavorable du Maire

1926 (S2) : SA SAVONNERIE de la BOUCLE (25 rue de l'Arsenal - 13000 Marseille) successeur de la SA des MATIERES COLORANTES et PRODUITS CHIMIQUES d'AUBERVILLIERS (SAMCA)

10/05/1926 (S2) : arrêté préfectoral complémentaire fixant les conditions d'exploitation et de construction

des bâtiments

04/10/1927 (S1) : Sté SAMCA : arrêté préfectoral d'autorisation (il manque l'arrêté décrivant les activités)
 04/10/1927 (S2) : en fait SAVONNERIE de la BOUCLE : arrêté préfectoral complémentaire fixant les conditions d'exploitation

1928 (S2) : les ateliers de fabrication des acides ne sont pas complètement installés

04/03/1929 (S2) : rapport IC : chômage des activités (qui ne sont pas complètement installées)

- fabrication d'acides stéarique et palmitique avec distillation des corps gras
- traitement à chaud des huiles de poissons pour la fabrication des savons
- transformation et extension de l'usine :
- production actuelle : 200 t de savon par mois
- production prévue : 400 t/mois

!! 1932 (S2) : plaintes pour fumées

10/03/1932 (S2) : déclaration d'un DLI d'essence (< 1,5 m3) en fûts

27/12/1932 (S2) : déclaration d'un DLI de 1,1 m3 d'essence en 1 RS en remplacement du dépôt en fûts

29/12/1932 (S2) : note IC : fabrication des acides en activité réduite à cause de la crise économique

09/05/1934 (S2) : première constatation de chômage :

- de la fabrication d'acides stéarique et palmitique
 - du traitement des huiles de poissons pour fabrication du savon
- 1934 (S2) : installation d'un dépôt de résines (3e classe) : 26 t de colophane (= brais)

23/09/1935 (S2) : note IC : continuation du chômage des activités ci-dessus

- suppression totale et définitive du DLI déclaré le 27/12/1932

1937-1940 (S2) : la fabrication des acides avec distillation est arrêtée

1938 (S2) : installation d'un nouvel atelier sans autorisation :

- fabrique des acides stéarique et palmitique sans distillation des acides gras et
- et poursuite de l'exploitation des activités autorisées :
- savonnerie (2e classe)
- extraction de la glycérine

02/03/1942 (S1) : arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation d'atelier de fabrication d'acides stéarique et palmitique sans distillation des acides gras (2e classe)

23/10/1943 (S2) : note IC : activité réduite pour :

- savonnerie avec emploi de graisses animales
 - extraction de la glycérine
- activité (conditions respectées) :
- dépôt de résines
 - fabrication d'acide stéarique

<p>chômage forcé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - refonte des graisses et suifs alimentaires - DLI mixte - DLI 1ère catégorie en RS 	
<p>26/10/1948 (S1) : note Préfecture de Police : Sté SAVONNERIE de la BOUCLE, comporte en plus de ses activités un atelier de broyage de produits minéraux ou organiques (3e classe)</p>	
<p>05/08/1949 (S1) : arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation d'un DLI compris entre 45 m3 et 180 m3 (2e classe)</p>	
<p>05/08/1949 (S2) : arrêté préfectoral d'autorisation (2e classe) d'adoindre un DLI de la 2 ème catégorie de 80 m3 FO en 1 RS semi enterré pour alimenter la chaufferie</p> <ul style="list-style-type: none"> - superficie d'environ 10 000 m² 	
<p>1956 (S2) : projet de suppression de la branche "savon de Marseille"</p> <ul style="list-style-type: none"> - projet d'établir une installation de dégraissage des os frais 	
<p>01/03/1957 (S2) : arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation (1ère classe) d'un dépôt d'os verts (> 300 kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> - broyage, mélange, ensachage de produits minéraux ou organiques (3e classe) 	
<p>17/09/1962 (S2) : arrêté préfectoral de déchéance d'autorisation du dépôt d'os verts</p>	
<p>03/09/1965 (S1) : note Préfecture de Police : la Sté SAVONNERIE de la BOUCLE exerce :</p> <ul style="list-style-type: none"> - broyage, mélange et ensachage de produits minéraux et organiques (3e classe) - DLI 1,1 m3 	
<p>17/01/1978 (S1) : note Préfecture de Police : PV de déchéance des activités atelier de fabrication des acides steariques et palmittiques avec distillation ou sans distillation et DLI qui ne sont plus exploitées</p>	

Annexe 3 : grille de recueil de données

INFORMATIONS GENERALES

Raison sociale		Nombre d'employés	
Année de création		Site Web	
Adresse		Code postal	
Commune		Tél.	
Fax		Email	
N° SIRET		Code NAF	
Surface du site		Chiffre d'affaire	

INTERLOCUTEUR DANS L'ENTREPRISE

Nom		Fonction	
Tél.		Email	

ACTIVITE DE L'ENTREPRISE

Description de l'activité

L'entreprise est-elle concernée par la réglementation ICPE ? **Non concernée** **Déclaration** **Enregistrement** **Autorisation**

Si oui, sous quelle(s) rubrique(s) ?

L'entreprise possède-t-elle une ou plusieurs certifications ? : **Oui** **Non**

Si oui, de quel(s) type(s) ?

ENERGIE

L'objectif de cette partie est de dresser un bilan des flux énergétiques de l'entreprise. Ainsi, des opportunités de mutualisation, d'échange et/ou d'économie d'énergie peuvent être identifiées.

LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

Type d'énergie	Source	Usage	Consommation annuelle	Unité	Coût annuel

AIDE

- **Type d'énergie** : précisez le(s) type(s) d'énergie consommée par l'entreprise (électricité, gaz, pétrole, vapeur, air comprimé,...)
- **Source** : précisez la provenance de l'énergie (réseau, production interne, bouteilles,...)
- **Usage** : précisez l'usage de l'énergie dans le(s) procédé(s)
- **Consommation annuelle** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur
- **Unité** : tep, Mtep, kWh, MWh, tonne, m³, l,...
- **Coût annuel** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur

Pour l'entreprise, quel est l'impact de la consommation totale d'énergie sur le chiffre d'affaire ?

- de 1% Entre 1 et 2% Entre 2 et 5% Entre 5 et 10 % + de 10 %

LES PRODUCTIONS D'ENERGIE

Unité de production d'énergie	Puissance	Produit utilisé	Produit obtenu	Production annuelle	Unité

AIDE

- **Unité de production d'énergie** : précisez la ou les unités de production d'énergie de l'entreprise (chaudière, générateur de vapeur, compresseur,...)
- **Puissance** : précisez la puissance nominale de la ou les unités de production d'énergie de l'entreprise
- **Produit utilisé** : électricité, fioul, gaz, bois,...
- **Produit obtenu** : électricité, chaleur, air comprimé, vapeur,...
- **Production annuelle** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur
- **Unité** : tep, Mtep, kWh, MWh, tonne, m³, l,...

L'entreprise a-t-elle mis en œuvre des démarches visant à maîtriser ses besoins en énergie ?

EAU

L'objectif de cette partie est de dresser un bilan des flux d'eau de l'entreprise afin de révéler des opportunités d'économies et/ou de substitution.

LES FLUX D'EAU ENTRANTS

Type d'eau	Source	Usage	Contraintes	Quantité annuelle	Unité	Coût annuel

AIDE

- **Type d'eau** : précisez le(s) type(s) d'eau entrants (eau potable, eau déminéralisée, eau industrielle,...)
- **Source** : précisez la provenance de l'eau (réseau municipal, réseau industriel, puits, boucle d'eau, unité de déminéralisation,...)
- **Usage** : précisez l'usage du flux d'eau entrant dans le(s) procédé(s) (production de vapeur, composition de solutions, refroidissement, irrigation,...)
- **Contraintes** : précisez si l'usage du flux d'eau entrant est soumis à des contraintes (de pureté, de température,...)
- **Quantité annuelle** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur
- **Unité** : l, m³,...
- **Coût annuel** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur

LES FLUX D'EAU SORTANTS

Type d'eau	Issu de quel usage	Qualité	Quantité annuelle	Unité	Traitement	Coût annuel du traitement

AIDE

- **Type d'eau** : précisez le(s) type(s) d'eau sortants (eau potable, eau déminéralisée, eau industrielle,...)
- **Issu de quel usage** : précisez de quel usage est issu le flux d'eau sortant
- **Qualité** : température, matières en suspension, graisses, métaux, DBO, DCO,...
- **Quantité annuelle** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur
- **Unité** : l, m³,...
- **Traitement** : tout à l'égout, fossé, réutilisation interne, station de prétraitement, décantation, déshuileur, débourbeur,...
- **Coût annuel du traitement** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur

MATIERE

L'objectif de cette partie est de dresser un bilan des flux de matière de l'entreprise afin de révéler des opportunités d'optimisation.

LES FLUX DE MATIERE

ENTRANTS

Nature du flux	Provenance	Acheminement	Usage	Quantité annuelle	Unité

AIDE

- **Nature du flux** : précisez la nature des flux de matière entrants
- **Provenance** : commune, département, région, pays,...
- **Acheminement** : fret routier, fluvial, maritime, ferroviaire, aérien,...
- **Usage** : précisez l'usage du flux de matière entrant dans le(s) procédé(s)
- **Quantité annuelle** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur
- **Unité** : kg, tonne, l, m³,...

LES FLUX DE MATIERE SORTANTS

LES PRODUITS FINIS

Nature du flux	Quantité annuelle	Unité	Clientèle	Destination	Distribution	Acheminement

AIDE

- **Nature du flux** : précisez la nature des flux de matière sortants (produits finis)
- **Quantité annuelle** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur
- **Unité** : kg, tonne, l, m³,...
- **Clientèle** : précisez le(s) type(s) de clientèle visée (particuliers, professionnels, collectivités,...)
- **Destination** : précisez le(s) marché(s) visé(s) (local, départemental, régional, national, international,...)
- **Distribution** : précisez les modalités de distribution (vente directe, vente par correspondance, réseau de distribution,...)
- **Acheminement** : fret routier, fluvial, maritime, ferroviaire, aérien,...

LES MATIERES RESIDUELLES

Nature du flux	Quantité annuelle	Unité	Gestion du flux			
			Gestionnaire	Traitement	Acheminement	Coût / Gain annuel

AIDE

- **Nature du flux** : précisez la nature des flux de matière sortants (coproduits, chutes de production, matériel usagé, déchets,...)
- **Quantité annuelle** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur
- **Unité** : kg, tonne, l, m³,...
- **Gestionnaire** : gestion interne ou gestion externe (précisez le nom du gestionnaire)
- **Traitement** : valorisation, centre de tri, STEP, incinération, enfouissement,...
- **Acheminement** : fret routier, fluvial, maritime, ferroviaire, aérien,...
- **Coût / Gain annuel** : chiffre, approximation ou ordre de grandeur

TRANSPORT

L'objectif de cette partie est de détecter des opportunités de diminution des coûts liés au transport

L'entreprise possède-t-elle une flotte de véhicules ? : Oui Non

Type de véhicules	Quantité	Utilisation	Déplacement	Fréquence d'utilisation

AIDE

- **Type de véhicules** : précisez le(s) type(s) de véhicules à l'entreprise (PTAC < 1.5 t, PTAC de 1.5 à 2.5 t, PTAC de 2.6 à 3.4 t, PTAC 3.5 t, ...)
- **Quantité** : précisez le nombre de véhicules pour chaque type de véhicules
- **Utilisation** : transport de marchandises, transport de personnes, ...
- **Déplacement** : local, départemental, régional, national
- **Fréquence d'utilisation** : nombre d'heures par jour, nombre de jours par semaine,...

L'entreprise externalise-t-elle tout ou partie de ses transports ? Si oui, préciser le(s) produit(s) concerné(s) et le(s) coût(s) annuel(s) correspondant(s) ?

MUTUALISATION

L'entreprise est-elle en partenariat avec d'autres entreprises pour... ? :

Type de mutualisation	OU I	NO N	Entreprise(s) concernée(s)	Détails

AIDE

- **Entreprise(s) concernée(s)** : précisez la ou les entreprises concernée(s) par le partenariat
- **Détails** : précisez l'année du début du partenariat et les modalités de ce dernier

L'entreprise envisage t elle d'autres type de mutualisation ??? :

Type de mutualisation	OUI	NON	Entreprise(s) potentiellement concernée(s)	Détails

Annexe 4 : rendu du projet Ecotech sudoe

Synergie de mutualisation de la réserve : Réserve 1 (250m3)

Cette synergie concerne les bâtiments de :

- GEORGEAULT SARL
- JAUFRAN SAS
- EMA SARL

1. Bilan général

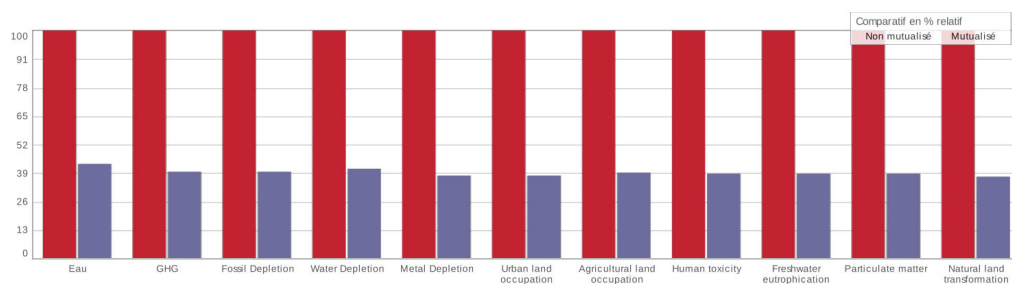
1.1 Evaluation environnementale

Poste	Total (scénario non mutualisé)	Total (scénario mutualisé*)
Volume d'eau à stocker (m3)	610m3	250m3
GHG (kg eq CO2)	2.663e+4	9.964e+3
Fossil depletion (kg oil eq)	9.108e+3	3.428e+3
Water depletion (m3)	1.028e+6	3.994e+5
Metal depletion (kg Fe eq)	4.123e+4	1.481e+4
Urban land occupation (m2a)	1.198e+3	4.280e+2
Agricultural land occupation (m2a)	5.425e+2	2.011e+2
Human toxicity kg 1.4-DB eq	2.596e+3	9.562e+2
Freshwater eutrophication (kg Peq)	1.726e+1	6.312e+0
Particulate matter (kg PM10 eq)	9.132e+1	3.346e+1
natural land transformation (m2)	2.150e+1	7.667e+0

* modifiable en fonction de la réglementation locale

Comparatif en % relatif

	Eau	GHG	Fossil Depletion	Water Depletion	Metal Depletion	Urban land occupation	Agricultural land occupation	Human toxicity	Freshwater eutrophication	Particulate matter	Natural land transformation
Non mutualisé	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mutualisé	40.98	37.42	37.63	38.85	35.91	35.73	37.08	36.83	36.57	36.64	35.66



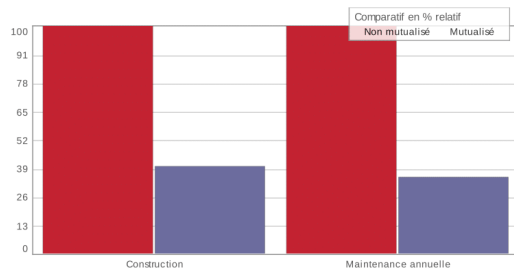
1.2 Evaluation financière

Poste	Total (scénario non mutualisé)	Total (scénario mutualisé*)
Construction €	290000	110000
Maintenance annuelle €	45000	15000

* modifiable en fonction de la réglementation locale

Comparatif en % relatif

	Construction	Maintenance annuelle
Non mutualisé	100	100
Mutualisé	37.93	33.33



2. Résultats par scénario

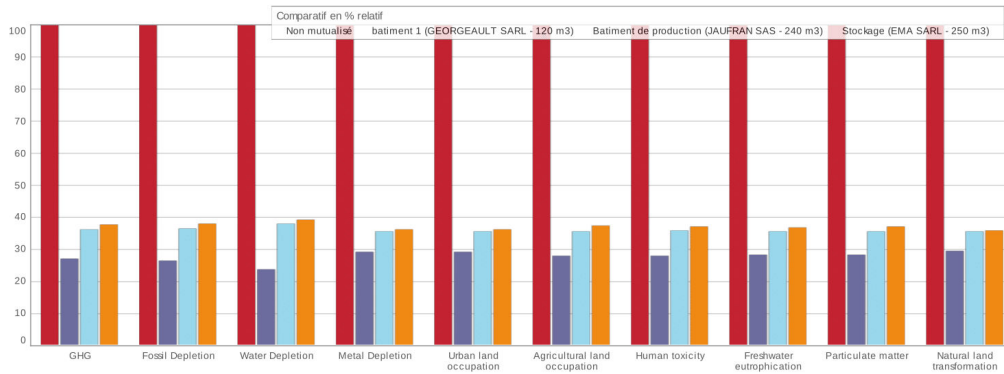
2.1 Scénario sans mutualisation

2.1.1 Evaluation environnementale

Poste	Total (610m3)	batiment 1 (GEORGEAULT SARL - 120 m3)	Batiment de production (JAUFRAN SAS - 240 m3)	Stockage (EMA SARL - 250 m3)
GHG (kg eq CO2)	2.663e+4	7.149e+3	9.514e+3	9.964e+3
Fossil depletion (kg oil eq)	9.108e+3	2.380e+3	3.301e+3	3.428e+3
Water depletion (m3)	1.028e+6	2.407e+5	3.879e+5	3.994e+5
Metal depletion (kg Fe eq)	4.123e+4	1.186e+4	1.457e+4	1.481e+4
Urban land occupation (m2a)	1.198e+3	3.465e+2	4.234e+2	4.280e+2
Agricultural land occupation (m2a)	5.425e+2	1.494e+2	1.920e+2	2.011e+2
Human toxicity kg 1,4-DB eq	2.596e+3	7.204e+2	9.197e+2	9.562e+2
Freshwater eutrophication (kg Peq)	1.726e+1	4.848e+0	6.103e+0	6.312e+0
Particulate matter (kg PM10 eq)	9.132e+1	2.554e+1	3.232e+1	3.346e+1
natural land transformation (m2)	2.150e+1	6.244e+0	7.591e+0	7.667e+0

Comparatif en % relatif

	GHG	Fossil Depletion	Water Depletion	Metal Depletion	Urban land occupation	Agricultural land occupation	Human toxicity	Freshwater eutrophication	Particulate matter	Natural land transformation
Non mutualisé	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
batiment 1 (GEORGEAULT SARL - 120 m3)	26.85	26.13	23.41	28.76	28.92	27.53	27.75	28.08	27.97	29.04
Batiment de production (JAUFRAN SAS - 240 m3)	35.73	36.24	37.74	35.33	35.35	35.39	35.42	35.35	35.39	35.30
Stockage (EMA SARL - 250 m3)	37.42	37.63	38.85	35.91	35.73	37.08	36.83	36.57	36.64	35.66

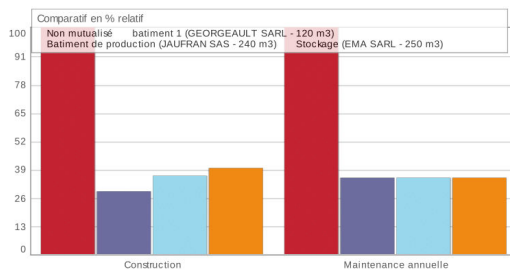


2.1.2 Evaluation financière

Poste	Total (610m3)	batiment 1 (GEORGEAULT SARL 120 m3)	Batiment de production (JAUFRAN SAS 240 m3)	Stockage (EMA SARL 250 m3)
Construction €	290000	80000	100000	110000
Maintenance annuelle €	45000	15000	15000	15000

Comparatif en % relatif

	Construction	Maintenance annuelle
Non mutualisé	100	100
batiment 1 (GEORGEAULT SARL - 120 m3)	27.59	33.33
Batiment de production (JAUFRAN SAS - 240 m3)	34.48	33.33
Stockage (EMA SARL - 250 m3)	37.93	33.33



2.2 Scénario avec mutualisation

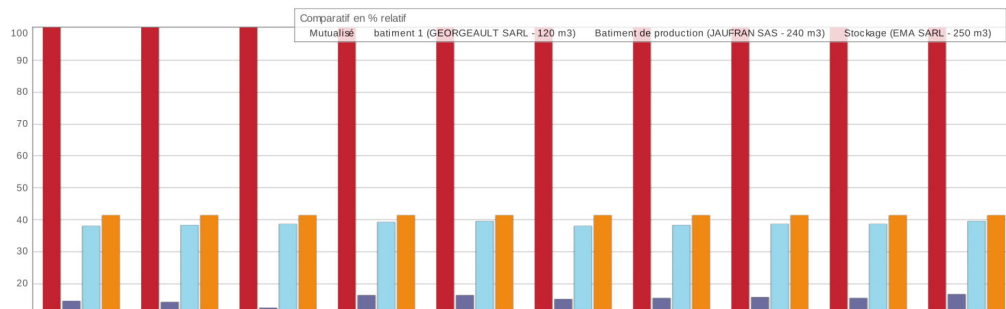
Les règles d'allocation ont été réalisées au prorata des besoins en eau.

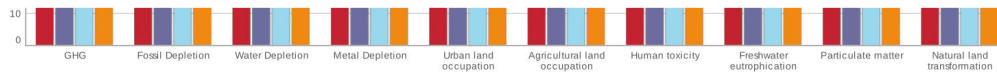
2.2.1 Evaluation environnementale

Poste	Total (250m3)	batiment 1 (GEORGEAULT SARL 120 m3)	Batiment de production (JAUFRAN SAS 240 m3)	Stockage (EMA SARL 250 m3)
GHG (kg eq CO2)	9.964e+3	1.406e+3	3.743e+3	4.084e+3
Fossil depletion (kg oil eq)	3.428e+3	4.681e+2	1.299e+3	1.405e+3
Water depletion (m3)	3.994e+5	4.735e+4	1.526e+5	1.637e+5
Metal depletion (kg Fe eq)	1.481e+4	2.332e+3	5.731e+3	6.068e+3
Urban land occupation (m2a)	4.280e+2	6.816e+1	1.666e+2	1.754e+2
Agricultural land occupation (m2a)	2.011e+2	2.938e+1	7.553e+1	8.243e+1
Human toxicity kg 1.4-DB eq	9.562e+2	1.417e+2	3.619e+2	3.919e+2
Freshwater eutrophication (kg Peq)	6.312e+0	9.536e-1	2.401e+0	2.587e+0
Particulate matter (kg PM10 eq)	3.346e+1	5.024e+0	1.271e+1	1.371e+1
natural land transformation (m2)	7.667e+0	1.228e+0	2.987e+0	3.142e+0

Comparatif en % relatif

	GHG	Fossil Depletion	Water Depletion	Metal Depletion	Urban land occupation	Agricultural land occupation	Human toxicity	Freshwater eutrophication	Particulate matter	Natural land transformation
Mutualisé	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
batiment 1 (GEORGEAULT SARL - 120 m3)	14.11	13.66	11.86	15.75	15.93	14.61	14.82	15.11	15.01	16.02
Batiment de production (JAUFRAN SAS - 240 m3)	37.57	37.90	38.22	38.71	38.92	37.56	37.84	38.04	38.00	38.96
Stockage (EMA SARL - 250 m3)	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98

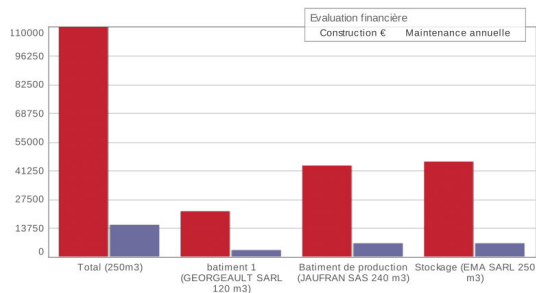




2.2.2 Evaluation financière

Evaluation financière

Poste	Total (250m3)	batiment 1 (GEORGEAULT SARL 120 m3)	Batiment de production (JAUFRAN SAS 240 m3)	Stockage (EMA SARL 250 m3)
Construction €	110000	21639.34	43278.69	45081.97
Maintenance annuelle	15000	2950.82	5901.64	6147.54



3. Comparatif par entreprise

3.1 batiment 1 GEORGEAULT SARL

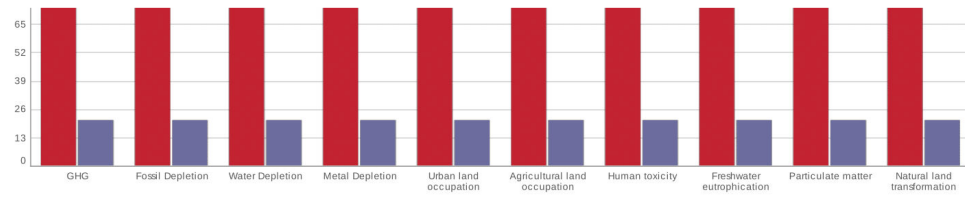
3.1.1 Evaluation environnementale

Poste	Sans mutualisation	Avec mutualisation
GHG (kg eq CO2)	7.149e+3	1.406e+3
Fossil depletion (kg oil eq)	2.380e+3	4.681e+2
Water depletion (m3)	2.407e+5	4.735e+4
Metal depletion (kg Fe eq)	1.186e+4	2.332e+3
Urban land occupation (m2a)	3.465e+2	6.816e+1
Agricultural land occupation (m2a)	1.494e+2	2.938e+1
Human toxicity kg 1.4-DB eq	7.204e+2	1.417e+2
Freshwater eutrophication (kg Peq)	4.848e+0	9.536e-1
Particulate matter (kg PM10 eq)	2.554e+1	5.024e+0
natural land transformation (m2)	6.244e+0	1.228e+0

Comparatif en % relatif

	GHG	Fossil Depletion	Water Depletion	Metal Depletion	Urban land occupation	Agricultural land occupation	Human toxicity	Freshwater eutrophication	Particulate matter	Natural land transformation
Non mutualisé	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mutualisé	19.67	19.67	19.67	19.67	19.67	19.67	19.67	19.67	19.67	19.67

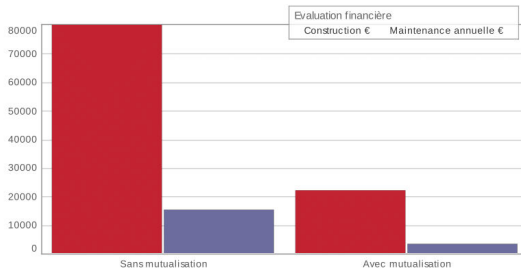




3.1.2 Evaluation financière

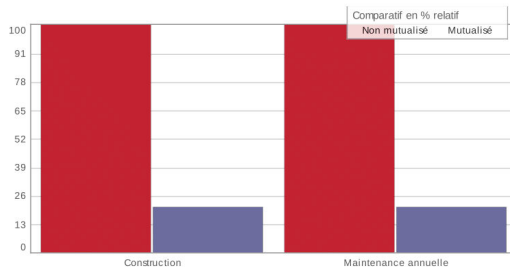
Evaluation financière

Poste	Sans mutualisation	Avec mutualisation
Construction €	80000	21639.34
Maintenance annuelle €	15000	2950.82



Comparatif en % relatif

	Construction	Maintenance annuelle
Non mutualisé	100	100
Mutualisé	19.67	19.67



3.2 Batiment de production JAUFRAN SAS

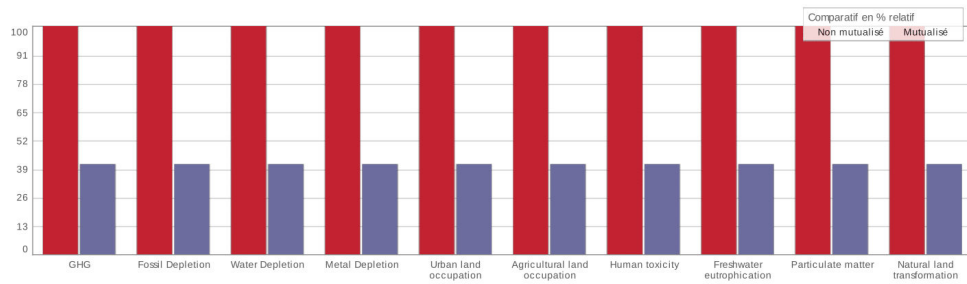
3.2.1 Evaluation environnementale

Poste	Sans mutualisation	Avec mutualisation
GHG (kg eq CO2)	9.514e+3	3.743e+3
Fossil depletion (kg oil eq)	3.301e+3	1.299e+3

Water depletion (m3)	3.879e+5	1.526e+5
Metal depletion (kg Fe eq)	1.457e+4	5.731e+3
Urban land occupation (m2a)	4.234e+2	1.666e+2
Agricultural land occupation (m2a)	1.920e+2	7.553e+1
Human toxicity kg 1.4-DB eq	9.197e+2	3.619e+2
Freshwater eutrophication (kg Peq)	6.103e+0	2.401e+0
Particulate matter (kg PM10 eq)	3.232e+1	1.271e+1
natural land transformation (m2)	7.591e+0	2.987e+0

Comparatif en % relatif

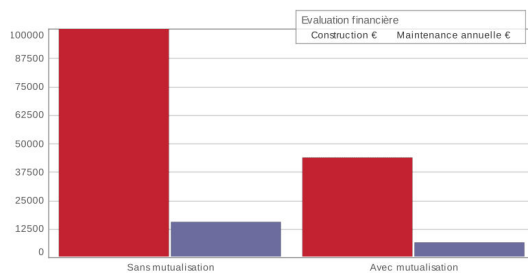
	GHG	Fossil Depletion	Water Depletion	Metal Depletion	Urban land occupation	Agricultural land occupation	Human toxicity	Freshwater eutrophication	Particulate matter	Natural land transformation
Non mutualisé	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mutualisé	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34



3.2.2 Evaluation financière

Evaluation financière

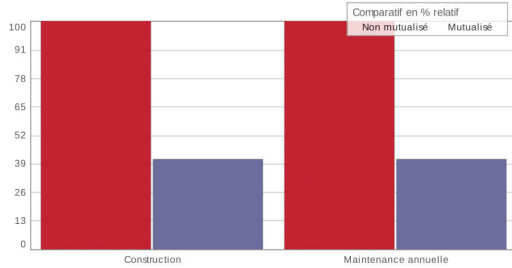
Poste	Sans mutualisation	Avec mutualisation
Construction €	100000	43278.69
Maintenance annuelle €	15000	5901.64



Comparatif en % relatif

	Construction	Maintenance annuelle

Non mutualisé	100	100
Mutualisé	39.34	39.34



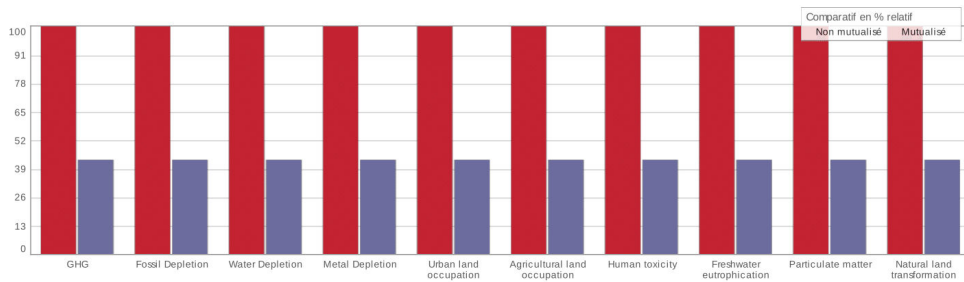
3.3 Stockage EMA SARL

3.3.1 Evaluation environnementale

Poste	Sans mutualisation	Avec mutualisation
GHG (kg eq CO2)	9.964e+3	4.084e+3
Fossil depletion (kg oil eq)	3.428e+3	1.405e+3
Water depletion (m3)	3.994e+5	1.637e+5
Metal depletion (kg Fe eq)	1.481e+4	6.068e+3
Urban land occupation (m2a)	4.280e+2	1.754e+2
Agricultural land occupation (m2a)	2.011e+2	8.243e+1
Human toxicity kg 1.4-DB eq	9.562e+2	3.919e+2
Freshwater eutrophication (kg Peq)	6.312e+0	2.587e+0
Particulate matter (kg PM10 eq)	3.346e+1	1.371e+1
natural land transformation (m2)	7.667e+0	3.142e+0

Comparatif en % relatif

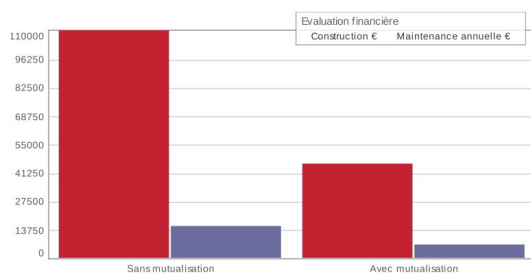
	GHG	Fossil Depletion	Water Depletion	Metal Depletion	Urban land occupation	Agricultural land occupation	Human toxicity	Freshwater eutrophication	Particulate matter	Natural land transformation
Non mutualisé	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mutualisé	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98	40.98



3.3.2 Evaluation financière

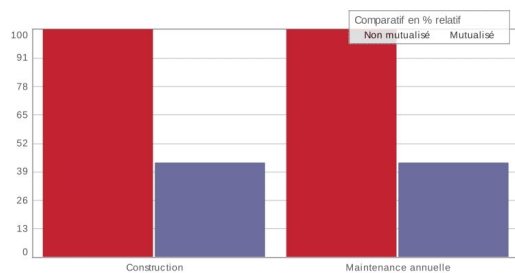
Evaluation financière

Poste	Sans mutualisation	Avec mutualisation
Construction €	110000	45081.97
Maintenance annuelle €	15000	6147.54



Comparatif en % relatif

	Construction	Maintenance annuelle
Non mutualisé	100	100
Mutualisé	40.98	40.98



4. Principaux postes des impacts environnementaux

4.1 Scénario sans mutualisation

	Fondations (béton, gravier et sable utilisés)	Bâche de stockage	Clôture	Accessoires (hydrants, tuyaux,...)	Utilisation d'engins de chantier
GHG (kg eq CO2)	7.020e+3	3.068e+3	1.291e+4	1.862e+3	8.840e+0
Fossil depletion (kg oil eq)	2.679e+3	1.823e+3	3.805e+3	6.142e+2	3.099e+0
Water depletion (m3)	7.984e+4	3.142e+3	3.242e+5	4.462e+3	3.013e+0
Metal depletion (kg Fe eq)	1.251e+3	7.180e+1	3.870e+4	1.162e+3	2.364e-1

Urban land occupation (m2a)	9.642e+2	4.504e+0	1.947e+2	1.564e+1	1.679e-2
Agricultural land occupation (m2a)	1.259e+2	1.833e+1	3.280e+2	4.577e+1	1.155e-2
Human toxicity kg 1.4-DB eq	5.494e+2	1.163e+2	1.685e+3	1.890e+2	1.534e-1
Freshwater eutrophication (kg Peq)	1.944e+0	4.350e-1	1.363e+1	1.114e+0	4.341e-4
Particulate matter (kg PM10 eq)	1.922e+1	2.949e+0	6.194e+1	5.843e+0	3.607e-2
natural land transformation (m2)	1.958e+1	1.609e-1	1.272e+0	2.480e-1	4.361e-3

4.2 Scénario avec mutualisation

	Fondations (béton, gravier et sable utilisés)	Bâche de stockage	Clôture	Accessoires (hydrants, tuyaux,...)	Utilisation d'engins de chantier
GHG (kg eq CO2)	2.514e+3	1.212e+3	4.582e+3	9.308e+2	3.214e+0
Fossil depletion (kg oil eq)	9.727e+2	7.202e+2	1.351e+3	3.071e+2	1.127e+0
Water depletion (m3)	2.823e+4	1.242e+3	1.151e+5	2.231e+3	1.096e+0
Metal depletion (kg Fe eq)	4.425e+2	2.837e+1	1.374e+4	5.810e+2	8.595e-2
Urban land occupation (m2a)	3.416e+2	1.780e+0	6.909e+1	7.818e+0	6.104e-3
Agricultural land occupation (m2a)	4.456e+1	7.244e+0	1.164e+2	2.288e+1	4.198e-3
Human toxicity kg 1.4-DB eq	1.945e+2	4.597e+1	5.982e+2	9.450e+1	5.576e-2
Freshwater eutrophication (kg Peq)	6.886e-1	1.719e-1	4.836e+0	5.569e-1	1.578e-4
Particulate matter (kg PM10 eq)	6.832e+0	1.165e+0	2.198e+1	2.921e+0	1.311e-2
natural land transformation (m2)	6.928e+0	6.358e-2	4.514e-1	1.240e-1	1.586e-3

:: Presteo :: Copyright © 2006-2012 [LGED](#). Tous Droits Réservés. -- Développé par [LGED](#)

Annexe 5: extraits du rendu Easy Metabolism pour le département de l'Aube

Il s'agit d'extraits issus du site pfec.fr

[Accueil](#) >
 [Espace membre](#) >
 [Easy Metabolism](#) >
 [Départements](#) >
 Etude du département : Aube

Etude du département : Aube

📅 lundi 9 décembre 2013

Données générales

Evolution du PIB régional (en Millions d'euros)

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
6141	6286	6511	6551	7091	7167	7388	7618	7713	7459	7421

Evolution de la population (en habitants)

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
293185	294310	295419	296294	297154	298483	299704	300840	301327	303298	303327	303032	302700

Rechercher :

Rubriques

[Espace membre](#)

[La plate-forme](#)

[Toolbox](#)

Récolte de bois

Type	Volume (milliers m3)	Masse volumique (t/m3)	Masse totale (kt)
Feuillus	183,95	0.375	68,98
Résineux	160,05	0.325	52,01
Total			121,00

Chasse

Animal	Nbre	Masse unitaire (t)	Masse totale (t)
Cerf élaphe	634	0.15	95.1
Chevreuril	6969	0.023	160.287

Consommation de produits pétroliers

Ces consommations n'incluent pas le kérosène.

On considère la combustion parfaite et que le produit est constitué uniquement de carbone et d'hydrogène.

Produit	Masse (t)	kg C equ t	O2 (t)	CO2 (t)	H2O (t)
Essence sans plomb	39 903,26	876	172 382,08	128 169,27	79 168,07
Gazole routier	204 342,00	859	929 074,96	643 609,19	460 995,55
Fioul Domestique	60 315,00	859	274 232,20	189 972,15	136 070,64
GPL	338,00	803	1 789,15	995,18	1 065,38
Fioul lourd (hors centrales thermiques)	155,00	851	721,27	483,65	369,52
Fioul lourd (centrales thermiques)		851	0,00	0,00	0,00
Butane, propane	14 443,00	820	73 177,87	43 425,29	41 595,84

Déchets ménagers et assimilés (DMA)

Les DMA sont les déchets des ménages et des activités économiques de petite taille qui génèrent des volumes limités (quoi que...). Leur collecte est assurée par la collectivité, les points d'apports volontaires (recup'verre,...), et les déchèteries. Il faut garder à l'esprit dans cette partie que si leur devenir (enfouissement, incinération, recyclage) est défini, rien n'indique la destination géographique exacte des matières. Nous faisons l'hypothèse qu'ils sont traités dans le département ce qui peut être tout à fait faux (pour Paris par exemple). Les données disponibles présentées sont des moyennes de 2009-2011, l'année 2010 n'étant pas directement traitées dans les séries concernant la collecte des DMA

Collecte municipale

Type	Quantité (t)
Quantité totale d'OMR collectée	89 093,00
Quantité d'OMR - valorisation matière (recyclage, réemploi)	269,00
Quantité d'OMR - valorisation organique (compost, méthanisation,...)	0,00
Quantité d'OMR - valorisation énergétique	414,00
Quantité d'OMR - incinérée sans récupération d'énergie	0,00
Quantité d'OMR - mise en décharge	88 409,50
Quantité d'OMR - traitement non précisé	0,00
Quantité totale de verre collectée sélectivement	12 446,00

Traitements

Recyclage	48 847,00
Incinération	800,00
Décharge	112 828,50

Nous considérons que 25,6% de la masse des ordures ménagères incinérées est constituée de carbone, le reste n'est pas considéré comme de l'hydrogène : 24.8% de la masse restante est sous forme de mâchefers (24,8%) et 2.4% sous la forme de REFIOM (refus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères). Le reste est dissipé dans l'atmosphère. Les mâchefers sont ajoutés au recyclage (bien que cela soit discutable) et les REFIOM à l'enfouissement.

Destinée effective (t)

Recyclage	49 045,40
Décharge	112 847,70
O2	546,13
CO2	750,93
Dissipation atmosphérique	37 760,00