

Écologie territoriale : une aide à la définition d'une politique énergétique

Comprendre l'économie physique des territoires

**Benoît Duret,
Nicolas Mat, Amélie Bonard,
Emilie Dastrevigne, Amélie Lafragette**

L'Organisation des Nations Unies constate dans son rapport « *Evaluation des écosystèmes pour le Millénaire* » (ONU, 2005) que deux tiers des écosystèmes planétaires, et donc que les services¹ indispensables qu'ils fournissent à l'homme, sont dégradés et que leur utilisation s'intensifie rapidement. La quantification des prélèvements de ressources et des rejets de déchets et de polluants est devenue indispensable afin de maîtriser l'équilibre entre les ressources disponibles et les capacités d'absorption des milieux naturels. Ce type de quantification est déjà initié depuis plusieurs années dans le cas de la région parisienne par Sabine Barles qui a étudié la consommation énergétique liée aux transports urbains, la consommation énergétique des bâtiments, les pressions sur les ressources en eau, les émissions de gaz à effet de serre, la production de déchets urbains, les rejets d'eaux usées. Cependant, la décentralisation de l'action urbaine exige aujourd'hui de développer cette analyse globale et intégrée des flux de l'économie (matière, eau, énergie, déchets), de manière plus proche des réalités territoriales, en rendant compte le plus fidèlement possible des niveaux de consommation des territoires et de leurs acteurs, et des opportunités d'optimisation.

Pour l'essentiel, ce travail est encouragé aux niveaux international et national². Cependant, une bonne partie des questions soulevées relève d'une dimension locale et régionale au travers des politiques, des actions et des comportements que peuvent développer les acteurs de proximité que sont les collectivités territoriales, les entreprises et les citoyens.

Dans ce contexte, les milieux urbains, et plus particulièrement les villes, ont un rôle incontournable à jouer. En effet, ces territoires, principaux lieux de consommations, sont des espaces générateurs d'externalités spécifiques et où les acteurs partagent une certaine proximité. Ces caractéristiques permettent ainsi des économies d'échelles et des coopérations porteuses d'innovation économique et sociale, nécessaires à l'optimisation de l'utilisation des ressources au niveau local. Cette réflexion s'appuie sur une tendance générale de recherche de liens entre les différents acteurs

d'un territoire (collectif d'acteurs) permettant d'identifier et de transformer des « ressources » (potentiel valorisable : connaissance, flux matière) en « actif » (potentiel valorisé : création d'activité, dérivation de flux) (Pecqueur, Colletis, 2004). C'est dans cette réflexion que s'inscrivent les démarches d'écologie territoriale, dont la mise en œuvre s'articule autour de trois composantes : la coopération des acteurs du territoire, une analyse de flux de matière et d'énergie et la définition de stratégies de dématérialisation et de relocalisation de l'économie.

Principe de l'écologie territoriale

L'écologie territoriale propose de développer une vision innovante du territoire en assimilant son fonctionnement à celui d'un écosystème. C'est une démarche structurante pour la collectivité et ses partenaires visant à optimiser l'utilisation des ressources et mieux gérer les impacts associés. L'écologie territoriale offre un cadre de réflexion pour formaliser le fonctionnement d'un groupe d'acteurs et une méthodologie permettant d'identifier des ressources locales et de planifier les actions visant leur valorisation. L'objectif de cette démarche est de disposer d'une cartographie des flux

1. Services écologiques nécessaires au bien-être de l'homme : services d'approvisionnement (nourriture, eau, matières premières, etc.), de régulation (climat, inondations, maladies, qualité de l'eau, etc.), culturels (loisirs, esthétique, spiritualité, etc.), de soutien (sols, pollinisation, cycles naturels, etc.).

2. Par exemple les Nations Unies, l'Organisation de Coopération et de Développement économique (OCDE) et la Commission européenne recommandent aux Pays membres la mise en place de Comptes de Flux Matière (CFM) parallèlement aux outils statistiques économiques.

Les Annales de la recherche urbaine n°103, 0180-930-X, 2007, pp.73-78
© MEDAD, PUCA



Daniel Repaich - Ville de Lille

Les qualités du Fort Vauban en ont fait un nouveau siège militaire européen, autour une nouvelle promenade a été aménagée pour les citadins

circulant à travers le territoire d'étude (métabolisme), et de comprendre, par ce biais, les consommations directes (par type, par secteur), et indirectes (flux cachés ou énergie grise), les opportunités de production d'énergie ou de réutilisation de matière par l'identification de nouvelles ressources, les gisements d'économie.

Projet d'écologie territoriale de la Ville de Lille

La Ville de Lille, a engagé depuis plusieurs années une stratégie de développement durable basée sur différents axes: un projet de territoire (Agenda 21 local), des campagnes annuelles de sensibilisation thématique (eau, alimentation, etc.), une politique d'achat responsable intégrant des actions exemplaires tel que le renouvellement du marché de l'éclairage public, qui a déjà permis à l'heure actuelle d'économiser 30% d'énergie, tout en privilégiant l'utilisation d'énergies plus respectueuses de l'environnement, le recyclage des équipements.

Consciente des apports de l'écologie territoriale, la Ville de Lille, associée aux communes de Lomme et de Hellemmes, a décidé de s'engager au cours de l'année 2005 dans une telle démarche afin de réduire ses impacts environnementaux et de mieux prévoir les incertitudes liées à une gestion non viable des ressources. Le projet vise quatre objectifs spécifiques: (a) structurer les échanges entre les

acteurs du territoire autour de cette thématique, (b) réaliser une Analyse de Flux de Matières et d'Énergie (AFME), (c) mettre en place un système d'aide à la décision, (d) proposer des stratégies d'action pour améliorer le bilan global des flux.

L'analyse des enjeux de développement durable du territoire et des attentes de la collectivité a permis de déterminer les flux à étudier. Il s'agit notamment de l'énergie, de l'eau, des matériaux de construction, du bois, du papier/carton, des produits textiles et des produits alimentaires.

La Ville de Lille souhaite ainsi évaluer les actions de son Agenda 21 local sous l'angle de la consommation de ressources et disposer d'un outil d'aide à la décision. Sa volonté est de faire évoluer les politiques locales en s'appuyant sur des éléments de mesure et de progrès en lien avec la réalité du territoire.

Outil de diagnostic territorial : l'analyse de flux de matière et d'énergie

Dans le cadre de tout projet d'écologie territoriale, une analyse de flux de matière et d'énergie est indispensable à la compréhension des flux physiques qui traversent le territoire. Celle-ci peut être menée au moyen de diverses méthodes, dont la pertinence est fonction de l'échelle territoriale, parmi lesquelles la méthode élaborée par le Professeur P. Baccini (Baccini P., Brunner P.-H., 1991), la méthode « statistique

Canada » (Statistique Canada, 1997)... Dans le cas du projet lillois, la méthodologie de référence retenue pour la comptabilisation des flux est celle proposée par Eurostat (organisme de statistiques européen) en 2001 dans son guide méthodologique pour la comptabilité physique des flux de matière à l'échelle d'une nation (Eurostat, 2001).

Ce guide pratique a pour objectif d'aider les États Membres de l'Union Européenne à réaliser la comptabilité des flux de matière et établir le solde matériel de l'économie nationale afin d'en tirer des indicateurs. Le système d'étude est un territoire délimité par ses frontières administratives et comprenant sa population et ses activités de production et de consommation (le système est désigné par le terme « économie »). La comptabilité physique des flux de matière permet d'évaluer les flux entrants dans l'économie (extractions locales et importations), le stock de matériaux et les flux sortants (émissions dans l'environnement et exportations).

La méthode de comptabilité des flux de matière proposée par Eurostat considère cinq grandes catégories de flux, en entrée et en sortie du système : extractions locales, importations, rejets vers la nature, exportations et extractions locales non utilisées. Les flux bouclés (recyclés) au sein du système sont également pris en compte.

Le guide propose par ailleurs une méthode de détermination d'indicateurs permettant de mesurer le couplage/découplage entre la croissance économique et la pression exercée par les activités humaines sur l'environnement.

La méthodologie présente l'avantage d'être relativement générique et adaptable suivant le contexte de l'étude (la méthode ne fixe que cinq types de flux généraux en entrée et en sortie et ne préjuge pas de la circulation des flux dans le système étudié). En outre, la méthodologie utilise une terminologie standard permettant de communiquer et comparer plus facilement les résultats avec d'autres territoires (villes, pays...).

L'adaptation de la méthodologie Eurostat à l'échelle de la Ville de Lille a nécessité de collecter les données existantes à cette échelle et, lorsque les données n'existent pas, d'extrapoler des données disponibles à d'autres échelles (données régionales et nationales par exemple).

Une démarche fondée sur la co-construction avec des acteurs locaux diversifiés

La collecte des données relative au projet lillois s'est déroulée en trois étapes : l'identification et la qualification des sources de données, la collecte de données locales et enfin la collecte de données régionales et nationales.

L'écologie territoriale étant une démarche encore émergente en France, les outils de recensement des données n'existent pas encore au niveau local. Par conséquent, une méthode d'identification et de qualification des sources de données a été établie.

Elle s'appuie notamment sur l'étude de la répartition des compétences territoriales, qui permet de mieux cibler les personnes ou documents « ressources », la désignation de chacun des flux étudiés, la description schématique de chacun d'eux, précisant le contenu des entrées et sorties, l'identification précise des sources de données (documentaires et personnes ressources), et enfin la qualification de ces sources de données.

La collecte des données locales a reposé essentiellement sur la contribution des acteurs locaux (réunis en groupes de travail thématiques ou sollicités plus ponctuellement).

Les groupes de travail thématiques étaient constitués d'une trentaine de personnes issues de structures locales variées (collectivités, entreprises, associations, cabinets de conseil, etc...). Chaque groupe rassemblait ainsi, dans la mesure du possible, des « producteurs », des « distributeurs », des « consommateurs », ainsi que des experts pour chaque flux étudié.

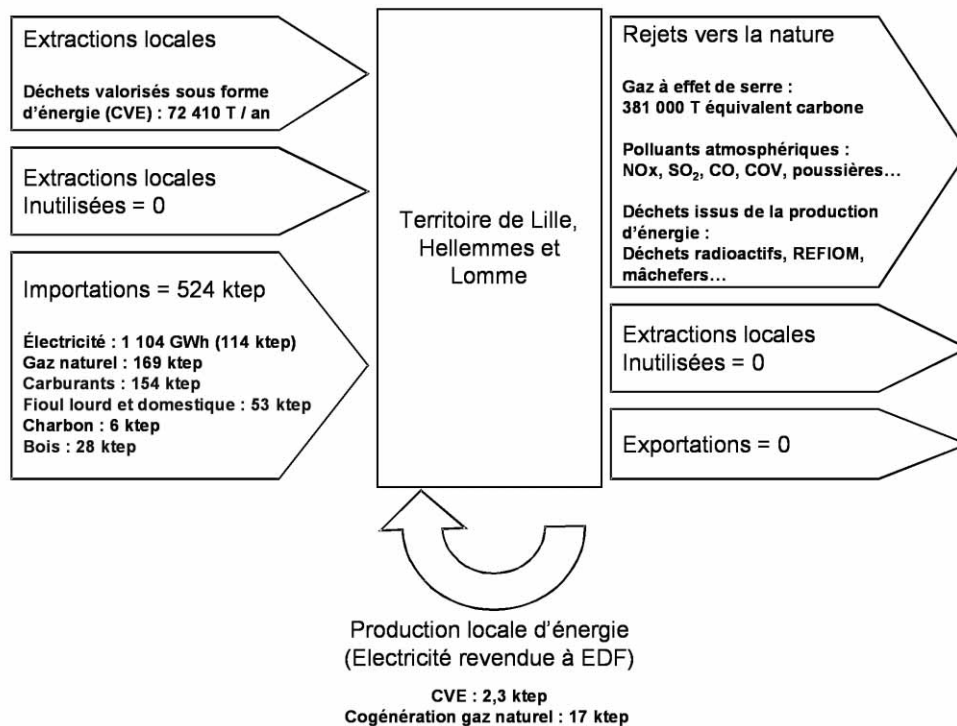
Construire et organiser les données de flux à l'échelle locale

L'identification des sources de données avec l'appui des acteurs du territoire facilite leur collecte, mais celle-ci reste toutefois soumise à de nombreux obstacles. Les méthodes d'analyse de flux étant encore en développement, la mise en évidence des contraintes de collecte et la formulation de propositions pour les lever font partie intégrante des résultats attendus d'une expérimentation telle que celle menée sur le territoire lillois. Ainsi, les principales difficultés rencontrées pour obtenir les données de flux sont les suivantes :

- Elles sont diffuses, voire inexistantes,
- Nécessité de contacter une grande diversité d'acteurs pour y avoir accès,
- Elles ne sont pas homogènes (échelles de territoire différentes, années ou période différentes),
- Elles ne sont pas toutes réactualisées,
- La correspondance avec les nomenclatures des méthodologies existantes (comme Eurostat) n'est pas systématique,
- Les données du secteur privé sont souvent confidentielles,
- Les autres données sont parfois payantes,

Ces difficultés existent plus particulièrement à l'échelle d'une commune car la plupart des données ne sont généralement pas compilées à cette échelle. Cependant, l'étude montre que certains flux sont mieux agrégés à cette échelle. C'est le cas de l'énergie, de l'eau et des matériaux de construction, dont l'ensemble des données reflète bien la réalité du territoire.

En ce qui concerne les autres flux, les bilans peuvent être élaborés en combinant l'utilisation des données disponibles à des échelles supra-communales (intercommunalité, région.) et les informations fournies par la participation des acteurs



Bilan énergie de la Ville de Lille. Bilan de flux « énergie » (représentation de type Eurostat).

du territoire. Ces données sont utilisées en appliquant des règles de conversion transparentes, utilisant par exemple un ratio par habitant.

A plus long terme, l'exhaustivité des recueils de données pourra progressivement s'améliorer par l'évolution de la réglementation et la création d'observatoires locaux et régionaux des flux. Ce type de structures contribuera également à l'animation des démarches d'écologie territoriale.

Bilan énergie de la Ville de Lille.

L'analyse du bilan met en évidence la forte dépendance énergétique, notamment en énergies fossiles, de la ville de Lille. La quasi-totalité de sa consommation énergétique est importée (524 ktep), ce qui positionne la collectivité en territoire principalement « consommateur » et peu « producteur ».

La boucle de recyclage des flux se limite pour l'heure à la production d'électricité provenant de la valorisation énergétique des déchets et des installations de cogénération fonctionnant au gaz naturel.

La consommation finale d'énergie de la Ville de Lille (importations et production locale d'énergie) est estimée à 543 ktep, soit 2,4 tep par habitant. Cette consommation d'énergie par habitant est inférieure à la moyenne nationale

de 2,7 tep par habitant (Observatoire de l'Énergie, 2005). Les flux sortants identifiés sont les « rejets vers la nature ». Ils comprennent les émissions de gaz à effet de serre, les rejets d'effluents liquides, d'effluents gazeux et de déchets non valorisés.

L'estimation des émissions de gaz à effet de serre repose sur l'utilisation des facteurs d'émissions de la méthode du Bilan Carbone® (ADEME, juin 2006). Les facteurs d'émissions proposés s'appliquent au territoire français et prennent en compte les gaz à effet de serre visés dans le cadre du protocole de Kyoto, et sont exprimés en tonne équivalent carbone.

Bilan matière : une approche globale et intégrée

Le bilan énergétique, établi classiquement à partir d'un diagnostic énergétique, permet une évaluation des quantités d'énergie consommées par un système ou un territoire. Cependant, il ne s'intéresse généralement qu'aux seules consommations directes d'énergie. Par conséquent, à l'échelle d'un territoire, il ne tient pas compte des flux cachés d'énergie « contenus » dans les produits et matières circulant sur ce territoire (produits alimentaires, etc.). Il n'est donc pas suffisant pour évaluer, d'une part l'ensemble

des consommations énergétiques et, d'autre part les multiples gisements potentiels d'énergies renouvelables et d'économies d'énergie au niveau local. Enfin, il ne traite quasiment que des besoins, sans faire de lien entre les flux entrants et sortants intégrant une composante « énergie ». Or, comme l'évoque B. Pecqueur (ARU, novembre 2006), « la ville est traditionnellement pensée comme un producteur d'externalités sans que soient vraiment distinguées les différentes sortes d'externalités ».

A ce titre, les bilans matières peuvent apporter des éléments essentiels dans l'identification de gisements supplémentaires et innovants en termes d'économies d'énergie, de potentiels de production d'énergies renouvelables, de réorganisations possibles des transports, de valorisation énergétique de certains types de déchets. Il devient alors possible d'identifier de nouvelles ressources, c'est le cas par exemple des nombreux sous-produits et déchets en bois ou encore des huiles végétales usagées.

De nombreux produits ou matériaux peuvent également être considérés au regard de leur « contenu » en énergie, en croisant ces données avec les analyses de cycle de vie existantes. Le cas des bouteilles plastiques est très évocateur, car de l'énergie est consommée pour assurer les phases de fabrication et de distribution (transport) des bouteilles, mais il est également important de considérer la fin de cycle qui comprend l'élimination ou le recyclage de la bouteille.

L'analyse de flux de matière et d'énergie permet donc de mettre en lumière ces flux énergétiques cachés. Dans une politique globale de gestion de l'énergie à l'échelle d'un territoire, il devient alors intéressant de considérer ces éléments comme indices d'aide à la décision, de suivi et d'évaluation, ou bien encore comme éléments pour la sensibilisation.

L'extension aux matériaux de construction

Le bilan matière effectué dans le cadre de l'analyse de flux de matière et d'énergie sur la Ville de Lille a fait émerger un autre exemple très concret : le cas des matériaux de construction. En effet, par l'optimisation des consumma-

tions d'énergie en amont, via l'éco-conception des bâtiments, mais également par une recherche assidue et cohérente d'un bouclage local des flux, se dégagent des marges de manœuvre importantes en termes d'économies d'énergie. Ceci introduit le concept de déconstruction, où la qualification du flux sortant, encore trop souvent assimilé à un flux de déchets, se rapproche plutôt d'un flux de matières secondaires ayant une certaine intensité énergétique. Par un processus de déconstruction qui privilégie systématiquement le tri des matériaux in-situ plutôt que l'évacuation sous la forme d'un flux mêlé, une réutilisation locale et optimale des matières devient envisageable. Ceci peut générer des externalités positives appréciées comme la baisse des rotations de camions-bennes d'évacuation, entraînant de fait une baisse des consommations de carburants et des nuisances sonores associées.

Dans le cas de la Ville de Lille, le flux de matières excavées est estimé à 150 kt par an, ce qui correspond à plus de 10 000 rotations de camions bennes (de 15 tonnes). Or, une des plus importantes entreprises de déconstruction/démolition du secteur lillois estime à 80 à 90% le volume de déchets de la déconstruction recyclés (notamment le flux de briques) contre seulement 10 à 20% pour les déchets de terrassement (terre excavée).

La substitution partielle de matériaux neufs importés sur le territoire par des matériaux recyclés localement, outre une économie de ressources naturelles, induit également des conséquences positives en terme de consommation d'énergie.

L'étude de différents flux (matériaux de construction, produits alimentaires, bois) dans le cadre de l'analyse de flux de matières et d'énergie de la Ville de Lille illustre donc cette nécessité de considérer également les bilans matières lors d'une réflexion globale sur l'énergie au niveau d'un territoire.

L'écologie territoriale, par sa méthodologie d'analyse de flux de matière et d'énergie, permet ainsi une meilleure compréhension de la problématique énergétique d'un territoire, et constitue un outil d'aide à la décision. En ce sens, elle contribue à la formulation de préconisations d'actions que pourront s'approprier et mettre en œuvre les différents décideurs et acteurs du territoire.

Références bibliographiques

- Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D. & Schültz, H. (1997). *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies*. World Resources Institute, New York.
- Baccini P., Brunner P. H. (1991). *Metabolism of the Anthroposphere*. Springer Verlag, Berlin.
- Barles, S. (2005). *Le métabolisme urbain : L'azote, XIXe-XXe siècle*. Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines (LMTU). Université Paris 8.
- Barles, S. (2004). Rapport de recherche final. *Mesurer la performance écologique des villes et des territoires : le métabolisme de Paris et de l'Île de France*. Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines (LMTU). Université Paris 8.
- Best Foot Forward Ltd (2002). *City Limits : A resource flow and ecological footprint analysis of Greater London*. Commissioned by IWM (EB) Chartered Institution of Wastes Management Environmental Body. Biffaward Programme on Sustainable Resource Use. www.citylimitslondon.com
- Birkeland, J., Schooneveldt, J. (2003). *Mapping regional metabolism: a decision-support tool for natural resource management*. Land & Water Australia. ISBN 0 642 76102 7.
- Brohmann, B., Fritsche, U., Schmied, M., Schmitt, B., Stahl, H., Wiegmann, K. (2002). *Sustainable City Quarters : Material flow analysis as a valuation tool*. Summary of the final report. Öko Institut (Institut for Applied Ecology). Darmstadt / Freiburg / Berlin.
- Burström, F. (1998) *Municipal Materials Accounting and Environmental Management*. Licentiate Thesis. Royal Institute of Technology, Div. of Industrial Ecology. Stockholm.
- Burström, F. (1999) "Materials accounting and environmental management in municipalities". *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 1 (3): 297-327.
- Decker, E. H., Elliott, S., Smith, F. A., Blake, D. R., Rowland, F. S. (2000). "Energy and material flow through the urban ecosystem", *Annual Review of Energy and Environment*. 25:685-740.
- Duret, B. (2005). « Premiers retour d'expériences en écologie industrielle : études de cas en Europe et en Amérique du Nord. Synthèse et perspectives », *Cahier de la Chaire d'écologie industrielle*. CREIDD, Université de Technologie de Troyes
- Erkman, S. (1997) : *Vers une écologie industrielle*, Genève, Edition Charles Léopold Mayer, 147p, ISBN 2-84377-027-0.
- Eurostat (2001). *Economy-wide material flow and derived indicators: a methodological guide*. Office for Official Publications of the European Communities, 92p. ISBN 92-894-0459-0

- Faist M., Fricknecht R. (2003), *Métabolisme des activités économiques du canton de Genève*, Rapport final, ESU-Services, Uster.
- Frontier S., Pichod-Viale D., (1993). *Ecosystèmes : structures, fonctionnement, évolution*. Collection d'écologie 21, 2^{ème} édition, Ed. Masion, 447p. ISBN 2-225-84234-5
- Loinger, G. (2005). *Prospective Stratégique et territorialisation du développement durable*. GEISTEL (Groupe d'Etude International sur les Stratégies Territoriales et l'Economie Locale). Note résumée. Etude pour le PUCA, Ministère de l'Équipement.
- Mäenpää, I., Mänty, E. (2004). *Economic and material flow indicators for the Kymenlaakso region*. Documentation report 2 of the COREG project. Finnish Environment Institute. Helsinki. ISBN 952-11-1697-8.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Nikolic, I., van Oers, L., van der Voet, E. (2003). *Dematerialisation, not just a matter of weight*. CML report 160.
- Pecqueur B. (2006). « De la ville qui consomme à la ville qui produit ». *Les annales de la recherche urbaine* n°101, 0180-930-X, 2007, pp.7-13.
- Pecqueur B., Colletis G., (2004). « Révélation de ressources spécifiques et coordination située », Colloque international sur " L'économie de proximité ", Marseille, 8-9 juin 2004, *Revue Economie et Institution*, 17 p.
- Office fédéral de la Statistique (2005). *Flux de matière en Suisse. Utilisation de ressources et efficacité matérielle. Premiers résultats*. Section Environnement et développement durable. Neuchâtel.
- Organisation de coopération et de développement économiques (2004). *Recommandations sur les flux de matière et la productivité des ressources*. Conseil de l'OCDE.
- Sahely, H. R., Dudding, S., Kennedy, C. A. (2003). " Estimating the urban metabolism of Canadian cities: Greater Toronto Area case study", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 30: 468-483. NRC Canada.
- Spangenberg, J.H., Femia, A., Hinterberger, F., Schütz, H. (1998). *Material Flow-based Indicators in Environmental Reporting*. European Environment Agency. Environmental Issues Series N°14.
- Statistique Canada (1997). *Concepts, sources et méthodes du Système des comptes de l'environnement et des ressources du Canada*. Hors série. ISBN 0-660-95710-8.

Biographies

BENOÎT DURET, est ingénieur, spécialisé en management du développement durable. Il intervient au sein d'Auxilia sur le montage et la réalisation de projets innovants. Sa réflexion porte notamment sur la concrétisation du lien Entreprise-Territoire à travers la création d'une « économie relationnelle ». Par ailleurs, il participe à l'échelle nationale à la promotion et à la mise en œuvre de la démarche d'écologie industrielle et territoriale.

benoit.duret@auxilia.asso.fr

NICOLAS MAT est énergéticien, spécialisé en écologie industrielle. Il intervient au sein de l'association Auxilia sur des projets d'écologie territoriale, d'efficacité énergétique et d'achat responsable. Son travail porte principalement sur la transversalité de ces différentes thématiques dans le cadre des politiques énergétiques des collectivités territoriales.

nicolas.mat@auxilia.asso.fr

AMÉLIE BONARD est Docteur de l'Université d'Orléans.

amelie.bonard@gazdefrance.com

ÉMILIE DASTREVIGNE est ingénieur diplômée de l'INSA Lyon.

emilie.dastrevigne@gazdefrance.com

AMÉLIE LAFRAGETTE est ingénieur diplômée de l'ENSCP de Bordeaux. Toutes trois travaillent actuellement à la Direction de la Recherche de Gaz de France dans les domaines de l'énergie et du développement durable, notamment sur les démarches d'écologie industrielle et territoriale et les méthodes d'évaluation environnementale (Analyses du Cycle de Vie, AFME, Empreinte Ecologique, Bilan Carbone, etc.).

amelie.lafragette@gazdefrance.com