



HAL
open science

Quelle matérialité pour les relations ville-campagne ? Les enjeux de l'économie circulaire

Jean-Baptiste Bahers, Mathieu Durand

► **To cite this version:**

Jean-Baptiste Bahers, Mathieu Durand. Quelle matérialité pour les relations ville-campagne ? Les enjeux de l'économie circulaire. Pour. La revue du Groupe Ruralités, Éducation et Politiques, 2018, N° 236 (4), pp.135. 10.3917/pour.236.0133 . halshs-02177714

HAL Id: halshs-02177714

<https://shs.hal.science/halshs-02177714v1>

Submitted on 9 Jul 2019

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.

Bahers Jean-Baptiste, Durand Mathieu, « Quelle matérialité pour les relations ville-campagne ? Les enjeux de l'économie circulaire », *Pour*, 2018/4 (N° 236), p. 135-151. DOI : 10.3917/pour.236.0133. URL : <https://www-cairn-info.inshs.bib.cnrs.fr/revue-pour-2018-4-page-135.htm>

Quelle matérialité pour les relations ville-campagne ? Les enjeux de l'économie circulaire

BAHERS Jean-Baptiste, Ecole des Métiers de l'Environnement, UMR ESO
DURAND Mathieu, Université du Maine, UMR ESO

L'économie circulaire est une notion fortement mise en avant par un ensemble de politiques publiques françaises depuis la conférence environnementale de 2013. Introduite dans le débat national à partir de 2006 (Fan, Bourg, et Erkman 2006) sa définition reste incomplète et critiquée (Buclet 2015; Arnsperger et Bourg 2016; Ghisellini, Cialani, et Ulgiati 2016). Si l'entrée en matière est souvent écologique, l'argument décisif pour construire des politiques en la matière est plutôt socio-économique. Protéger l'environnement planétaire en limitant la consommation de ressources naturelles et développer le territoire en incitant à la création d'emplois non délocalisables : tels sont les arguments promotionnels de l'économie circulaire.

Au-delà de cette appropriation sociale, l'enjeu de l'accentuation d'une circularité du modèle économique, réside dans la capacité à boucler les cycles biogéochimiques à une échelle donnée. Sans rentrer dans les débats autour de la pertinence socio-économique et écologique d'un tel bouclage de flux¹, il est déjà nécessaire d'identifier la façon dont ces flux circulent, ainsi que leur ancrage territorial. Les situations sont en effet très variées selon les territoires et selon les types de matières prises en compte. Le manque de définition de l'économie circulaire se caractérise notamment dans les interrogations qui persistent autour de sa dimension territoriale.

Cet article² cherchera donc à comprendre quels outils peuvent permettre de mesurer la dimension territoriale d'une circularisation des circuits économiques, et d'en analyser les résultats sur deux études de cas. Pour cela, nous évoquerons tout d'abord le métabolisme territorial comme méthodologie d'identification des flux, avant d'en comprendre les effets sur les villes de Rennes et du Mans. Enfin, dans une troisième partie conclusive, nous reviendrons sur la caractérisation des relations villes-campagnes, dans le cadre d'un nouvel agenda politique d'économie circulaire, que le concept de métabolisme territorial peut participer à explorer.

1. Le métabolisme territorial ou comment caractériser les liens entre la ville et son hinterland

L'une des méthodes pour mettre en avant la relation ville-campagne serait d'en estimer la matérialité, c'est-à-dire identifier l'ensemble des flux de matières et d'énergie qui la traversent. La méthodologie du métabolisme territorial permet d'atteindre ce genre d'objectif, avec toutefois une difficulté à territorialiser l'origine et la destination de ces flux. La notion d'hinterland, remise au goût

¹Ce point fera l'objet d'autres publications de la part des mêmes auteurs.

²Recherche initiée dans le cadre du projet de recherche MUEED (Métabolisme Urbain, Empreinte Ecologique et gestion des Déchets), financé par l'appel "Déchets et sociétés" de l'ADEME.

du jour, permet de compléter cette approche afin d'avoir une vision plus précise de la relation matérielle entre un espace urbain et son environnement spatial.

1.1. Le métabolisme territorial : une méthodologie de mesure des flux

L'approche du métabolisme territorial s'inscrit dans le champ de l'écologie territoriale (Barles 2010). Elle interroge le fonctionnement matériel des territoires en s'intéressant à l'ensemble des flux, qui entrent, sortent et sont transformés par le système urbain. L'enjeu du métabolisme territorial est ainsi de suivre les flux de matière et d'énergie afin de connaître leurs trajectoires, de comprendre quels sont les prélèvements dans la nature et les rejets vers cette dernière qu'impliquent les régimes socio-écologiques urbains (Fischer-Kowalski et Haberl 2007). Elle est une extension du concept de métabolisme urbain, en cela qu'elle s'intéresse aux territoires et non pas seulement aux villes, et qu'elle tend à ouvrir la « boîte » du système urbain afin d'embrasser la complexité des espaces qui l'entourent. Ainsi, les relations entre le fonctionnement des sociétés urbaines et la biosphère sont au cœur de ce concept. L'enjeu primordial est de s'intéresser aux opportunités de « *dématérialisation* » (Barles 2014) de la société, c'est-à-dire à réduire la consommation de matières en entrées et en sorties des territoires.

Pour autant, peu de travaux sur les métabolismes urbains et territoriaux ont été conduits depuis la première définition (Wolman 1965). Ce dernier avait tenté de modéliser le métabolisme d'une hypothétique ville américaine d'un million d'habitants, en établissant un bilan des entrées-sorties. Il s'agissait de comprendre les besoins et les rejets d'une ville. Kennedy, Pincetl et Bunje(2011) ont établi un bilan chronologique des études depuis le travail de Wolman, qui montre que les études de cas se sont surtout concentrées sur les échelles nationales et restent peu développées.

Le « journal of industrialecology » consacre son premier dossier en 2012 aux systèmes urbains durables et fait une part belle aux articles sur les métabolismes urbains. Kennedy et Hoomweg(2012)dressent un cadre pour homogénéiser la collecte de données afin de stabiliser la méthodologie de réalisation d'un métabolisme urbain, en montrant qu'il s'agit autant d'un enjeu scientifique qu'opérationnel pour la durabilité des villes. Anu Ramaswami, Abel Chavez et Marian Chertow(2012), ainsi que Eugene Mohareb et Christopher Kennedy(2012), démontrent l'importance de relier empreinte carbone et bilan de flux urbains. En effet, la question énergétique et des émissions de gaz à effet de serre est souvent explorée dans ce domaine de recherche, car elle permet d'identifier les liens avec les infrastructures, les transports et la circulation des matériaux. Enfin, un article(Broto, Allen, et Rapoport 2012) montre le potentiel de synergies interdisciplinaires qui peuvent être utilisées au travers du concept de métabolisme urbain. Ces études entre circulation des flux et pratiques sociales seraient très utiles dans la construction des politiques d'aménagement du territoire.

Il reste de nombreuses pistes scientifiques à explorer dans le développement de ces méthodes. Certaines études vont au-delà de la comptabilisation du métabolisme pour interroger le rôle des acteurs dans le management des ressources et identifier des modes de gouvernance qui invitent à la meilleure prise en compte de ces flux (Binder, Hofer, Wiek, et Scholz 2004; Binder 2007; Binder, Hinkel, Bots, et Pahl-Wostl 2013). Certains travaux développent des approches multiscalaires pour comprendre les dysfonctionnements de régulation publique et de positionnement des acteurs dans la chaîne (D'Alisa, Di Nola, et Giampietro 2012). Stéphanie Pincetl(Pincetl et al., 2012) plaide, quant à elle, pour un métabolisme urbain 2.0, intégrant les systèmes humains, sociaux, politiques et économiques qui structurent et gouvernent le processus métabolique spécifique. Enfin, Newell et Cousins (2015) proposent de coupler les approches issues de *l'IndustrialEcology* et de *l'UrbanPoliticalEcology* afin d'explorer les liens entre ces champs sous l'intitulé de « *metabolism of the urbanecosystem* ». D'autres auteurs (Pincetl, Bunje, et Holmes 2012; Dehaene et Tornaghi [s.d.]; McClintock 2014) ont également produit des tentatives dans cette perspective, notamment en mobilisant la filière d'agriculture urbaine.

1.2. Une analyse territorialisée du métabolisme à partir de la notion d'hinterland

Les méthodes permettant de caractériser le métabolisme territorial sont majoritairement issues de la modélisation en ingénierie environnementale. Elles sont multiples et en phase de consolidation. Yan Zhang (2013) propose une revue des méthodes d'évaluation du métabolisme urbain. Il les définit de manière assez élargie, car il ne considère pas moins de sept méthodes : la *Material Flow Analysis*

(MFA), l'Emergy (energy flow) Analysis, l'EcologicalfootprintAnalysis, l'Ecologicaldynamics, l'Ecological network Analysis, l'Input-output Analysis, le Processanalysis.

Pour n'en décrire que certaines, la méthode MFA reste la plus utilisée et la plus robuste. Elle permet d'identifier les principaux flux entrants et sortants d'un système et ainsi de mesurer les pressions urbaines sur l'environnement. Dans une perspective systémique, il s'agit de compter les entrées et les sorties de matière et d'énergie de chaque sous-système et de tracer leurs trajectoires en fonction de leurs qualités physiques (Ayres et Ayres 2002). Ces flux constituent un cycle fermé permettant d'entrevoir la cause et les sources des externalités économiques telles que les pollutions ou les flux secondaires. Ils s'attachent à l'analyse du « métabolisme de l'anthroposphère » - pour reprendre le titre d'un ouvrage fondateur de Peter Baccini et Paul Brunner (1991) - centré sur les activités humaines.

Les analyses de Sabine Barles restent pionnières (Barles 2009; Barles 2014). Elle réalise récemment le bilan de matières brutes de Paris, de l'Ile-de-France, de la Haute-Garonne, de l'Ariège et de Midi-Pyrénées, afin d'obtenir des indicateurs de la performance « écologique » de territoires départementaux ou régionaux et de réfléchir aux profils matériels de ces espaces.

Cette méthode a également donné lieu à des prolongements intéressants très récemment. Aristide Athanassiadis (Athanassiadis et al. 2016) s'est intéressé aux angles morts de ces études, notamment les flux d'eau et les flux indirects liés aux importations et exportations de marchandises. Il identifie également des facteurs historiques qui font varier le métabolisme de l'agglomération bruxelloise (40 ans après les travaux pionniers de Jacques Duvignaud !). Leonardo Rosado (Rosado, Kalmykova, et Patrício 2016) mobilise également cette notion de facteurs de variation pour identifier trois profils économiques de villes à partir des indicateurs du MFA.

Enfin, cette approche s'enrichit des travaux sur les relations des villes à leur hinterland. La localisation, aussi bien que la nature de l'influence, déterminent le type de relations qui s'établissent, sur le temps long, entre la ville et les milieux ruraux. Un numéro spécial traite des empreintes environnementales des villes à travers onze études de cas dans des temporalités longues (Billen, Garnier, et Barles 2012). Ce numéro de la revue « Regional Environmental Change » veut remettre la question des relations entre la ville et son hinterland au centre des préoccupations, à l'opposé de la vision du monde globalisé dans lequel les villes seraient de simples nœuds des réseaux d'échanges mondiaux. Ces travaux appellent ainsi à une meilleure caractérisation et maîtrise des empreintes environnementales urbaines en fonction des espaces ruraux qui approvisionnent la ville en eau, matériaux et nutriments. Cela nous conduit donc à mener une analyse inter-scalaire, voir interterritoriale. Les relations villes-régions ou « villes – campagnes » sont complexes (voir la thèse de Sabine Bognon (2014) qui explique pourquoi les deux types de territoires ne se parlent pas) et très influentes dans le profil métabolique des territoires.

2. Le métabolisme de Rennes et du Mans : une lecture à travers les collectivités urbaines

La méthodologie précédente a été appliquée à deux métropoles de taille moyenne de l'Ouest français, alors que l'essentiel des recherches précédentes avait identifié le métabolisme de territoires administratifs plus larges, s'appuyant sur des bases de données plus accessibles à ces échelles (départements, régions ou mégalo-poles). Le choix de travailler à l'échelle d'un espace urbain permet justement d'interroger la relation entre la ville et la campagne, avec toutes les limites que la fragmentation très binaire de ces espaces suppose. Il ne s'agit pas de considérer que la ville serait exclusivement consommatrice et émettrice de matière, alors que la campagne ne serait que productrice et réceptrice. L'objet est de réfléchir, sur la base d'une connaissance plus fine des flux, à la relation entre un espace polarisé, concentrant activités et populations d'une part, et son environnement plus ou moins large d'autre part (allant de sa périphérie rurale proche à des échelles nationales et internationales). Dans quelle mesure la matérialité de la ville dépend de son environnement proche pour fonctionner ?

2.1. Des espaces urbains au territoire partiellement agricole

Le Mans et Rennes sont deux métropoles de tailles intermédiaires de l'Ouest français, *respectivement* peuplées de 184 446 et 414 149 habitants³ (INSEE, 2012). Ces chiffres de population concernent la Communauté Urbaine de Le Mans Métropole et la Communauté d'Agglomération de Rennes Métropole. Pour concrétiser l'objectif établi précédemment de travailler à l'échelle de villes, il a fallu délimiter le périmètre de ces espaces urbains. Si l'Unité urbaine (en tant qu'espace urbain aggloméré et construit de façon continue - INSEE) aurait été plus adaptée en terme de morphologie urbaine et de fonctionnement des flux, c'est finalement l'EPCI (Etablissement Public de Coopération Intercommunale) regroupant la ville centre et les communes voisines qui a été choisi. Cet échelon offre en effet le double avantage de la disponibilité (relative) des données et de l'unité politique permettant de porter (éventuellement) des projets de maîtrise des flux.

Or la structuration territoriale de ces institutions est très différente. Le Mans Métropole se concentre en effet, au moment de l'identification du métabolisme (2012) sur un espace resserré autour de la ville-centre (c'est moins le cas depuis 2012, puisque l'EPCI a absorbé 5 nouvelles communes en 2013, puis 5 autres en 2017). La Communauté urbaine était en effet composée en 2012 de 9 communes⁴, comprenant 185 308 habitants pour une superficie de 157,41 km² (INSEE, 2013). Le territoire est donc très centré sur l'espace urbain et n'intègre que peu d'espaces agricoles : la SAU (Surface Agricole Utile) ne représente que 26% de la superficie de la ville⁵.

Au contraire, Rennes Métropole est beaucoup plus étendue. Deux fois plus peuplée que Le Mans (426 502 habitants en 2013), la communauté d'agglomération est également 4,5 fois plus étendue avec une superficie de 711,3 km². Un tel écart entre les ratios de population et de superficie des deux villes s'explique par le fait que Rennes Métropole soit composée de 37 communes. Si la ville centre de Rennes est également bien plus peuplée que celle du Mans, cette superficie offre à la capitale bretonne (Rennes) de vastes territoires agricoles qui recouvrent (SAU) 45% de sa surface (INSEE, 2013). La ville est ainsi en capacité d'avoir une production de matières premières (agricoles ou minérales) plus importante que celle du Mans.

Au-delà de ce potentiel de production primaire, on retrouve un léger différentiel de dynamisme entre Rennes et Le Mans. La première a en effet connu une croissance démographique de 1,2% entre 2008 et 2013, quand pour la seconde celle-ci se limitait à 0,2% (avec même une perte de population dans la ville centre). Cette différence s'exprime également dans un secteur clef pour comprendre le métabolisme d'une ville, celui de la construction. Le nombre de logements a en effet progressé de 9,5% entre 2008 et 2013 à Rennes Métropole, contre seulement 3,4% à Le Mans Métropole. Le dynamisme plus important de Rennes annonce donc des résultats différents en termes de métabolisme. Ainsi, la part des entreprises classée dans la sphère productive⁶ par l'INSEE est de 42,1% à Rennes, contre 34,8% au Mans. Ces informations sont corroborées par le nombre d'emplois et d'entreprises existants dans les secteurs agricoles et de la construction⁷, toujours plus importants à Rennes (en valeur absolue comme relative) qu'au Mans.

³La population de 2012 est retenue puisqu'il s'agit de l'année de référence pour la collecte de l'ensemble des données.

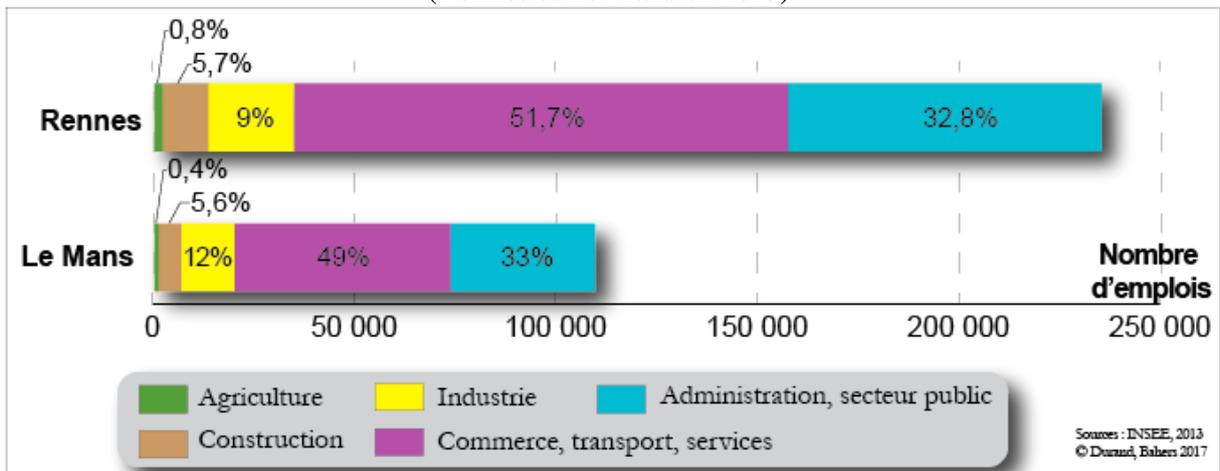
⁴En 2017, Le Mans Métropole, ayant incorporé 10 nouvelles communes, atteint une superficie de 267 km² pour 205 399 habitants.

⁵Ce terme de "ville" sera dorénavant toujours utilisé au sens de l'EPCI de référence en 2012

⁶Selon l'INSEE, le secteur productif correspond aux « activités qui produisent des biens majoritairement consommés hors de la zone ».

⁷Pour avoir une vision complète sur le secteur productif, il faudrait pouvoir identifier les emplois et les entreprises relevant réellement de la "production" au sein du secteur "industrie" de l'INSEE.

Figure n°1. Part des secteurs économiques ayant un impact sur la matérialité des sociétés (Rennes et Le Mans en 2013)



Source : INSEE, 2013

On retrouve certaines similitudes dans la localisation et le mode de fonctionnement du Mans et de Rennes. Toutes deux situées dans l'ouest de la France, elles sont à l'écart des grands flux de transit internationaux traversant le pays. Elles sont cependant les exutoires terrestres naturels de la Bretagne pour Rennes et de tout l'ouest (Bretagne et Pays de la Loire) pour Le Mans. Elles constituent par exemple les portes de sorties routières et ferroviaires en direction de la région parisienne. Les deux villes sont toutefois bien connectées aux flux internationaux de marchandises via la proximité de plusieurs grands ports français (Saint-Nazaire, Caen et même Le Havre).

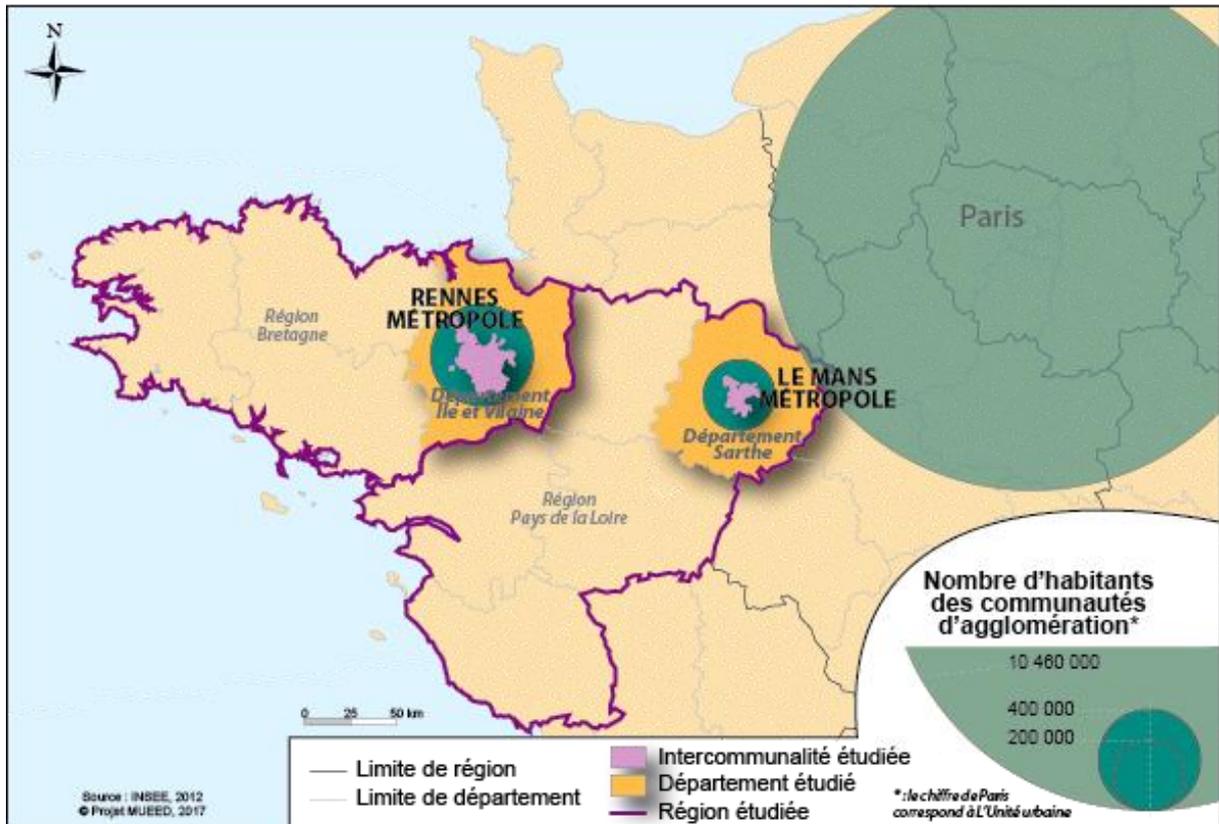


Figure n°2. Carte de localisation des villes étudiées

2.2. Vers une spatialisation des flux

L'approche méthodologique se centre dans cet article sur une perspective de spatialisation des flux. Ainsi, certaines composantes du métabolisme territorial sont donc étudiées de manière approfondie (cf. figure 3), quand d'autres ne sont pas investiguées ici et font l'objet d'autres publications. L'empreinte spatiale des approvisionnements et de rejets est étudiée, ce qui nous permet de décrire l'étendue des territoires mobilisés pour chaque type de matières. Les flux suivants sont donc investis dans ce projet :

- **Les flux d'importation**, qui sont catégorisés selon les grands types de marchandises (appareils manufacturés, produits agricoles et alimentaires, matériaux de construction, minerais et produits métallurgiques, engrais et produits chimiques, combustibles et produits pétroliers, matières premières secondaires et autres).
- **Les flux d'exportation de marchandises**. Cette approche spatialisée des exports nous offre de nombreuses pistes de discussion, car les villes sont elles-mêmes l'hinterland d'autres territoires.
- **Les flux de rejets émis dans le milieu naturel**. Il s'agit des rejets en milieu atmosphérique, des pollutions diffuses, ainsi que des déchets urbains (éliminés ou recyclés, déchets ménagers (DMA) et des activités économiques (DAE) d'une part, matériaux de construction d'autre part), ce qui permet d'identifier les échelles spatiales de recyclage, valorisation, et élimination (lorsqu'ils ne sont pas traités localement).
- **Les flux restant sur le territoire (addition au stock)**. Le différentiel entre les matières importées et extraites localement, avec celles exportées et rejetées, correspond à l'addition au stock. Il s'agit donc des matériaux conservés dans la ville. Il peut s'agir de bâtiments construits, restant donc sur place, mais aussi de biens manufacturés durables ou d'infrastructures.

Chacun de ces flux est exprimé en fonction des aires d'approvisionnement et d'émission. C'est-à-dire que les schémas suivants vont représenter les endroits d'où viennent les flux ou les endroits où ils sont évacués. Il est à noter que seuls les flux directement utilisés ou consommés dans la ville sont recensés dans les figures 3. Cette approche spatialisée des imports et exports, consistant en un complément par rapport aux méthodologies antérieures, nous offre de nombreuses pistes de discussion. Afin d'améliorer ce modèle, nous avons en effet intégré une dimension absente de la méthodologie initiale, la dimension spatiale. Cette approche multiscalaire du métabolisme permet d'aborder les questions relatives aux échelles d'approvisionnement et de rejets, ainsi que les relations de la ville avec son hinterland.

L'identification des sources de données spatialisées est en lien avec l'approche complète du métabolisme territorial. Dans le meilleur des cas, les bases de données que nous utilisons, comme celles du BRGM⁸ (pour les matériaux de construction), d'AGRESTE⁹ (pour les produits agricoles), et de SITRAM¹⁰ (pour les flux d'importation et d'exportation de marchandises) fournissent ce type d'information. Si ce n'est pas possible, un travail empirique lourd a permis de collecter les données manquantes de production de ressources et rejets auprès de gestionnaires et des prestataires de la ville.

⁸Bureau de Recherche Géologiques et Minières

⁹ Base de données statistique et évaluation pour la prospective agricole du ministère de l'Agriculture.

¹⁰ Base de données Système d'information sur les transports de marchandises du Ministère de l'Environnement.

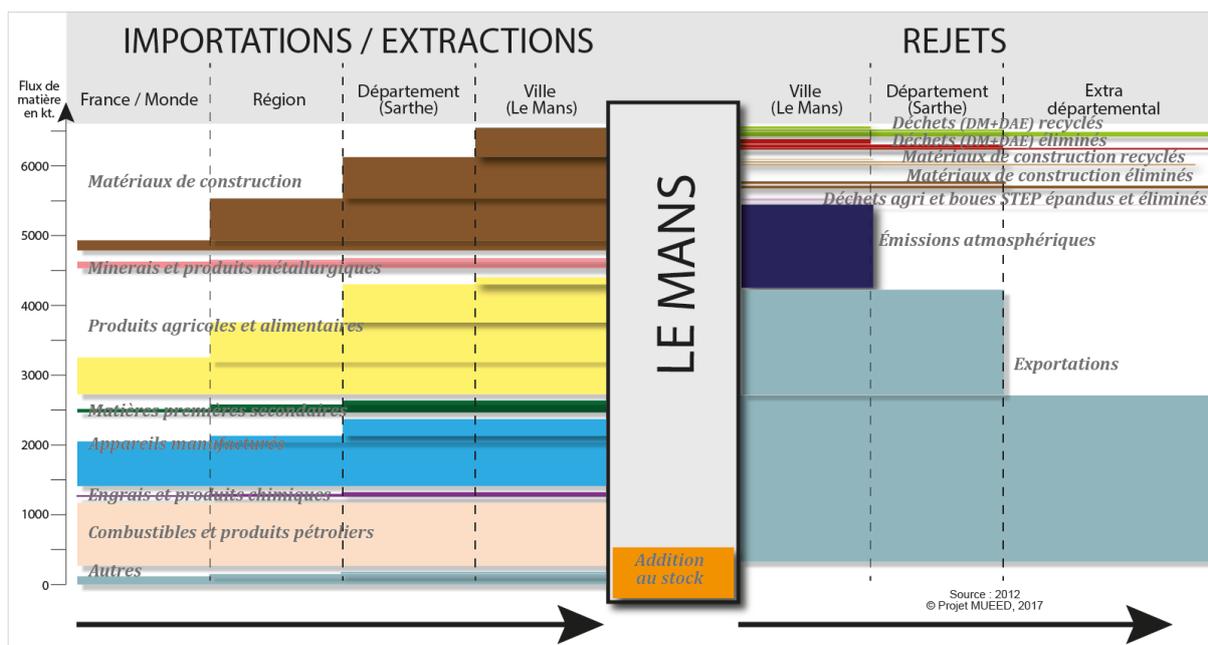
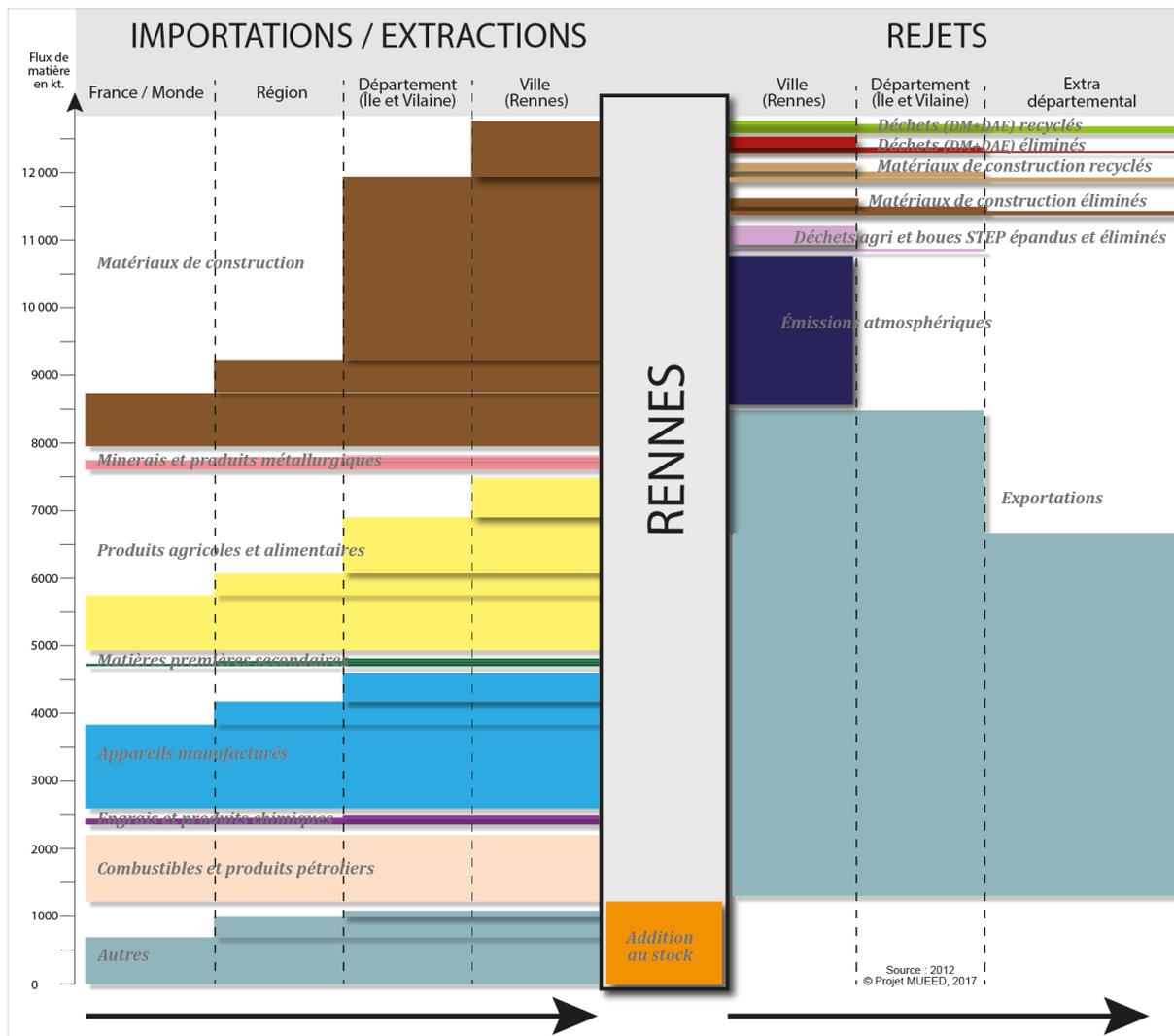


Figure n°3. Métabolisme simplifié de a) Rennes métropole (2012), b) Le Mans métropole (2012)

3. Les relations matérielles ville-campagne

3.1. Relations matérielles entre villes et territoires d'approvisionnement

Cette section s'intéresse aux importations directes de matières. Nous n'évoquerons pas ici les flux indirects liés aux importations, qui nécessitent des études approfondies des filières de production et d'extraction. Il est également à noter que ces importations de marchandises ne sont pas égales à la consommation matérielle urbaine (puisque une part des flux identifiés ne fait que transiter par la ville), qui n'est pas l'objet d'étude ici. Concernant leurs approvisionnements, les métabolismes des villes de Rennes et du Mans font apparaître des résultats similaires en terme de grandes masses. Les deux principaux flux sont les matériaux de construction (respectivement 46% et 33% pour Rennes et Le Mans de la totalité des flux importés), suivi des produits agricoles et alimentaires (25 et 33%). Or il se trouve que ces deux produits ont une provenance essentiellement locale. 74% des matériaux de construction rennais proviennent de la ville même ou du département l'entourant, contre 58% au Mans (ce chiffre monte à 92% si on intègre la région Pays de la Loire). Le caractère pondéreux de ces matériaux impose en effet leur gestion à proximité du site d'utilisation. L'hinterland, c'est-à-dire l'espace d'approvisionnement d'une ville est alors nécessairement limité par des considérations technico-économiques.

Le constat est similaire, quoiqu'un peu moins marqué, concernant les produits agricoles et alimentaires, qui proviennent à hauteur de 68% (Rennes) et 70% (Le Mans) de l'échelle régionale. Reste donc environ 1/3 des produits alimentaires qui sont importés depuis le reste du territoire national et international. Les résultats sont totalement différents dans des régions bien moins agricoles, puisque Rennes et le Mans peuvent bénéficier de grandes régions d'élevage et de culture à proximité. Cette proximité est d'autant plus forte à Rennes où 23% de ces produits proviennent du territoire même de la communauté d'agglomération. Au Mans ce chiffre descend à 6%, notamment du fait resserrement de l'EPCI sur la zone urbaine en 2012.

A l'inverse, les flux parcourant des distances importantes sont les combustibles et produits pétroliers (100% de l'échelle extra-régionale sur les deux villes), les minerais et produits métallurgiques (86% à Rennes et 93% au Mans), ainsi que les appareils manufacturés (62% à Rennes contre 67% au Mans). Les deux territoires ne sont évidemment pas des territoires de production de ce type de matières premières et, quoique villes au passif industrielles, ne produisent aujourd'hui directement que très peu d'appareils manufacturés. Sur ces trois entrées, l'échelle urbaine représente chaque fois 0% de la consommation. Les quelques importations locales proviennent donc du département ou de la région.

Enfin, concernant les matières premières secondaires (MPS), c'est-à-dire la consommation de déchets recyclés, on retrouve un approvisionnement globalement équilibré entre l'échelle départementale, régionale et extra-régionale. La ville semble dans les deux cas très peu récupératrice de MPS.

La différence de matérialité des sociétés rennaises et mancelles est également à évaluer en valeur absolue. En effet, à Rennes la consommation de matière est de 12 896 ktonnes annuelles, contre 6 541 ktonnes au Mans. Ce gisement représente respectivement une importation par habitant de 30,8 t./an et 35,5t./an. La légère supériorité de l'approvisionnement mancelle, peut probablement être davantage expliquée par la caractérisation du tissu productif (industries, mais aussi transport et logistique) de la ville que par le mode de consommation et le niveau de richesse de sa population.

Par ailleurs, cette relation est particulière aux villes moyennes, puisqu'à Paris et sa petite couronne cette importation annuelle par habitant descend à 11 t./an (Barles 2009). La concentration de population et d'activité (en grande partie tertiaire), semble ainsi permettre une réduction de l'approvisionnement direct des villes (qui est en réalité compensée par une large externalisation de ces importations par d'autres territoires productifs).

Il est à noter qu'il s'agit bien d'une analyse des flux importés, qui ne sont pas tous consommés dans la ville. En effet, certains flux ne sont que transités et exportés directement vers d'autres

territoires, donnant également une indication sur la fonction logistique de la ville. Ces derniers concernent donc les relations des villes à leurs territoires d'exports et de rejets.

3.2. Relations matérielles entre villes et territoires d'exportations et de rejets

Concernant les flux sortants, les relations matérielles entre villes et territoires se différencient par grande catégorie :

➤ *La catégorie des exports de marchandises.*

Elle concerne la majeure partie des flux sortants (23,2T/hab. au Mans et 18,9T/hab. à Rennes). Les territoires d'exports pour les métabolismes du Mans et de Rennes sont assez différents, même si les deux villes jouent le rôle de répartition matérielle dans leur département respectif. En effet, si elles concentrent de nombreux flux entrants dans les départements, une grande partie des marchandises qui sont transformées ou transitent vers les autres villes du département (39% pour Le Mans et 26% à Rennes). La part des exports dans la région est moins saillante que celle en France et à l'internationale (40% des exports du Mans et 64% à Rennes). Pour les deux villes, les appareils manufacturés sont la catégorie de marchandises les plus transportées, ce qui s'explique par une concentration d'activités industrielles et logistiques proche des aires urbaines.

Tableau 1 : Echelles territoriales des exportations de marchandises (2012)

Export	Le Mans	Rennes
Département	38,94%	25,61%
Région	21,75%	10,61%
France et international	39,31%	63,78%

➤ *La catégorie des rejets vers la nature et des déchets urbains*

Les émissions atmosphériques sont de loin le flux le plus important concernant les rejets urbains. Elles représentent 1306 kT au Mans, donc 6,6 T/hab., et 2399 kT, donc 5,6 kT/hab. à Rennes. Ce sont des rejets vers l'air qui sont directement émis depuis les villes, même si leur impact est globalisé, notamment en ce qui concerne les gaz à effet de serre.

Les autres flux sortants concernent les déchets urbains mis en décharge ou épandus sur des sols agricoles. Ce sont les déchets issus des ménages, des entreprises, du secteur du BTP, des services des collectivités et de l'agriculture. Il est important de noter qu'une partie de ces déchets urbains non négligeable est exportée hors du territoire. Cette externalisation des rejets urbains (0,7 T/hab. au Mans et à Rennes) n'est pas négligeable par rapport aux déchets traités localement (0,4 T/hab. au Mans et 1,3 T/hab. à Rennes).

Concernant les flux sortants, on retrouve à nouveau la présence des matériaux de construction qui, si l'on joint les matériaux recyclés et ceux éliminés, représente entre 42% (Rennes) et 32% des déchets produits sur le territoire. Ceux-ci sont majoritairement gérés à l'échelle départementale (100%, notamment du fait d'une mise en œuvre à cette échelle des plans de gestion des déchets de la construction, mais pas systématiquement ce qui montre la limite de ces politiques. A l'intérieur de ce département, la ville gère elle-même une bonne partie de ces matériaux. 31% des matériaux de construction sont recyclés à l'intérieur de Rennes Métropole, contre 18,5% au Mans. Le niveau d'élimination de ces matériaux (dans des Installations de Stockage de Déchets Inertes) atteint 46% à l'intérieur de la ville de Rennes, du fait de la présence d'un large territoire rural permettant l'implantation de ce genre d'équipement. Le territoire du Mans ne dispose de tel centre de stockage, ce qui impose une élimination de ces matériaux à l'échelle départementale (100%).

Les autres déchets ne représentent quant à eux le reste des flux sortants. S'ils sont pour l'essentiel éliminés au sein même de la ville de production (72% à Rennes et 61% au Mans), leur recyclage se fait en grande partie à l'échelle extra-régionale (respectivement 54% et 62%).

➤ *La catégorie de ce qui reste dans la ville*

Une partie du recyclage est réalisée à l'intérieure de la ville (24% au Mans sur les 148kT recyclés et 34% à Rennes sur les 459kT), même si la majeure partie s'exporte hors du territoire. Selon les catégories de déchets, la structuration spatiale des filières et les stratégies d'acteurs (Durand, Bahers, et Beraud 2016), ces flux sont expédiés plus ou moins facilement.

Une partie des matériaux reste également à l'intérieur de la ville sous forme de bâtiments construits, sous forme de biens durables et d'infrastructures, etc. Il s'agit de l'addition au stock. C'est une partie importante du métabolisme des villes, qui représente 1522 T au Mans et 3006 T à Rennes qui se sont additionnés en 2012 au stock déjà très élevé de ces villes.

3.3. *Vers une socio-matérialité des relations villes-campagnes ?*

En complément des aspects quantitatifs présentés ci-dessus, l'analyse de la gouvernance des flux et l'appropriation par les acteurs des enjeux des métabolismes territoriaux est très intéressante. Elle aboutit à l'étude qualitative de la configuration des filières qui pilotent ces échanges de flux. En effet, ces acteurs qui « pratiquent » les ressources sont essentiels dans l'aboutissement des opérations et il est important de connaître leurs logiques, intérêts et contraintes. Par ailleurs, leurs stratégies sont en pleine mutation avec l'avènement d'une notion qui fait florès : l'économie circulaire. Comment ces acteurs intègrent et s'approprient ces nouveaux enjeux ? Il s'agit en cela de questionner leur perception de la relation ville-campagne renouvelée à l'aune de l'agenda politique d'économie circulaire.

D'après nos enquêtes réalisées sur une soixantaine d'acteurs entre 2013 et 2015, à l'aide d'entretiens semi-directifs et d'observation de terrains, ces derniers évoquent ces enjeux selon différentes perspectives :

➤ *Des enjeux de rapprochement spatio-économique*

L'appropriation du territoire dans la gestion des flux se fait par une volonté de développer des circuits-courts (pas seulement alimentaires) et de privilégier des relations économiques plus directes. Par exemple, « *l'ancrage territorial* » fait partie des priorités mises en œuvre par les professionnels de la construction pour se fournir en matières, qu'elles soient premières ou secondaires (Secrétaire Général de l'UNICEM, 2014). Les entreprises invitent également les acteurs du territoire, au premier rang desquels les collectivités locales, à « *jouer le jeu de l'auto-consommation* » (Responsable centre de stockage, 2014) pour écouler les matières recyclées. Il s'agit également de court-circuiter les schémas classiques de la collecte sélective de la collectivité. Cette pratique, qui est nommée la « *collecte parallèle* » (Responsable centre de recyclage, 2014), est un moyen d'éviter un intermédiaire dans la chaîne de récupération et l'exportation des matières récupérées. Elle s'inscrit pleinement dans cette tentative de rapprochement entre producteur et consommateur.

De nombreuses collectivités revendiquent également leur volonté de conserver leurs déchets sur le territoire, ce qui est révélateur de nouvelles dynamiques en cours. Pour autant, certains acteurs évoquent la difficulté de réintroduire du papier recyclé en France car « *le marché français est excédentaire en papier recyclé et bon nombre d'ouvrages sont imprimés en Chine [...] Pour le coup, si on veut parler de circuit court c'est raté.* » » (Responsable centre de recyclage, 2014). D'autres évoquent la lutte qui s'engage parfois avec les éco-organismes qui, par exemple sur les DEEE (Déchets d'Équipement Électriques et Electroniques), privilégie les logiques de filières aux logiques territoriales : « *les éco-organismes DEEE ne cherchent pas à favoriser la proximité. Ce qui leur importe principalement, c'est le prix* » (Responsable entreprise d'insertion, 2014), ou encore les éco-organismes réorganisent les filières locales selon leurs critères et « *souvent les filières REP viennent casser les partenariats locaux* » (Responsable collectivité locale, 2014).

➤ *Des enjeux de territorialisation des politiques (publiques et privées)*

Les collectivités sont souvent mises en avant, en tant que gestionnaires et garantes des marchés publics. Elles mettent en place parfois des stratégies de contournement pour éviter l'interdiction de favoriser des infrastructures locales. L'introduction de critères environnementaux dans les marchés publics est ainsi régulièrement utilisée pour tenter de limiter les distances parcourues. Il est également

possible de placer d'autres critères techniques venant contraindre l'utilisation d'installations trop lointaines en imposant « *au moins un lieu de déchargement des véhicules de collecte qui soit à moins de 15 km du bassin du territoire* ». (Responsable service déchets collectivité, 2014). Une autre façon d'insérer plus facilement des clauses sociales et environnementales est de fractionner une prestation en plusieurs lots de manière à « *promouvoir l'intermédiaire de petites structures locales d'économie sociale et solidaire* » (Responsable service déchets collectivité, 2014).

Au niveau de la planification territoriale, le Conseil régional, aujourd'hui à la fois en charge des plans de gestion des déchets et des plans de développement économique (ayant d'ailleurs dorénavant un volet économie circulaire) pourrait « *structurer les filières avec une vraie politique régionale grâce à des moyens financiers, de la simplification administrative* » (Responsable centre de traitement, 2014). Dans le même temps, la course à la massification des flux est à l'œuvre avec une recherche de plus en plus importante d'outils techniques optimisés et rentables : « *on va vers des centres de tri de plus en plus grands, donc on va se retrouver face à un problème de concurrence sur le territoire, face à des centres de tri gérés de façon monopolistique sur un territoire par une entreprise* » (Responsable centre de traitement, 2015)¹¹.

Ainsi, entre volonté économique et contraintes techniques, les acteurs en capacité d'intervenir sur de nouvelles relations socio-matérielles entre ville et territoires d'approvisionnement/de rejets sont mis à l'épreuve. La confrontation entre l'analyse des flux matériels et les stratégies socio-politiques sont importantes pour saisir la complexité des enjeux métaboliques.

Conclusion

Pendant plusieurs décennies (depuis l'après deuxième guerre mondiale) les idées de distanciation entre la ville et son territoire environnant ont été mises en avant au titre de l'internationalisation des échanges de biens et de services (libéralisation de l'économie) et de la disparition de la dépendance d'une ville sur les zones rurales voisines (sécurisation des approvisionnements). Pour autant, l'analyse effective des flux de matière montre qu'une part importante des flux circule toujours aux échelles locales. S'il ne s'agit pas des flux les plus visibles, ils sont pourtant présents dans notre quotidien (matériaux de construction, produit alimentaire). L'analyse du métabolisme territorial reste encore largement à parfaire d'un point de vue méthodologique, notamment pour aller vers une identification plus simple des flux à des échelles variées. La mise en évidence d'un tel métabolisme est en effet pour le moment réservée à des chercheurs impliqués sur le long terme sur cette question. A terme, afin de pouvoir mener des politiques publiques visant à répondre aux enjeux environnementaux et socio-économiques contemporains, chaque territoire devra être en capacité d'identifier et d'actualiser rapidement son propre métabolisme. C'est dans ces conditions qu'une économie circulaire à géographie maîtrisée pourra voir le jour.

Bibliographie

ARNSPERGER C., BOURG D., 2016, Vers une économie authentiquement circulaire: Réflexions sur les fondements d'un indicateur de circularité, *Revue de l'OFCE*, 2016 , vol. 145, n°1, p. 91. < <http://dx.doi.org/10.3917/reof.145.0091> >

ATHANASSIADIS A., BOUILLARD P., CRAWFORD R. H., KHAN A. Z., 2016, Towards a Dynamic Approach to Urban Metabolism: Tracing the Temporal Evolution of Brussels' Urban Metabolism from 1970 to 2010, *Journal of Industrial Ecology*, 1 juillet 2016 , p. n/a-n/a. < <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12451> >

AYRES P. R. U., AYRES L. W., 2002, *A Handbook of Industrial Ecology*, Cheltenham, UK ; Northampton, MA, Edward Elgar Publishing Ltd, 704 p.

¹¹Pour plus d'information sur cet aspect territorial de la gestion des déchets, cf. Durand, Bahers et Beraud 2016

BACCINI P., H.BRUNNER P., 1991, *Metabolism of the Anthroposphere*, Berlin; New York, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K, 169 p.

BARLES S., 2010, Society, energy and materials: the contribution of urban metabolism studies to sustainable urban development issues, *Journal of Environmental Planning and Management*, 2010 , vol. 53, n°4, p. 439–455.

BARLES S., 2014, L'écologie territoriale et les enjeux de la dématérialisation des sociétés : l'apport de l'analyse des flux de matières, *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 4 février 2014 , n°Vol. 5, n°1, < <http://dx.doi.org/10.4000/developpementdurable.10090> > (consultation le 3 janvier 2017)

BARLES S., 2009, Urban metabolism of Paris and its region, *Journal of Industrial Ecology*, 2009 , vol. 13, n°6, p. 898–913.

BILLEN G., GARNIER J., BARLES S., 2012, History of the urban environmental imprint: introduction to a multidisciplinary approach to the long-term relationships between Western cities and their hinterland, *Reg Environ Change*, 1 juin 2012 , vol. 12, n°2, p. 249-253. < <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-012-0298-1> >

BINDER C. R., 2007, From material flow analysis to material flow management Part I: social sciences modeling approaches coupled to MFA, *Journal of Cleaner Production*, novembre 2007 , vol. 15, n°17, p. 1596-1604. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.08.006> >

BINDER C. R., HINKEL J., BOTS P. W. G., PAHL-WOSTL C., 2013, Comparison of Frameworks for Analyzing Social-ecological Systems, *Ecology and Society*, 2013 , vol. 18, n°4, < <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05551-180426> >

BINDER C. R., HOFER C., WIEK A., SCHOLZ R. W., 2004, Transition towards improved regional wood flows by integrating material flux analysis and agent analysis: the case of Appenzell Ausserrhoden, Switzerland, *Ecological Economics*, 10 mai 2004 , vol. 49, n°1, p. 1-17. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.10.021> >

BOGNON S., 2014, *Les transformations de l'approvisionnement alimentaire dans la métropole parisienne. Trajectoire socio-écologique et construction de proximités*, phdthesis, Université Paris 1, < <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01175746/document> > (consultation le 3 janvier 2017)

BROTO V. C., ALLEN A., RAPOPORT E., 2012, Interdisciplinary perspectives on urban metabolism, *Journal of Industrial Ecology*, 2012 , vol. 16, n°6, p. 851–861.

BUCLET S. LA DIRECTION DE N., 2015, *Essai d'écologie territoriale. L'exemple d'Aussois en Savoie*, Paris, CNRS Editions, 218 p.

D'ALISA G., DI NOLA M. F., GIAMPIETRO M., 2012, A multi-scale analysis of urban waste metabolism: density of waste disposed in Campania, *Journal of Cleaner Production*, 2012 , vol. 35, p. 59–70.

DEHAENE M., TORNAGHI C., [s.d.], Urban Metabolism and Urban Agriculture: How might growing food in cities mend the metabolic rift, < http://www.academia.edu/14720059/Urban_Metabolism_and_Urban_Agriculture_How_might_growing_food_in_cities_mend_the_metabolic_rift > (consultation le 22 novembre 2016)

DURAND M., BAHERS J.-B., BERAUD H., 2016, Vers une économie circulaire... de proximité ? Une spatialité à géométrie variable, *Déchets, sciences et techniques*, 2016 , n°N°71, < <http://dx.doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.3384> > (consultation le 3 janvier 2017)

FAN X., BOURG D., ERKMAN S., 2006, L'économie circulaire en Chine. Vers une prise en compte de l'environnement dans le système économique chinois?, *Futuribles*, novembre 2006 , n°324, p. 21-41. < <http://dx.doi.org/10.1051/futur:200632421> >

FISCHER-KOWALSKI M., HABERL H., 2007, *Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*, Edward Elgar Publishing, 296 p.

GHISELLINI P., CIALANI C., ULGIATI S., 2016, A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems, *Journal of Cleaner Production*, février 2016 , vol. 114, p. 11-32. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007> >

KENNEDY C., HOORNWEG D., 2012, Mainstreaming Urban Metabolism, *Journal of Industrial Ecology*, 1 décembre 2012 , vol. 16, n°6, p. 780-782. < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00548.x> >

KENNEDY C., PINCETL S., BUNJE P., 2011, The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design, *Environmental Pollution*, août 2011 , vol. 159, n°8-9, p. 1965-1973. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.022> >

MCCLINTOCK N., 2014, Radical, reformist, and garden-variety neoliberal: coming to terms with urban agriculture's contradictions, *Local Environment*, 7 février 2014 , vol. 19, n°2, p. 147-171. < <http://dx.doi.org/10.1080/13549839.2012.752797> >

MOHAREB E., KENNEDY C., 2012, Gross Direct and Embodied Carbon Sinks for Urban Inventories, *Journal of Industrial Ecology*, 1 juin 2012 , vol. 16, n°3, p. 302-316. < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00445.x> >

PINCETL S., BUNJE P., HOLMES T., 2012, An expanded urban metabolism method: Toward a systems approach for assessing urban energy processes and causes, *Landscape and Urban Planning*, 15 septembre 2012 , vol. 107, n°3, p. 193-202. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.006> >

RAMASWAMI A., CHAVEZ A., CHERTOW M., 2012, Carbon Footprinting of Cities and Implications for Analysis of Urban Material and Energy Flows, *Journal of Industrial Ecology*, 1 décembre 2012 , vol. 16, n°6, p. 783-785. < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00569.x> >

ROSADO L., KALMYKOVA Y., PATRÍCIO J., 2016, Urban metabolism profiles. An empirical analysis of the material flow characteristics of three metropolitan areas in Sweden, *Journal of Cleaner Production*, 10 juillet 2016 , vol. 126, p. 206-217. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.139> >

WOLMAN A., 1965, The metabolism of cities, *Scientific American*, 1965 , vol. 213, n°3, p. 179-190.

ZHANG Y., 2013, Urban metabolism: A review of research methodologies, *Environmental Pollution*, juillet 2013 , vol. 178, p. 463-473. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.052> >