

Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines

UMR 7136 Architecture, Urbanisme, Sociétés

CNRS et Université de Paris 8

**Mesurer la performance écologique
des villes et des territoires :
Le métabolisme
de Paris et de l'Île-de-France**

Sabine BARLES

Rapport de recherche final pour le compte de la ville de Paris

Convention DASCO/2004-168 du 27 sept. 2004

Janvier 2007

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
AVANT-PROPOS.....	5
INTRODUCTION.....	7
1. METHODE.....	11
2. SOURCES	19
3. RESULTATS.....	57
4. UNE ACTION DE VALORISATION : LE COLLOQUE EMUE.....	71
CONCLUSION	77
BIBLIOGRAPHIE.....	81
ANNEXES	85
TABLES	85

AVANT-PROPOS

Le présent travail a été réalisé au sein du laboratoire Théorie des Mutations Urbaines (LTMU), composante de l'Unité mixte de recherche Architecture, Urbanisme, Sociétés (7136) du CNRS et de l'Université de Paris 8, pour le compte de la ville de Paris qui en a assuré le financement. Outre le LTMU, il a associé l'Unité mixte de recherche Sisyphe (7619) du CNRS et de l'Université de Paris 6 Pierre et Marie Curie) et le Centre d'Histoire des Techniques et de l'Environnement (Conservatoire national des arts et métiers, Paris). Il s'inscrit dans le programme de travail du PIREN-Seine (<http://www.sisyphe.jussieu.fr/internet/piren/>).

Les bases ont été posées par l'équipe constituée de Gilles Billen, Josette Garnier, Laurence Lestel, Sabine Barles. Natacha Lizerot et Tifenn Audrain ont apporté un précieux concours à la collecte des données. Leur inventaire a été complété par S. Barles, qui les a exploitées et a rédigé le présent document.

Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines
UMR CNRS 7136 Architecture Urbanisme Sociétés
Institut Français d'Urbanisme, Université de Paris 8
4, rue Alfred Nobel
Cité Descartes
F-77420 Champs-sur-Marne
tél. 33 (1) 64 68 91 62
fax 33 (1) 64 68 96 87
<http://www.univ-mlv.fr/~www-ltmu/>

INTRODUCTION

Le rôle central joué par les espaces urbanisés au regard des grands enjeux environnementaux contemporains et à venir ne fait pas de doute, qu'il s'agisse de l'échelle locale (fonctionnement des écosystèmes, santé publique), régionale (pollution atmosphérique acide et ou photochimique, effets sur les hydrosystèmes, etc.) ou planétaire (changement climatique, ouverture des cycles biogéochimiques). Principaux lieux de consommation, les villes constituent aujourd'hui les principaux lieux d'émission de polluants et déchets divers et contribuent à l'anthropisation de la biosphère.

Ces enjeux et ces impacts amont (prélèvements sur les ressources) et aval (rejets divers) sont souvent analysés de manière sectorielle : consommation énergétique liée aux transports urbains, consommation énergétique des bâtiments, émissions de gaz à effet de serre, pressions sur la ressource en eau, production de déchets urbains, rejets d'eaux usées, etc., inventaire à la Prévert qui montre bien les implications multiples des espaces urbains dans les problématiques environnementales.

Plusieurs méthodes existent aujourd'hui qui visent à dépasser ces approches sectorielles. Le concept d'*empreinte écologique* permet ainsi de déterminer la surface (fictive) affectée aux consommations d'un habitant moyen d'une ville, d'une région, d'un pays, voire de la planète¹. Elle a récemment été déterminée pour la France en général et la ville de Paris en particulier et a permis de montrer que le Parisien consomme l'équivalent de 6 hectares pour son alimentation, sa consommation de biens et services, ses déplacements, son logement — bien plus que la surface urbanisée qui lui est dévolue². Cependant, si l'intérêt de cet indicateur réside dans son caractère synthétique, il ne permet pas de rendre compte du fonctionnement biogéochimique des espaces urbains.

L'analyse du métabolisme urbain, c'est-à-dire l'identification des flux de matières qui entrent dans la ville, de leur transformation dans le système urbain, des flux de matières qui y sont stockés et de ceux qu'il émet constitue une approche complémentaire de celle de l'empreinte écologique qui présente un grand intérêt pour la compréhension du rôle environnemental des villes³ et se situe dans les perspectives ouvertes par l'écologie

¹ W. REES, M. WACKERNAGEL, *Our Ecological Footprint : Reducing Human Impact on the Earth*, Gabriola Island (Canada) : New Society Publishers, 1996.

² *L'empreinte écologique de la France*, WWF France, 2002. Depuis la remise de la proposition, elle a été déterminée pour l'Île-de-France, avec un résultat très voisin (5,58 ha/hab) : E. CORDEAU, I. NASCIMENTO, *L'empreinte écologique des habitants de la région Île-de-France : Première approche*, Paris : IAURIF, mai 2005.

³ P. BACCINI, P. H. BRUNNER, *Metabolism of the Anthroposphere*, Berlin : Springer Verlag, 1991 ; S. BARLES, « Le métabolisme urbain et la question écologique », *Annales de la recherche urbaine* (92),

industrielle¹ et territoriale. À partir de l'identification des principaux flux entrants (combustibles, aliments, biens, matières premières) et sortants (émissions diverses, déchets, produits finis ou semi-finis), l'analyse des flux de matières brutes (*material flow analysis - MFA*) permet de mesurer la pression urbaine sur l'environnement. Elle constitue le préalable à l'analyse des flux de substances (*substance flow analysis - SFA*) : carbone, azote, phosphore, métaux lourds, etc., dont la connaissance est indispensable à l'amélioration des performances écologiques des villes².

Jusqu'à présent, l'analyse des flux de matières brutes (*MFA*) et celle des flux de substances (*SFA*) sont restées relativement peu développées en France en ce qui concerne les espaces urbains — on notera néanmoins le travail de Bernard Dambrin³, réalisé voici vingt ans, qui posait les bases d'une analyse du métabolisme de l'agglomération parisienne. Des travaux conduits ailleurs en Europe (Amsterdam, Vienne, Stockholm) ont plus récemment montré la pertinence de la démarche.

L'objectif de ce travail est donc d'établir le métabolisme parisien et francilien en mettant dans un premier temps l'accent sur les flux de matières brutes, sur la base de la méthode standardisée proposée par les services de statistique de la Commission Européenne (EUROSTAT)⁴. Une telle démarche nécessite la localisation et la collecte d'un nombre important de données relativement éparses, pas toujours spatialisées. La mise en place de la matrice d'analyse constitue donc l'une des principales tâches à accomplir, l'idée étant de poser les bases d'un cadre d'analyse pérenne, d'une mise à jour aisée, permettant de suivre dans le temps l'évolution du métabolisme parisien. L'un des enjeux est de définir le cadre spatial de cette analyse, puisque, si les limites administratives de la Ville de Paris proprement dite constituent un cadre pérenne depuis 1860, celles de l'agglomération parisienne dans son ensemble sont mouvantes et plus difficiles à fixer.

L'outil ainsi constitué permettra d'engager une réflexion sur les conditions de l'amélioration des performances écologiques des villes, qu'il s'agisse des pratiques de

sept. 2002, p. 143-150 ; S. BRINGEZU, M. FISCHER-KOWALSKI, R. KLEIJN, V. PALM (eds.), *Regional and National Material Flow Accounting : From Paradigm to Practice*, Wuppertal : Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, [sept. 1997].

¹ G. BILLEN, F. TOUSSAINT, P. PEETERS, M. SAPIR, A. STEENHOUT, J. P. VANDERBORGHT, *L'écosystème Belgique. Essai d'écologie industrielle*, Bruxelles : Centre de recherche et d'information socio-politique, 1983 ; R. U. AYRES, U. K. SIMONIS (eds.), *Industrial Metabolism*, Tokyo : United Nations University Press, 1994 ; S. ERKMAN, *Vers une écologie industrielle*, Paris : éd. Charles Léopold Mayer & la librairie FPH, 1998.

² AYRES, SIMONIS, *op. cit.* ; BACCINI, BRUNNER, *op. cit.* ; R. KLEIJN, E. VAN DER VOET, « Material flow accounting », papier présenté au *4th Seminar on Industrial Ecology*, 14-15 juin 2001 ; AYRES, L. W. AYRES, (eds.), *A Handbook of Industrial Ecology*, Cheltenham : Edward Elgar, 2002.

³ B. DAMBRIN, *Écologie urbaine : Le cas de la région parisienne*, thèse de 3e cycle, Université de Paris VII, 1982.

⁴ 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.

gestion des flux urbains ou des conditions de la dématérialisation des sociétés urbaines¹. Il pourra aussi conduire à des comparaisons internationales.

Après avoir explicité les raisons du choix de la méthode EUROSTAT, la première partie du rapport en expose les grandes lignes puis fixe le cadre spatial de l'analyse. La deuxième partie fait l'inventaire critique des sources statistiques. La troisième donne et discute les résultats obtenus. La quatrième traite de l'action de valorisation constituée par le colloque EMUE, organisé en soutien du projet de recherche.

¹ E. U. WEIZSÄCKER, A. B. LOVINS, L. H. LOVINS, *Facteur 4. Deux fois plus de bien-être en consommant deux fois moins de ressources. Un rapport au Club de Rome*, Mens : Terre vivante, 1997.

1. METHODE

1.1. CHOIX DE LA METHODE

La première étape de la recherche a été consacrée au renforcement de la bibliographie (*cf. infra*, § « Bibliographie ») et au choix de la méthode d'analyse des flux de matières brutes. En effet, plusieurs équipes de recherche travaillent à ces questions depuis quelques années à l'échelle internationale et ont développé des approches différentes tant en ce qui concerne la définition des flux et la façon de les quantifier que la détermination des limites du système étudié.

Parmi celles-ci, deux méthodes semblent particulièrement abouties : la première, initiée par Peter Baccini et Paul H. Brunner¹, présente l'intérêt d'avoir été élaborée précisément pour les approches régionales et locales et d'avoir déjà été appliquée à plusieurs agglomérations et ou régions (en particulier Vienne² et plus récemment Genève³). Les principes généraux sont les suivants :

- le système est constitué « par un groupe d'éléments, les interactions entre ces éléments, et les frontières entre eux et d'autres éléments dans l'espace et le temps »⁴, soit les limites géographiques du système étudié et un pas de temps d'une année dans la plupart des cas, sachant que les limites verticales sont fixées à 500 m du niveau du sol en hauteur et à une profondeur telle que les eaux souterraines y sont incluses ;
- les flux liés à quatre activités humaines, considérées comme résumant les besoins matériels humains : 1) nourrir, 2) laver, 3) résider et travailler, 4) transporter et communiquer⁵, sont analysés.

La seconde méthode a été mise au point par le service européen de statistique (Eurostat). Sa vocation initiale est la réalisation de bilans nationaux voire continentaux, la quantification des flux de matières brutes et la détermination d'indicateurs y relatifs apparaissant comme un complément des indicateurs économiques usuels. Il s'agirait alors de suivre annuellement les indicateurs matériels au même titre que les indicateurs économiques. La méthode a été élaborée par un groupe de travail et après plusieurs moutures a pris sa forme définitive en 2001⁶. Elle a en particulier été appliquée à

¹ BACCINI, BRUNNER, *op. cit.* Un ouvrage très pédagogique a récemment été publié qui reprend et précise la méthode : BRUNNER, H. RECHBERGER, *Practical Handbook of Material Flow Analysis*, Boca Raton : Lewis Publishers, 2004.

² H. DAXBECK, C. LAMPERT, L. MORF, R. OBERNOSTERER, RECHBERGER, I. REINER, BRUNNER, « The anthropogenic metabolism of the city of Vienna », in : BRINGEZU, FISCHER-KOWALSKI, KLEIJN, PALM (eds.), *Regional and National Material Flow Accounting (...)*, *op. cit.*, p. 249-254.

³ M. FAIST EMMENEGGER, R. FRISCHKNECHT, *Métabolisme du canton de Genève. Phase 1*, rapport final pour le compte du groupe de travail interdépartemental Ecosite de la République et du canton de Genève, Uster : ESU service, déc. 2003.

⁴ « A group of elements, the interaction between these elements, and the boundaries between these and other elements in space and time. » BRUNNER, RECHBERGER, *op. cit.*, p. 43.

⁵ *Ibid.*, p. 44-47.

⁶ EUROSTAT, *op. cit.*

l'Allemagne¹ ; à l'Europe des 15² ; à l'Autriche, au Japon, aux Pays-Bas, aux États-Unis³, plus rarement à l'échelle régionale et urbaine. On note néanmoins son utilisation pour l'analyse des flux de matières brutes dans la Ruhr⁴, ainsi qu'à Amsterdam⁵ et Hambourg⁶. Les principes généraux sont les suivants⁷ :

- le système étudié (désigné par « Economy ») est borné dans l'espace par les limites administratives du territoire considéré, il ne contient que la population humaine, ses activités, ses productions et ses artefacts : par rapport à la méthode précédente, on note d'une part que l'entrée territoriale est plus affirmée, d'autre part que le système exclut les composantes naturelles du territoire étudié (air, eau, sol) ;
- les flux étudiés sont très globaux (entrées, sorties, addition au stock, recyclage), avec une attention particulière aux flux indirects ou flux cachés (voir ci-dessous), il ne s'agit donc pas d'analyser des fonctions, des activités et des processus, mais des échanges entre une société localisée donnée et son environnement (nature d'une part, autres sociétés d'autre part).

Dès lors, il nous était possible soit de choisir l'une de ces deux méthodes, soit d'en élaborer une troisième. A priori la première semblait la plus indiquée compte tenu de sa vocation régionale. Cependant, certaines hypothèses qui la sous-tendent ne nous paraissaient pas totalement vérifiées, en particulier la définition des activités de base qui mériterait selon nous d'être discutée. Les réunions de l'équipe (G. Billen, J. Garnier, L. Lestel, S. Barles) ont par conséquent conduit à privilégier la méthode EUROSTAT, qui servira de base à la réflexion méthodologique. En effet, cette approche ne fixant que quatre flux généraux, elle ne préjuge pas de la circulation de la matière dans le système étudié et permet de nombreuses adaptations selon le contexte. Nous en tirons donc un double avantage : la compatibilité avec la méthode standardisée à l'échelle européenne, qui fait d'ailleurs référence à l'échelle internationale, et la liberté d'adaptation au contexte local. Parallèlement, nous avons noué des contacts avec l'association Auxilia, qui a pour vocation de contribuer à l'ancrage territorial du développement durable et a engagé une réflexion voisine de la nôtre avec la ville de Lille⁸. Nous avons convenu de retenir une base de travail identique afin de permettre d'éventuelles comparaisons.

¹ BRINGEZU, « From quantity to quality : Material Flow Analysis », in : BRINGEZU, FISCHER-KOWALSKI, KLEIJN, PALM (eds.), *Analysis for Action : Support for Policy towards Sustainability by Material Flow Accounting*, Wuppertal : Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 1998, p. 45.

² BRINGEZU, « Material Flow Analysis for the European Union and Beyond : Implications for Statistics and Policy », communication à la 1ère de l'ISIE, Leiden, 12-14 nov. 2001.

³ E. MATTHEWS (ed.), *The Weight of Nations. Material Outflows from Industrial Economies*, Washington : World Resources Institute, 2000.

⁴ BRINGEZU, « From quantity (...) », *op. cit.*

⁵ KLEIJN, VAN DER VOET, *op. cit.*

⁶ M. HAMMER, S. GILJUM, F. HINTERBERGER, *Material Flow Analysis of the City of Hamburg. Preliminary results*, document de travail, Vienne : Sustainable Europe Research Institute (SERI), 2003.

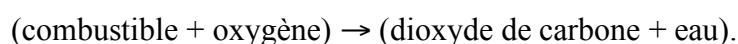
⁷ EUROSTAT, *op. cit.*

⁸ Le programme de ce partenariat n'est pas encore définitif, il a une vocation plus opérationnelle que la nôtre.

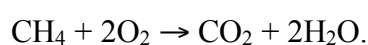
1.2. APERÇU DE LA METHODE RETENUE ET DES FLUX A IDENTIFIER

La Figure 1 présente le schéma de principe de l'analyse des flux de matières brutes selon la méthode EUROSTAT. On note que la consommation d'eau n'est pas mentionnée : en effet, les quantités sont telles qu'elles masquent les autres consommations. La problématique du cycle anthropisé de l'eau n'en demeure pas moins fondamentale, mais devrait faire l'objet d'un traitement spécifique. Par ailleurs, afin d'équilibrer le bilan, il est nécessaire de prendre en compte à la fois l'oxygène consommé et l'eau produite lors de la combustion des hydrocarbures.

L'équation simplifiée¹ de la combustion est en effet :



Par exemple pour le méthane :



Le bilan étant basé sur le principe de conservation de la matière, il faut donc quantifier l'oxygène en entrée et l'eau en sortie.

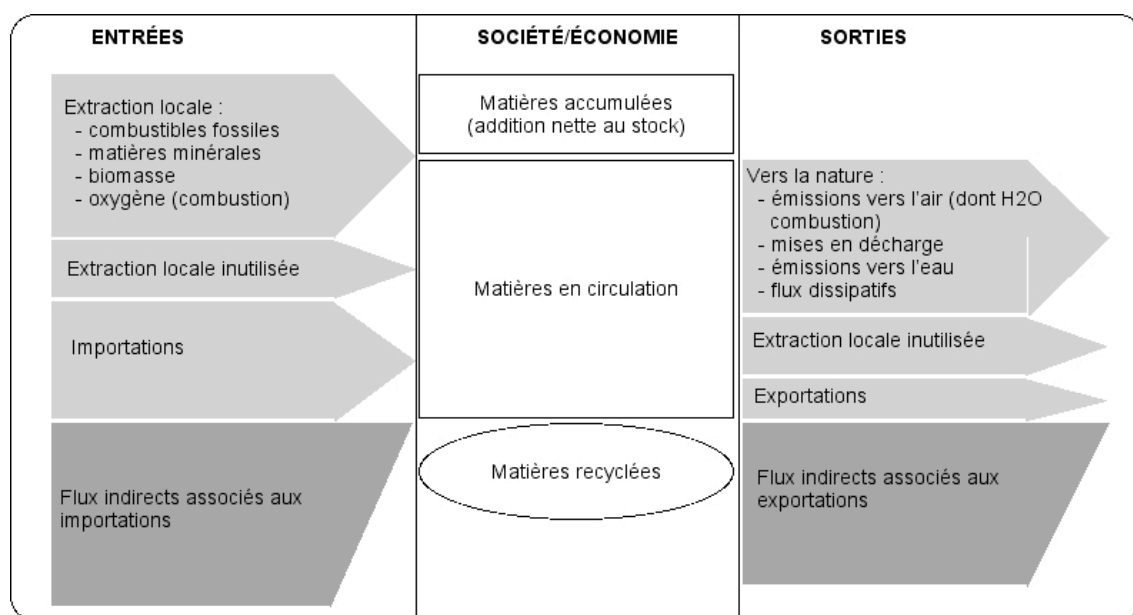


Figure 1. Schéma de principe de l'analyse des flux de matières brutes.

D'après : 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.

¹ Simplifiée parce que la combustion entraîne la formation d'autres composés, qui sont quantifiés dans le bilan de matières.

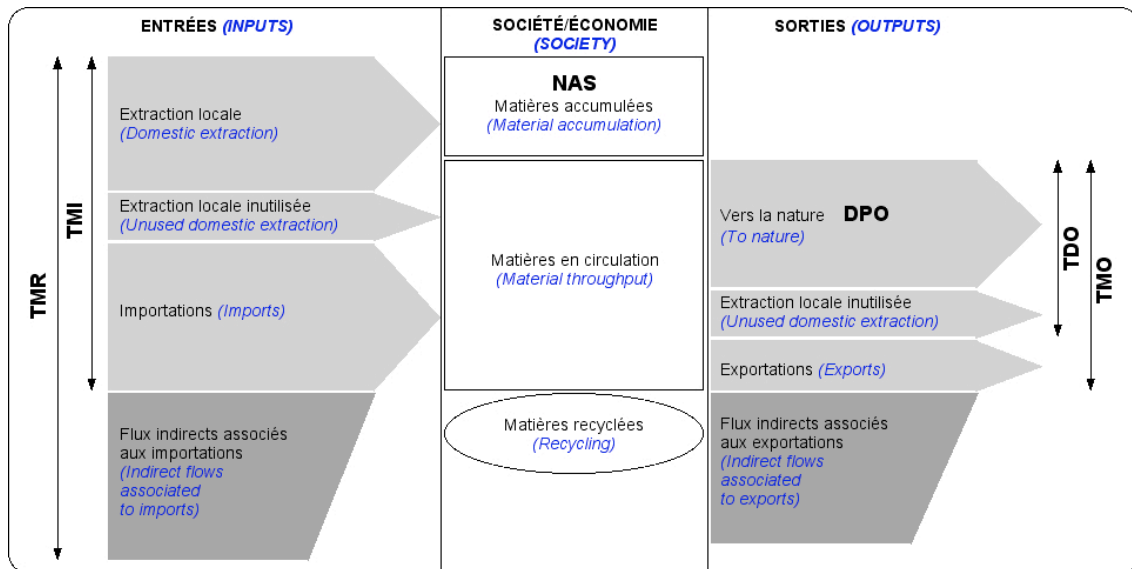


Figure 2. Principaux indicateurs issus du bilan de matières.

TMI : Total Material Input

TMO : Total Material Output

DPO : Direct Processed Output

DMI (non représenté ici) : Direct Material Input (extraction locale utilisée + importations)

DMO (non représenté ici) : Direct Material Output (DPO + exportations)

$TMI = NAS + TMO$

TMR : Total Material Requirement

TDO : Total Domestic Output

NAS : Net Addition to Stock

$DMI = NAS + DMO$

D'après : 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.

Une fois les limites du système définies, il s'agit de quantifier :

Les entrées

- prélèvements locaux :

- extraction locale (utilisée) de matières, dont oxygène consommé par la combustion,
- extraction locale inutilisée,

- importations (en provenance d'autres régions et pays) : matières premières, combustibles, produits finis ou semi-finis,
- flux indirects associés aux importations : prélèvements réalisés à l'extérieur afin de permettre les importations (équivalent en matières premières et extraction inutilisée des produits importés) ;

Puis les sorties :

- matières *rendues* à la nature :

- émissions vers l'air (dont eau produite par la combustion) et l'eau, mises en décharge,
- usages et pertes dissipatifs,

- extraction locale inutilisée,

- exportations (vers d'autres régions ou pays) : matières premières, combustibles, produits finis ou semi-finis, déchets,
- flux indirects associés aux exportations : prélèvements réalisés afin de permettre les exportations (équivalent en matières premières et extraction inutilisée des produits exportés) ;

Enfin l'addition nette au stock qui résulte de la confrontation des entrées et des sorties après prise en compte du recyclage¹.

La quantification des différents flux permet la détermination de plusieurs indicateurs standardisés (Figure 2).

La Figure 3 présente une application de la méthode à la ville d'Amsterdam, pour laquelle ni l'extraction locale inutilisée ni les flux cachés ne sont pris en compte — leur quantification s'avère en effet extrêmement délicate (nous y reviendrons).

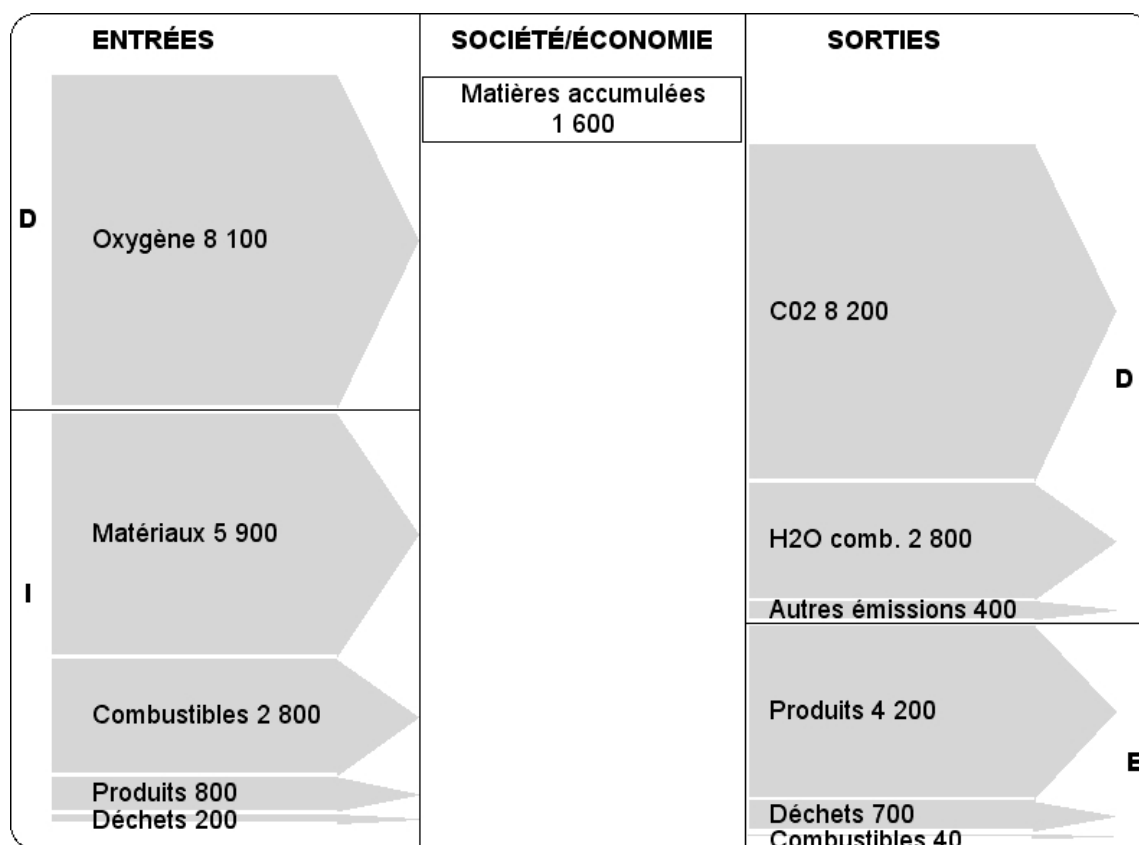


Figure 3. Flux directs de matières brutes, Amsterdam, 1998 (milliers de tonnes).

D : local ; I : importations ; E : exportations. Le flux d'oxygène entrant (oxygène consommé par la combustion) permet d'équilibrer le bilan. L'eau n'est pas mentionnée car constituant le flux principal, elle a tendance à masquer tous les autres. Le flux sortant d'eau correspond à l'eau formée lors de la combustion.

D'après : R. KLEIJN, E. VAN DER VOET, « Material Flow accounting » papier présenté au *4th seminar on Industrial Ecology*, 14-15 juin 2001.

¹ Le détail des flux pris en compte est présenté en annexe 1.

1.3. PERIMETRE D'ETUDE

Si la ville de Paris présente des limites stables depuis 1860 (à quelques annexions près), elle est loin de représenter l'agglomération qui la contient, qu'il s'agisse de sa population (Figure 4 et Tableau 1), de sa structure sociale ou des activités qui y prennent place. Paris compte aujourd'hui un peu plus de deux millions d'habitants, contre onze pour la région Île-de-France ; sa population stagne depuis quelques années après une régression engagée dans les années 1960 : la croissance urbaine est avant tout celle des banlieues et des espaces périurbains.

Cantonner l'analyse à Paris masquerait ainsi la véritable pression métropolitaine sur les ressources et l'environnement. Parallèlement, la capitale est dotée d'un appareil statistique solide, dont ne disposent pas toujours les autres départements franciliens. Nous avons donc choisi de travailler simultanément à trois échelles : celle de Paris, celle de Paris et la petite couronne, enfin celle de la région, toute la question étant de savoir dans quelle mesure les informations nécessaires à la réalisation du bilan de matières existent pour ces trois entités.

Ce choix permet aussi de comparer les résultats obtenus selon que l'on considère une ville centre, une zone agglomérée dense ou une région urbaine ayant néanmoins une activité agricole non négligeable.

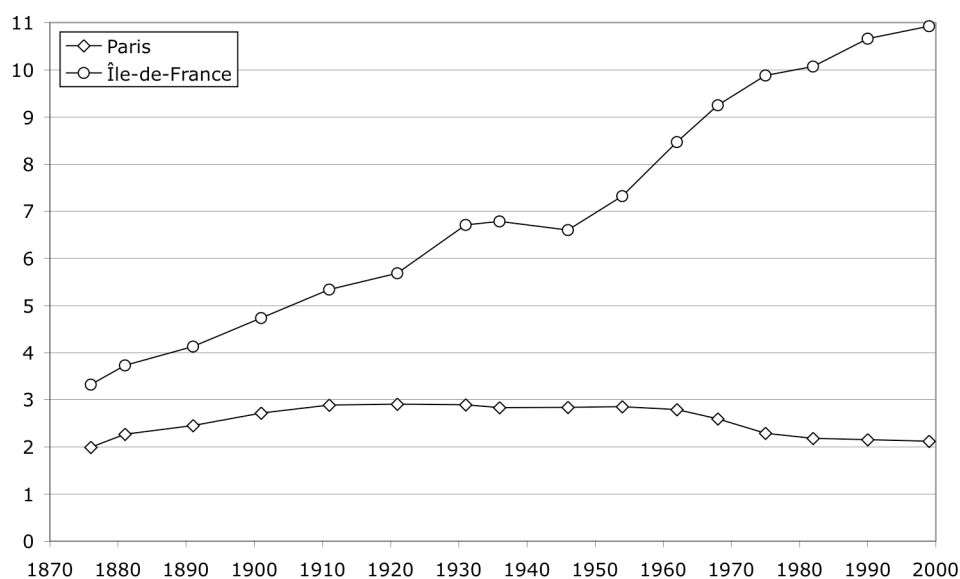


Figure 4. Population, Paris et actuelle Île-de-France, 1876-1999 (millions d'habitants).

Tableau 1. Population, Île-de-France, 2000-2004 (milliers d'habitants au 1^{er} janvier).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
2000	2 140	1 440	1 387	1 233	1 201	1 359	1 140	1 110	11 009
2001	2 154	1 455	1 392	1 239	1 215	1 366	1 147	1 115	11 083
2002	2 160	1 470	1 400	1 245	1 228	1 374	1 154	1 124	11 154
2003	2 168	1 481	1 408	1 251	1 242	1 381	1 164	1 131	11 226
2004	2 164	1 494	1 417	1 259	1 257	1 390	1 172	1 139	11 291

Source : INSEE.

2. SOURCES

La réalisation d'un bilan de matière passe par la collecte d'un grand nombre de données souvent éparses, parfois inaccessibles. L'objectif des pages qui suivent est donc d'une part de localiser les sources, d'autre part de déterminer leur qualité : fraîcheur, continuité, compatibilité, mais aussi accessibilité. En effet, le bilan de matières ne peut constituer un outil crédible et durable que si les données existent (les produire est extrêmement long et coûteux) et sont disponibles et faciles d'accès. Cette partie sera donc l'occasion d'identifier les manques de la statistique publique au regard de l'objet qui nous occupe. Le classement des données ne correspondant pas toujours à celui qui correspondrait à la logique de l'analyse des flux de matières, le plan de cette partie ne suit pas non plus celle-ci.

L'année 2003 a été retenue comme année de référence pour l'établissement du bilan. En effet, même s'il nous semble important de pérenniser sa réalisation, il s'est vite avéré que 2003 constituait à la fois l'année la plus proche et la mieux renseignée. Elle a été analysée sur la base de la population annuelle moyenne établie d'après les chiffres de l'INSEE.

Tableau 2. Population annuelle moyenne des trois zones d'étude, 2003 (milliers d'habitants).

Paris	Paris et petite couronne (PPC)	Île-de-France (IdF)
2 166	6 321	11 259

D'après : INSEE, voir dans le texte.

2.1. EXTRACTION LOCALE (HORS COMBUSTIBLES)

2.1.1. BIOMASSE

2.1.1.1. Biomasse agricole

Les données concernant la production agricole sont fournies, régulières et départementales, à travers la statistique agricole annuelle (SAA) établie chaque année pour la France entière, qui donne des indications sur les surfaces, les rendements et les productions¹. Ces données sont centralisées par l'Agreste, service statistique du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, avec des chroniques débutant en 1989 pour chaque département et chaque type de culture². Elles ne permettent pas en revanche de connaître directement les prélèvements de biomasse végétale effectués par le bétail. Le cheptel étant très réduit³, on les supposera négligeables. Le Tableau 3 présente le résumé des données agricoles pour l'Île-de-France en 2003.

¹ Pour des informations précises sur les principes de la statistique agricole annuelle, voir : *La statistique agricole annuelle*, Paris : Agreste, s. d., disponible sur la toile, [réf. du 30 juil. 2006], format PDF, <http://agreste.maapar.lbn.fr/tableviewer/document.aspx?FileId=65>.

² [réf. du 20 juin 2006], http://agreste.agriculture.gouv.fr/page_accueil_82/donnees_ligne_2.html.

³ Environ 30 000 bovins, 7 000 porcins et 14 000 ovins.

Tableau 3. Production agricole, Île-de-France, 2003 (kt).

Département	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Céréales (sauf riz)	0	0	3	4	1 418	357	354	236	2 373
Riz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oléagineux	0	0	0	0	84	36	33	13	167
Protéagineux	0	0	0	0	131	20	25	17	193
Fourrages	0	0	1	0	207	47	37	27	320
Betteraves indus.	0	0	11	5	1 856	62	275	403	2 611
Pommes de terre	0	0	2	0	75	15	15	9	116
Plantes à fibre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres cultures indus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Légumes frais et secs	0	0	1	0	17	20	18	5	62
Fruits	0	0	0	0	0	1	0	2	3
Raisin	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ensemble	0	0	18	9	3 789	559	757	713	5 845

D'après : Statistique agricole annuelle, voir dans le texte.

2.1.1.2. Biomasse forestière

Les données concernant l'extraction de bois sont moins précises et moins fraîches. Elles sont certes établies annuellement et elles aussi centralisées par l'Agreste, mais les chroniques ne sont pas téléchargeables (ni disponibles), mais figurent dans les mémentos statistiques régionaux annuels¹ et la dernière année renseignée est 2003 (contre 2005 pour la statistique agricole annuelle)². En outre, Paris et la première couronne sont traités ensemble — ce qui n'est pas très grave dans la mesure où la production y est très faible, comme le montre le Tableau 4.

Tableau 4. Production forestière, Île-de-France, 2003 (kt).

Département	PPC	77	78	91	95	IdF
Bois d'œuvre	0,7	51,2	15,4	3,8	4,6	75,6
Bois d'industrie	2,0	39,0	16,5	2,5	11,6	71,6
Bois de feu	0,0	13,7	2,2	1,3	0,9	18,2
Bois	2,7	103,9	34,1	7,6	17,1	165,4

PPC : Paris et petite couronne

D'après : *Mémento. Île-de-France. Résultats 2005 et années antérieures. Enquête sur la structure des exploitations agricoles en 2003*, Paris : Agreste, 2006.

La principale difficulté rencontrée pour le bois réside dans l'unité de compte traditionnellement employée : le volume, que nous devons convertir en poids. Les

¹ *Mémento. Île-de-France. Résultats 2005 et années antérieures. Enquête sur la structure des exploitations agricoles en 2003*, Paris : Agreste, 2006, disponible sur la toile, [réf. du 6 juin 2006], <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/R1106C01.pdf>. Ces mémentos comprennent aussi les résultats agricoles, mais sont moins précis que les données directement téléchargeables.

² Des données plus récentes sont publiées sous forme d'ouvrage et payantes.

chiffres de 425 kg/m³ de bois dur et 325 kg/m³ de bois blanc et résineux, couramment rencontrés dans la littérature, ont été retenus. Lorsque les statistiques ne permettent pas de savoir s'il s'agit de l'un ou de l'autre, la moyenne des deux, 375 kg/m³ est choisie.

2.1.1.3. Autres

Chasse

Les données concernant l'extraction de biomasse liée à la chasse ne sont connues avec précision et continuité que pour le grand gibier, qui fait l'objet d'un suivi plus précis (confrontation des prélèvements attribués et des abattages réels). Les données ont été fournies pour l'année 2004 par les fédérations de chasse d'Île-de-France. Pour le petit gibier, seuls les prélèvements de la campagne 1998-1999 sont connus, grâce à une enquête conduite par l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS)¹. La conversion en poids a été réalisée grâce aux indications fournies par la Fédération nationale des chasseurs².

Le Tableau 5 montre la faiblesse — peu surprenante au demeurant — des prélèvements, qui s'élèvent au total à 3 kt (dont 99,6 % en grande couronne), à comparer aux 5 845 kt des prélèvements agricoles. Les imprécisions et l'irrégularité de ces données peuvent donc être considérées comme sans effet sur le résultat d'ensemble.

Tableau 5. Prélèvement de petit gibier (1998-99) et de grand gibier (2004), Île-de-France (t).

Département	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Grand gibier	0	0	0		1 015	445	177	161	1 798
Petit gibier	1	2	6	2	539	211	189	194	1 143
Gibier	1	2	6	2	1 554	656	366	355	2 941

D'après : voir dans le texte.

Autres

Les prélèvements liés à la cueillette, à la pêche, etc. n'ont pas été déterminés. Ils sont supposés négligeables.

2.1.2. MINÉRAUX

L'Île-de-France ne comprend pas de mines, mais accueille une importante activité d'exploitation de carrières, avec deux catégories de matériaux extraits : les granulats naturels et les minéraux industriels. L'extraction est aujourd'hui nulle pour Paris et la petite couronne.

Les données sont relativement abondantes compte tenu des divers enjeux associés à ces matériaux (enjeu économique pour le secteur du bâtiment et des travaux publics, enjeu environnemental du fait de l'impact des carrières, enjeu en termes de ressource du fait

¹ « Enquête nationale sur les tableaux de chasse à tir saison 1998 – 1999 », *Cahiers techniques de l'ONCFS* 251, août-sept. 2000.

² « Le gibier », disponible sur la toile, [réf. du 30 juil. 2006], format html, http://www.unfdc.com/dossiers_f.htm.

de l'épuisement des gisements exploitables dans les conditions sociales, économiques et politiques actuelles). Les principales sources d'information sont constituées par l'UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction) et la Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE). Cependant, il n'existe pas de base de données accessible au public, seules quelques études de synthèse qui permettent néanmoins d'accéder à des informations départementales¹. En outre, les chiffres relatifs à la consommation de matériaux de carrière ne sont pas exploitables lorsqu'ils ne distinguent pas les matières extraites des matières recyclées — celles-ci sont traitées séparément dans le bilan général (*cf. infra*, § 2.4.1.3. et 2.4.5), et leur comptabilisation à ce stade entraînerait incohérences et double compte.

Par ailleurs, les données les plus abondantes portent sur les granulats naturels, tandis que celles qui concernent les minéraux industriels sont plus éparées. Nous avons par conséquent principalement utilisé les informations fournies par les bilans d'application des schémas départementaux des carrières². Malheureusement, ces bilans ne sont pas homogènes, si bien qu'aucune année n'est entièrement renseignée, et n'ont pas vocation à être reproduits annuellement. Les lacunes portent sur les départements de l'Essonne et du Val-d'Oise, qui sont aussi les plus petits producteurs. Le résultat est présenté dans le Tableau 6.

Tableau 6. Extraction de matériaux de carrière, Île-de-France, 2002 et 2003 (kt).

Département	77	78	91	95	IdF
Pseudo-2002	11 237	2 791	1 280	2 116 ^b	17 424
Pseudo-2003	11 041	2 557	1 280 ^a	2 116 ^b	16 994

^a) valeur 2002 ^b) valeur 2004

D'après : voir dans le texte.

2.2. IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS (HORS COMBUSTIBLES)

La connaissance des importations et des exportations de la région (voire des départements) est très complète, grâce à la base de données SITRAM (Système d'information sur les transports de marchandises), gérée depuis 1972 par le Service économique et statistique du ministère de l'Équipement, qui permet d'accéder à des statistiques annuelles. La base est alimentée par cinq sources³ :

¹ En particulier : *Granulats en Ile de France, panorama régional*, Paris : DRIRE Île-de-France / IAURIF / UNICEM, janv. 2004. 45 p., disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 11 oct. 2005], http://www.ile-de-france.drire.gouv.fr/ssol/carrieres/panorama_granulats_2004.pdf

² Ces rapports prennent la forme de documents rédigés, ou de synthèse destinées à une présentation orale (format powerpoint). Ils sont téléchargeables sur le site de la DRIRE Île-de-France : « Les schémas départementaux des carrières », disponible sur la toile, [réf. du 30 juil. 2006], format html, <http://www.ile-de-france.drire.gouv.fr/>.

³ MINISTÈRE DES TRANSPORTS, DE L'ÉQUIPEMENT, DU TOURISME ET DE LA MER, « SitraM », Disponible sur la toile, [réf. du 02 septembre 2005], <file:///D:/economie%20&%20statistiques%20-%20SitraM.htm>.

- l'enquête permanente sur le transport routier de marchandises (TRM) du ministère de l'Équipement (créée en 1952) ;
- le fichier rail, fourni par la SNCF, pour les transports nationaux et internationaux de marchandises par chemin de fer réalisés par wagons complets ;
- le fichier navigation intérieure, fourni par Voies navigables de France (VNF), pour les transports nationaux et internationaux de marchandises par navigation intérieure ;
- les enquêtes TRM d'autres pays de l'Union Européenne ;
- le fichier douanes, fourni par le service des Douanes du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, pour les transports internationaux de marchandises.

Ce dernier fichier, qui porte sur le poids net des marchandises (comprenant leurs emballages immédiats et supports), n'est pas entièrement compatible avec les précédents, qui portent sur le poids brut (comprenant emballages, supports, remplissage et emballage de transport).

Les données sont réparties selon les produits transportés répartis en dix catégories (Tableau 7).

Tableau 7. Classification des produits dans la base de données SITRAM.

0. produits agricoles,	5. produits métallurgiques,
1. produits alimentaires,	6. matériaux de construction,
2. combustibles minéraux solides,	7. engrais,
3. produits pétroliers,	8. produits chimiques,
4. minerais,	9. produits manufacturés et messagerie.

Pour 2003, l'Île-de-France a fait l'objet d'une synthèse fine¹ qui sert de base aux développements qui suivent, complétée par des données obtenues directement auprès des services de la direction régionale de l'équipement d'Île-de-France (DREIF).

Deux limites sont néanmoins à signaler. D'une part, les données nationales omettent le transport par conduite, essentiel pour les combustibles liquides ou gazeux (*cf. infra*, § 2.3). Ils doivent donc être estimés grâce à d'autres sources, et ceux qui sont comptabilisés dans la base de données SITRAM doivent en être retirés pour éviter les doubles comptes. En outre, compte tenu de l'importance de la thématique énergétique dans le bilan de matières, il semble judicieux de traiter séparément les données énergétiques. La classification retenue (Tableau 7) le permet, puisqu'il suffit d'extraire les catégories 2 et 3 des statistiques relatives au transport des marchandises².

¹ *Annuaire statistique 2003 du fret en Ile de France*, Paris : DREIF, déc. 2004, p. 121, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 9 juil. 2006], http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/annuaire_03_integral_cle7d7de7.pdf.

² Cette solution a l'inconvénient d'extraire du bilan des produits pétroliers solides ou pâteux destinés par exemple aux travaux publics. Compte tenu de la faiblesse des tonnages concernés par la catégorie 3, l'erreur est jugée minime.

D'autre part, les données départementales par type de produits pour les trafics national et interne respectivement ne sont pas exhaustives, le transport ferré en étant omis depuis 2001 (la SNCF a choisi de ne pas donner accès à ce niveau de détail croisant département et type de produit, ce pour des raisons de confidentialité) et tous les affrètements n'étant pas renseignés (ce qui vaut aussi à l'échelle régionale). Par conséquent, l'analyse départementale ne peut se faire qu'au regard de l'ensemble des produits transportés¹, ce qui nous ramène au problème précédent. Cependant, les produits pétroliers transportés par fer sont négligeables : pour l'Île-de-France, ils représentent moins de 2 % du trafic total (fer, route, voie navigable, entrant, sortant, interne) de produits pétroliers ; en outre, le transport par chemin de fer représente 7 % du trafic total de charbon.

Le Tableau 8 donne un aperçu des différentes marchandises importées et exportées par la région. Le Tableau 9 synthétise les résultats obtenus pour nos trois zones concentriques. Les matrices origine-destination complètes sont présentées en annexe 2.

Tableau 8. Trafic total de marchandises, Île-de-France, 2003 (kt).

	Flux entrants			Flux sortants		
	Autres régions	Autres pays	Total	Autres régions	Autres pays	Total
Produits agricoles	5 867	1 547	7 414	6 016	922	6 938
Produits alimentaires	8 115	3 426	11 541	5 930	1 398	7 328
Combustibles	1 211	576	1 787	15	3	18
Produits pétroliers	1 285	5 068	6 353	2 403	129	2 532
Minerais	940	125	1 065	590	507	1 097
Produits métallurgiques	1 085	1 964	3 049	1 932	906	2 838
Matériaux de construction	16 376	2 497	18 873	5 724	1 020	6 744
Engrais	491	318	809	519	23	542
Produits chimiques	2 062	2 225	4 287	1 934	1 285	3 219
Produits manufacturés	23 457	7 628	31 085	21 568	3 376	24 944
Total	60 889	25 374	86 263	46 631	9 569	56 200

D'après : voir dans le texte.

¹ Compte tenu de la faiblesse du transport ferré, il serait néanmoins possible d'estimer la répartition par catégorie de produits.

Tableau 9. Trafic de marchandises hors flux internes à chaque zone et hors produits pétroliers et combustibles minéraux solides, Île-de-France, 2003 (kt).

		Paris	PPC	IdF
Flux entrants	Reste de la région	7 971	18 514	
	Reste de la France	4 734	28 493	68 620
	Reste de l'UE	589	5 350	14 077
	Reste du monde	1 948	4 095	5 653
Total entrants		15 242	56 453	88 350
Flux sortants	Reste de la région	4 898	2 620	
	Reste de la France	2 424	17 369	49 066
	Reste de l'UE	320	2 397	6 168
	Reste du monde	736	1 845	3 268
Total sortants		8 378	24 232	58 502

PPC : Paris et première couronne

D'après : voir dans le texte.

2.3. COMBUSTIBLES

2.3.1. DONNEES GENERALES

De façon assez surprenante si l'on considère les enjeux actuels, les statistiques relatives à la circulation de l'énergie sont rares, éparées, peu compatibles, et ne nous donnent pas directement les informations dont nous avons besoin. La méthode du bilan énergétique régional proposée par le groupe de travail « Observation de l'énergie et de l'effet de serre en régions », animé par le Réseau des Agences Régionales de l'Énergie et de l'Environnement (RARE), ne peut être mobilisée car elle ne vise pas à contribuer à un bilan de matières et ne considère que les consommations d'énergie finale¹.

La principale source d'informations est fournie par la direction générale de l'Énergie et des Matières premières (DGEMP) du ministère de l'Industrie et l'observatoire de l'énergie, avec des données régionales établies tous les deux ans. 2002 est la dernière année renseignée². Ces statistiques sont assez sommaires et comprennent :

- La production d'énergie primaire locale (en ktep) ;
- La consommation énergétique finale (en ktep) par type d'énergie et par secteur d'activité (industrie, secteurs résidentiel et tertiaire, agriculture, transports) ;
- Quelques indicateurs énergétiques, notamment la puissance électrique installée (utile pour évaluer la production locale d'électricité).

¹ *Bilan énergétique régional*, Toulouse : RARE / Paris : ADEME / MIES / Observatoire de l'Énergie (coll. « Cahiers techniques », n° 1), 2003, disponible sur la toile, [ref. du 30 juil. 2006], format PDF, <http://www.rare.asso.fr/images/OEcahier1.pdf>.

² *L'énergie dans les régions. Statistiques 2002. Île-de-France*, Paris : DGEMP/Observatoire de l'Énergie, janv. 2006, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 9 juil. 2006], <http://www.industrie.gouv.fr/energie/statisti/idf.pdf>.

Tableau 10. Consommation d'énergie finale, Île-de-France, 2002 (ktep).

	Charbon	Produits pétroliers	Gaz	Électricité*	Bois	Ensemble
ktep	38	12 180	6 330	4 536	283	24 381
Soit	61,4 kt	12 180 kt	82 212 GWh	52 746 GWh		

* Nouvelle conversion, cf. *infra*, § 2.3.4.1.

Source : *L'énergie dans les régions. Statistiques 2002. Île-de-France*, Paris : DGEMP/Observatoire de l'Énergie, janv. 2006, p. 1.

Ces chiffres (Tableau 10) présentent un certain nombre de limites :

- exprimés en ktep, ils nécessitent d'être convertis afin de remonter aux quantités de matières réellement mises en jeu ;
- ils reflètent la consommation finale, mais ne donnent ni la consommation primaire (en particulier pour l'électricité), ni les exportations (en particulier pour les produits pétroliers), ni les lieux de production (Île-de-France *versus* autre lieu de production, sauf pour le pétrole dont on connaît les quantités extraites en Île-de-France).

Nous allons donc compléter ces données afin de définir les consommations primaires d'une part et de distinguer extraction locale, production locale et importations d'autre part.

2.3.2. PRODUITS PETROLIERS

La consommation finale de produits pétroliers s'élève à 12 180 ktep en 2002. Par ailleurs, les statistiques relatives au fret mentionnent pour 2003 des importations s'élevant à 6 253 kt et des exportations de 2 532 kt : on mesure l'incompatibilité déjà signalée (§ 2.2.3) de ces données. L'extraction locale de pétrole (500 à 600 kt par an¹) n'explique pas ces discordances. Les statistiques du fret ne prennent pas en compte les importations par pipeline pour les apports nationaux. Elles nous suggèrent néanmoins que la région est exportatrice de produits pétroliers, ce qu'il faudra prendre en compte dans le bilan qui ne pourra se contenter de la consommation finale.

L'étude réalisée par la direction régionale de l'Industrie, de la recherche et de l'Environnement (DRIRE) d'Île-de-France en 2001 expose de façon assez détaillée les modalités d'approvisionnement en produits pétroliers². Les différents réseaux de pipelines (principalement le PLIF, pipeline de l'Île-de-France, et le PLH, Paris-Le Havre, ce dernier appartenant à la société TRAPIL) acheminent des produits bruts et raffinés, qui subissent traitement ou raffinage dans la région avant d'être distribués en Île-de-France ou ailleurs. La complexité des circulations fait qu'il est très difficile de distinguer ce qui sera livré et consommé dans la région de ce qui sera exporté après transformation.

¹ *Ibid.*, et *Tableaux économiques régionaux. Île-de-France 2004*, Paris : INSEE, 2005, p. 145.

² *Le pétrole en Île-de-France : De la ressource aux consommateurs*, Paris : DRIRE Île-de-France, déc. 2001, p. 4-9, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 9 juil. 2006], <http://www.ile-de-france.drivre.gouv.fr/energie/b-petrole/b-petrole-complete.pdf>.

On note néanmoins que la société TRAPIL, qui gère un réseau multiproduit, ne livre en Île-de-France que 60 % de ce qu'elle transporte en 2000, soit 12 300 kt sur les 20 400 kt transportées au total¹. Nous supposons que la moitié de ce qui n'est pas livré en Île-de-France a été traité ou raffiné dans la région (hypothèse posée faute d'une information plus fiable). Nous considérons donc que cette quantité, ajoutée aux exportations mentionnées dans les statistiques du fret, constitue les exportations de produits pétroliers de l'Île-de-France. Ce chiffre relatif à l'année 2000 a été complété grâce aux données fournies par la société TRAPIL pour les années suivantes².

En outre, les produits pétroliers peuvent être utilisés au titre d'énergie primaire dans la production électrique. Dans ce cas, ils n'apparaissent pas dans la consommation finale. Nous traiterons ce problème au chapitre de l'électricité.

Au total, les importations de produits pétroliers sont constituées par : la consommation finale, à laquelle s'ajoutent la consommation par la production d'électricité, les exportations données par les statistiques du fret et les exportations de la société TRAPIL, moins l'extraction locale.

2.3.3. GAZ NATUREL

On sait que l'extraction locale est nulle et l'on considère par hypothèse qu'il n'y a pas d'exportation. Par conséquent les importations sont égales à la consommation finale à laquelle s'ajoute la consommation due à la production locale d'électricité. On néglige par là d'éventuelles pertes (ce point serait à approfondir).

2.3.5. COMBUSTIBLES SOLIDES

La consommation finale de charbon s'élève à peine à 38 ktep, soit 61,4 kt, en 2002, dont 34 ktep pour l'industrie (au sens large, BTP compris).

Les données fournies par les statistiques de fret nous indiquent des importations s'élevant à 1 787 kt pour des exportations de 18 kt en 2003. La consommation de charbon se monte donc à 1 769 kt. Si on retire la consommation finale, on obtient 1 707,6 kt que l'on peut sans grande hésitation attribuer à la production locale d'électricité.

2.3.4. ÉLECTRICITE

2.3.4.1. Conversions et équivalences

Avant d'exposer la méthode, il est nécessaire de dire quelques mots de la conversion de l'énergie électrique en tonnes équivalent pétrole, qui a connu une profonde modification en février 2002, ce qui explique la discontinuité des séries statistiques concernées³. Depuis 1972, la conversion reposait en effet sur la détermination de l'énergie

¹ *Ibid.*, p. 6.

² « Trafic du réseau Le Havre / Paris », disponible sur la toile, format html, [réf. du 9 juil. 2006], <http://www.trapil.fr/fr/societe_chiffres.asp>.

³ Ceci est très clairement expliqué dans : *Bilan énergétique régional, op. cit.*, p. 4-5.

consommée par la production électrique (*i. e.* l'énergie primaire). Pour les centrales thermiques à charbon, le rendement de production était fixé en moyenne à 38,7 % (31,9 % avant 1992).

Par conséquent, sachant que 1 MWh = 3,6 GJ et que 1 tep = 42 GJ, on obtient $1 \text{ MWh} = 3,6/42 = 0,086 \text{ tep}$ en énergie produite en sortie de centrale thermique. La prise en compte du rendement de production (38,7 %) donnait : $1 \text{ MWh} = 0,086/0,387 = 0,222 \text{ tep}$.

La nouvelle méthode varie selon l'origine de l'électricité. Elle repose sur le même principe que précédemment pour l'électricité d'origine nucléaire et géothermique, avec des rendements respectifs de 33 % et 10 %. Elle considère l'énergie fournie (contenu énergétique) dans tous les autres cas soit $1 \text{ MWh} = 0,086 \text{ tep}$. Il faudra donc vérifier quelle est la méthode employée pour tel ou tel chiffre (Tableau 11).

Tableau 11. Énergie électrique : énergie primaire et contenu énergétique.

Origine	Nucléaire	Géothermie	Thermique	Autre
Rendement de production (%)	33	10	38,7	-
Énergie primaire (tep/MWh)	0,261	0,86	0,222	-
Contenu énergétique (tep/MWh)	0,086	0,086	0,086	0,086
Coefficient de conversion officiel (tep/MWh)	0,261	0,86	0,086	0,086

D'après : *Bilan énergétique régional*, Toulouse : RARE / Paris : ADEME / MIES / Observatoire de l'Énergie (coll. « Cahiers techniques », n° 1), 2003, p. 4-5.

2.3.4.2. Méthode

L'électricité circulant en Île-de-France est soit importée d'autres régions, soit produite localement. Nous faisons l'hypothèse d'exportations nulles, ce qui semble pertinent dans la mesure où la région dépend de l'extérieur pour son approvisionnement électrique.

Afin de mesurer l'impact matériel de l'électricité, il nous faut connaître la source d'énergie primaire utilisée dans sa production. Si nous nous en tenons aux flux directs, il s'agit alors de considérer la production locale d'électricité seule, les matières utilisées pour la production d'électricité importée appartenant aux flux cachés.

Nos recherches en la matière se sont dans un premier temps avérées infructueuses, aussi avons nous élaboré une méthode approchée. Cependant, la direction générale de l'Énergie et des Matières premières a récemment publié l'enquête annuelle relative à la production d'électricité dans les régions¹, enquête qui a été abandonnée pendant une certaine période et semble à nouveau pérennisée. Les données portent aujourd'hui sur la période 2000-2003, avec, à l'échelle régionale, la production électrique et son origine (en GWh). Il suffira donc de retenir l'électricité produite à partir d'énergie primaire fossile et de convertir les GWh correspondant en poids.

¹ *La production d'électricité en France et dans les régions*, Paris : DGEMP/Observatoire de l'Énergie, oct. 2005, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 10 juil. 2006], <http://www.industrie.gouv.fr/energie/statisti/pdf/prod-elec-00-03.pdf>.

2.3.5. BILAN

Le Tableau 12 récapitule les différentes méthodes utilisées pour quantifier les combustibles fossiles ; le Tableau 13 présente les principaux facteurs de conversion retenus ; le Tableau 14 donne les résultats provisoires pour 2003.

Ces données sont établies à l'échelle régionale. Connaissant l'emplacement des champs pétroliers, nous pouvons départementaliser l'extraction locale. Les statistiques régionales de l'INSEE indiquent quant à elles les départements de vente de produits pétroliers en 2002 (hors EDF) et les départements de production de l'électricité en 1998 (thermique en particulier). Les importations de charbon sont départementalisées dans les statistiques du fret. En revanche, nous ne savons rien à ce jour de la répartition des importations de gaz, qui sera affectée au prorata de la population (en 1999, 81 % de sa consommation a lieu dans le secteur résidentiel¹). La compilation de ces différentes informations permet d'estimer grossièrement la répartition en trois zones concentriques (Tableau 15)².

Tableau 12. Bilan des combustibles fossiles : sources et méthodes

Énergie	Source et méthode
Produits pétroliers	Extraction locale connue Importations = consommation finale – extraction locale + consommation par production d'électricité + exportations données par les statistiques du fret + estimation des exportations par pipeline (TRAPIL essentiellement)
Gaz	Importations = consommation finale + consommation par production d'électricité Exportations = 0
Combustibles solides	Importations et exportations connues par les statistiques du fret
Électricité	Production locale à base d'hydrocarbures connue par l'étude de la DGEMP. Conversion pour obtenir les combustibles fossiles utilisés (connus).

Tableau 13. Bilan des combustibles fossiles : facteurs de conversion.

Énergie	Conversion
Produits pétroliers	1 t = 1 tep (peut-être affiné si le détail des produits est donné) 1 tep = 42 GJ
Gaz	1 m ³ = 10 ⁻³ tep 1 m ³ = 11,628 kWh PCS 1 m ³ = 0,720 kg (conditions de référence, état gazeux)
Houille	1 t = 0,619 tep
Électricité	1 kWh = 0,222 tep en production (ce qui nous intéresse) tep converties en fonction du combustible primaire.

¹ Tableaux économiques régionaux (...), op. cit., p. 147.

² Ces éléments concernent la circulation des combustibles fossiles et non celle de l'électricité qu'ils ont éventuellement contribué à produire. Elle ne reflète donc pas la consommation finale.

Tableau 14. Bilan des combustibles fossiles, Île-de-France, 2003 (kt).

	Extraction locale	Importations	Consommation	Exportation
Produits pétroliers	540	18 482	12 482	6 540
Gaz	0	5 826	5 826	0
Charbon	0	1 787	1 770	17
Total	540	26 095	20 078	6 557

D'après : voir dans le texte.

Tableau 15. Bilan spatialisé des combustibles fossiles, 2003 (kt).

	Paris	PPC	IdF
Extraction locale	0	0	540
Importations	3 914	13 048	26 095
Exportations	0	0	6 557

PPC : Paris et première couronne

D'après : voir dans le texte.

Une dernière question est posée, à laquelle nous laisserons au lecteur le soin de trouver une éventuelle réponse : la consommation de produits pétroliers concerne pour une part non négligeable le transport aérien. Les réservoirs sont ainsi remplis dans la région, mais leur contenu est partiellement consommé ailleurs, ce qui n'est pas vraiment compensé par le fait que des avions survolent l'Île-de-France qui ont été approvisionnés en d'autres lieux. En outre, cette consommation relève de l'activité internationale et n'est donc probablement pas entièrement imputable au fonctionnement métropolitain.

2.4. SORTIES VERS LA NATURE ET RECYCLAGE

Les matières émises vers la nature occupent une place très différente des matières recyclées dans le bilan : les premières constituent des sorties, tandis que les matières recyclées n'entrent ni ne sortent du système étudié (*cf. supra*, § 1.2). Cependant, le recyclage étant considéré comme une activité liée au traitement des déchets — et non comme la transformation d'une matière première comme une autre —, il est rarement traité indépendamment d'eux. Les données relatives au recyclage seront donc pour l'essentiel collectées en même temps que les données relatives aux déchets solides et au traitement des eaux usées.

2.4.1. DECHETS SOLIDES

L'Observatoire régional des déchets d'Île-de-France (ORDIF) centralise la plupart des informations et données relatives aux déchets solides dans la région. La Figure 5 donne un premier aperçu de la classification couramment admise et des parts respectives de chaque catégorie. Au total, l'ORDIF annonce prudemment que « on estime entre 28 et 38 millions de tonnes les déchets produits en Île-de-France »¹. En effet, les seuls

¹ « Indicateurs : les déchets en Île-de-France », disponible sur la toile, [réf. du 26 juin 2006], format html, <http://www.ordif.com/indicateurs/dechets.htm>.

déchets faisant l'objet de chroniques statistiques sont les déchets ménagers, pour lesquels un tableau de bord très complet est établi par l'ORDIF tous les deux ans depuis 1988, tous les ans à partir de 2004¹. Pour les autres, les données sont plus rares et plus éparpillées. En d'autres termes, les données fiables dont nous pouvons disposer portent sur moins de 20 % des déchets produits dans la région. Compte tenu de la part de ces flux dans le bilan de matières, il s'agit de l'une des principales lacunes de l'appareil statistique existant.

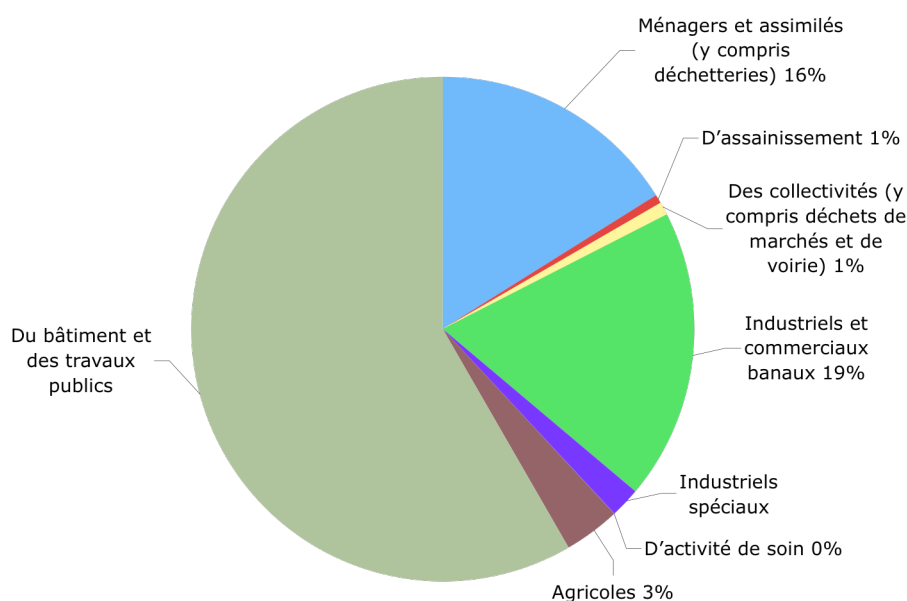


Figure 5. Production de déchets solides, Île-de-France, circa 2003 (%).

D'après : « Indicateurs : les déchets en Île-de-France », disponible sur la toile, [réf. du 26 juin 2006], format html, <http://www.ordif.com/indicateurs/dechets.htm>.

Tableau 16. Principaux modes de traitement et flux associés.

Traitement	Flux
Mise en décharge	Vers la nature – déchets solides
Incinération avec ou sans valorisation énergétique	Vers la nature – émissions atmosphériques S'il y a valorisation des mâchefers : fraction affectée au recyclage
Méthanisation	Vers la nature – émissions atmosphériques
Compostage	Vers la nature – usage dissipatif
Valorisation matière	Recyclage – la valorisation n'atteignant jamais 100 %, il faudrait pouvoir connaître son rendement.

D'après : voir dans le texte.

En outre, les déchets produits ne peuvent être intégralement assimilés à des sorties vers la nature puisque leur devenir dépend des techniques de traitement employées (Tableau

¹ *Quelle gestion des déchets ménagers et assimilés en 2004 ? Enquête et tableau de bord de l'ORDIF*, La Défense : ORDIF, févr. 2006, p. 4, disponible sur la toile, [réf. du 28 avr. 2006], format PDF, http://www.ordif.com/documentation/Tb_2004_1.pdf.

16). Tous ceux qui ont subi un traitement comportant une valorisation des matières doivent être soustraits en tout ou partie des sorties pour être affectés au recyclage. Les utilisations sous forme d'engrais et d'amendements devront quant à elles être affectées aux usages dissipatifs, la valorisation énergétique aux émissions atmosphériques¹.

2.4.1.1. Déchets ménagers et assimilés

Les enquêtes de l'ORDIF

Les tableaux de bord établis par l'ORDIF pour les années 2002 et 2004 donnent des informations précises sur la plupart déchets ménagers et assimilés (Figure 6). Ils prennent en compte une partie des déchets des activités économiques, qui seront aussi abordés au paragraphe des déchets industriels banals : il faudra veiller à ne pas introduire de double compte dans le bilan.

Déchets ménagers et assimilés				
Déchets municipaux			Déchets d'Activités Economiques (DAE)	
Déchets d'entretien	Déchets occasionnels des ménages	Ordures ménagères Stricto sensu		
Espaces verts, voiries, déchets de marchés...	Encombrants, déchets verts, déchets dangereux, déchèteries	Fraction collectée sélectivement	Fraction collectée en mélange	DAE collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets
Déchets des collectivités	Déchets ménagers stricto sensu		Déchets assimilés	
				DAE collectés en dehors du service public

Figure 6. Déchets ménagers et assimilés et champ de l'enquête bisannuelle de l'ORDIF.

L'enquête porte sur la partie colorée en bleu. Elle intègre une partie des déchets mentionnés à droite (bleu-vert) lorsqu'ils sont collectés avec les ordures ménagères.

D'après : *Quelle gestion des déchets ménagers et assimilés en 2004 ? Enquête et tableau de bord de l'ORDIF*, La Défense : ORDIF, févr. 2006, p. 4.

La principale différence entre les deux enquêtes porte sur les déchetteries et les déchets ménagers spéciaux : non pris en compte dans celle de 2002² — ou plus précisément traités séparément —, ils sont directement intégrés dans l'enquête de 2004. Il faudra donc ajouter les chiffres correspondants pour l'année 2002.

La production est donnée à l'échelle départementale (Tableau 17). De 2002 à 2004, les quantités produites ont peu évolué : 5 669 kt en 2002, 5 706 kt en 2004. Le chiffre de 2002 a été corrigé par la prise en compte des déchetteries, bien que le tonnage concerné soit faible (333 kt), son omission aurait pu conduire à une analyse erronée puisque la

¹ On mesure ici toute la différence qui existe entre un bilan de matière et un bilan d'énergie, et l'importance qu'il y aurait à coupler les deux.

² *État de la gestion des déchets ménagers en Île-de-France. Chiffres clés 2002. Tableau de bord régional bisannuel*, La Défense : ORDIF, mai 2004, p. 9, 31-32, disponible sur la toile, [réf. du 28 avr. 2006], format PDF, http://www.ordif.com/documentation/Tb_2002_3.pdf.

comparaison des années 2002 et 2004 aurait présenté une hausse de 7,5 % dans la production de déchets.

Les données concernant les modes de traitements sont établies pour Paris et la petite couronne d'une part, pour chacun des quatre autres départements de la région d'autre part. Il nous faut en déduire la destinée¹ effective des déchets (décharge, émission atmosphérique, usage dissipatif), ce qui est possible grâce aux informations fournies par l'enquête de 2002.

Tableau 17. Production de déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2004 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
OM résiduelles	1 007	525	524	420	421	424	371	390	4 081
Encombrants	52	40	53	45	31	38	40	38	337
Collecte sélective sèche	114	69	48	58	80	93	69	58	589
Collecte sélective humide	0	3	9	18	29	39	62	15	174
Déchetteries	23	10	85	44	148	69	69	78	525
Déchets ménagers & ass.	1 196	647	719	585	708	663	610	578	5 706

Source : *Quelle gestion des déchets ménagers et assimilés en 2004 ? Enquête et tableau de bord de l'ORDIF*, La Défense : ORDIF, févr. 2006, p. 14.

Le Tableau 18 donne pour 2002 la répartition par mode de traitement (déchetteries comprises), sachant que les refus de tri et de compostage sont affectés à leur filière de traitement finale. Le Tableau 19 indique la destinée effective des déchets (hors déchetteries), d'après les résultats de l'enquête et en supposant que l'intégralité des mâchefers est valorisée. On voit que 72,8 % des déchets reçus en usine d'incinération sont effectivement dissipés par voie atmosphérique : c'est ce taux que nous appliquerons aux chiffres du Tableau 18 afin de déterminer les émissions vers l'air. De même, nous pouvons établir que les mâchefers représentent 24,8 % des déchets incinérés et les REFIO (refus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères) 2,4 %. Ces taux seront utilisés afin d'affecter les mâchefers au recyclage et les REFIO à la mise en décharge à partir des données du Tableau 18. Les résultats sont présentés dans le Tableau 20.

Nous pouvons appliquer les taux définis en 2002 aux données de 2004. Les résultats sont indiqués dans le Tableau 21. En 2004 comme en 2002, c'est environ un quart des déchets qui est recyclé.

¹ Ce terme de destinée n'est probablement pas très heureux. Nous l'avons retenu afin qu'il n'y ait pas de confusion avec la destination géographique des matières.

Tableau 18. Traitement des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2002 (kt).

	PPC	77	78	91	95	IdF
Incinération	2 215	230	443	327	321	3 536
Enfouissement	625	262	72	101	154	1 215
Valorisation matière	256	96	81	73	56	562
Valorisation organique	25	92	67	131	41	356
DMA	3 121	681	664	631	572	5 669

DMA : Déchets ménagers et assimilés.

D'après : *État de la gestion des déchets ménagers en Île-de-France. Chiffres clés 2002. Tableau de bord régional bisannuel*, La Défense : ORDIF, mai 2004, p. 25, 31-32.

Tableau 19. Traitement *versus* destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2002 (kt).

	Traités	Destin.	Remarques
Valorisation énergétique	3 507	2 554	= DMA reçus – mâchefers – REFIOM, soit 72,8 % des DMA incinérés
Valorisation matière	482	1 351	= DMA secs (hors refus) + mâchefers, d'où mâchefers = 869 kt, soit 24,8 % des DMA incinérés
Valorisation agronomique	266	266	= déchets verts + DMA effectivement compostés
Enfouissement	1 080	1 165	= DMA reçus + REFIOM, d'où REFIOM = 85 kt, soit 2,4 % des DMA incinérés
Total	5 336	5 336	

DMA : Déchets ménagers et assimilés REFIOM : Refus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères

D'après : *État de la gestion des déchets ménagers en Île-de-France. Chiffres clés 2002. Tableau de bord régional bisannuel*, La Défense : ORDIF, mai 2004, p. 29.

Tableau 20. Destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2002 (kt).

	PPC	77	78	91	95	IdF
Mise en décharge	679	267	83	109	162	1 300
Émissions atmosph.	1 612	168	323	238	233	2 574
Usage dissipatif	25	92	67	131	41	356
Recyclage	805	154	190	154	136	1 438
DMA	3 121	681	664	631	572	5 669

DMA : Déchets ménagers et assimilés.

D'après : Voir dans le texte.

Tableau 21. Destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2004 (kt).

	PPC	77	78	91	95	IdF
Mise en décharge	559	247	109	205	180	1 301
Émissions atmosph.	1 673	223	294	202	210	2 603
Usage dissipatif	31	78	66	67	52	295
Recyclage	884	160	193	135	135	1 508
DMA	3 148	708	663	610	578	5 706

DMA : Déchets ménagers et assimilés.

D'après : Voir dans le texte.

Le cas de Paris et de la première couronne

Les enquêtes de l'ORDIF ne permettent malheureusement pas l'obtention directe de chiffres départementaux pour Paris et la première couronne. Cependant, la production des déchets dans chacun des départements concernés est connue (Tableau 17), comme leur destinée effective pour l'ensemble constitué par Paris et la première couronne (Tableau 21). En supposant que les modes de traitement sont également répartis dans les départements, nous pouvons en déduire la destinée effective approchée pour chacun d'entre eux (Tableau 22). Il s'agit bien d'une approximation, dans la mesure où la collecte sélective est inégalement développée d'un département à l'autre : en 2004, le recyclage concerne 15 % des déchets parisiens, l'incinération 82 % ; ces chiffres sont respectivement portés à 18,9 % et 74,3 % pour l'ensemble des déchets confiés au SYCTOM¹. Elle pourrait être affinée, notamment grâce aux rapports sur l'élimination des déchets édités par la ville de Paris (annuels depuis 2002). L'ensemble des résultats est présenté dans le Tableau 23.

Tableau 22. Estimation de la destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Paris et première couronne, 2004 (kt).

	75	92	93	94	PC
Déchets ultimes	212	115	128	104	559
Émissions atmosphériques	636	344	382	311	1 673
Usage dissipatif	12	6	7	6	31
Recyclage	336	182	202	164	884
DMA	1 196	647	719	585	3 148

DMA : Déchets ménagers et assimilés.

D'après : Voir dans le texte.

Tableau 23. Estimation de la destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2004 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Mise en décharge	212	115	128	104	247	109	205	180	1 301
Émissions atmosph.	636	344	382	311	223	294	202	210	2 603
Usage dissipatif	12	6	7	6	78	66	67	52	295
Recyclage	336	182	202	164	160	193	135	135	1 508
DMA	1 196	647	719	585	708	663	610	578	5 706

DMA : Déchets ménagers et assimilés.

D'après : Voir dans le texte.

¹ *Rapport sur l'élimination des déchets à Paris. 2004*, Paris : Mairie de Paris (Direction de la protection de l'environnement), s. d., disponible sur la toile, [réf. du 27 juin 2006], format PDF, p. 14, http://www.paris.fr/portail/Environnement/Portal.lut?page_id=5431.

Le lieu de traitement des déchets ménagers et assimilés

À l'échelle régionale, l'essentiel du traitement est local, à l'exception des opérations effectuées dans les usines d'incinération de Pithiviers (Loiret) et de Ouarville (Eure-et-Loir)¹. Compte tenu de la relative faiblesse des tonnages concernés, nous considérerons que l'intégralité du traitement des déchets ménagers et assimilés est effectué dans la région.

Au sein de la région, différentes structures communales et intercommunales ont pour mission de traiter les ordures ménagères, si bien que le lieu de traitement échappe à la logique du découpage communal ou départemental.

Carte des bassins versants des ordures ménagères - 1er janvier 2006

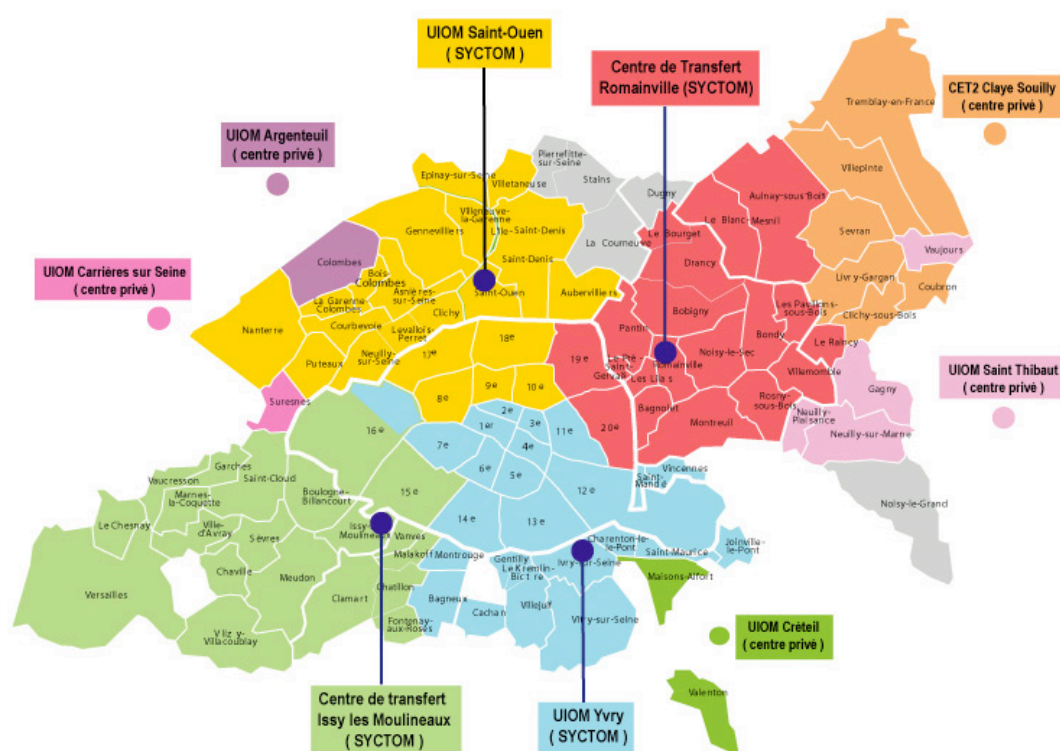


Figure 7. Bassins versants des ordures ménagères traitées par le SYCTOM, 2006.

Source : « Les territoires du SYCTOM », disponible sur la toile, [réf. du 7 oct. 2006], format jpg, <http://www.syctom-paris.fr/edi/syct/syctom.htm>.

La ville de Paris ne traitant aucun de ses déchets sur place, les déchets qu'elle produit (connus) devront être considérés comme faisant partie de ses exportations lors de la réalisation du bilan de matière spécifique à cette ville. La situation est un peu plus complexe en ce qui concerne les départements de la première couronne. En effet, une

¹ *Les capacités de traitement des déchets ménagers et assimilés en Île-de-France en 2004 (...)*, La Défense : ORDIF, févr. 2005, disponible sur la toile, [réf. du 28 avr. 2006], format PDF <http://www.ordif.com/documentation/enquete.htm>.

grande partie des communes concernées confie le traitement de ses déchets au Syndicat intercommunal de traitement des ordures ménagères de l'agglomération parisienne (SYCTOM), dont les installations sont en grande partie situées en petite couronne (Figure 7) et qui traite aussi les ordures parisiennes. Cependant, toutes les communes de première couronne ne font pas partie du SYCTOM (en particulier dans le Val-de-Marne) qui traite aussi les déchets de plusieurs communes des Yvelines.

En première approche, nous supposons néanmoins :

- que Paris exporte l'intégralité de ses déchets ménagers et assimilés en première couronne ;
- que les déchets ménagers et assimilés de la première couronne y sont intégralement traités ;
- que les déchets ménagers et assimilés de grande couronne sont traités en grande couronne.

Il s'agit là d'une simplification qui semble recevable compte tenu de ce qui précède.

2.4.1.2. Déchets industriels banals

Production et traitement des déchets industriels banals

Comme nous l'avons précisé plus haut, il n'existe pas de suivi régulier des déchets industriels banals en Île-de-France. L'ORDIF a cependant publié en 2004 une étude très complète sur ce sujet (hors déchets du bâtiment et des travaux publics) qui nous servira de référence — et qui conclut d'ailleurs sur la nécessité de la constitution d'une base de données qui leur serait spécifiquement consacrée¹. Le Tableau 24 résume les principaux résultats obtenus, sachant qu'ils sont jugés fiables à plus ou moins 20 %². Au total, 29 % des déchets industriels banals sont collectés avec les déchets ménagers : ils ont donc déjà été comptabilisés au paragraphe précédent.

Il reste à connaître la destinée des déchets faisant l'objet d'une autre prise en charge. Malheureusement, l'étude commandée par l'ORDIF démontre que les données sont quasiment inexistantes à ce sujet.

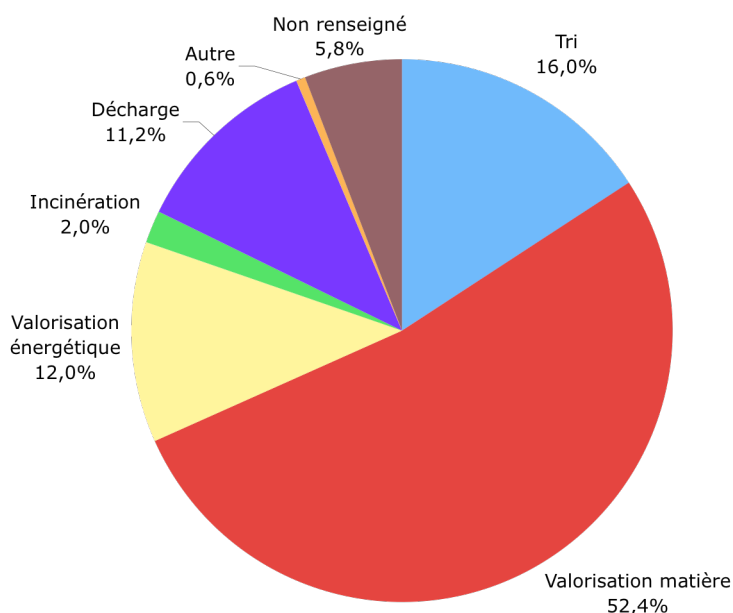
¹ TRIVALOR, *État des connaissances concernant la gestion des DIB en Île-de-France*, étude réalisée pour le compte de l'ORDIF, La Défense : ORDIF, juin 2004, p. 71, disponible sur la toile, [réf. du 28 avr. 2006], format PDF, <http://www.ordif.com/documentation/DIB.pdf>.

² *Ibid.*, p. 8.

Tableau 24. Déchets industriels banals, Île-de-France, circa 2003 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Origine									
Industrie	163	155	185	150	249	235	158	120	1 415
Commerce	1 472	379	319	245	282	298	215	124	3 335
Services	577	228	171	205	141	122	171	177	1 792
Mode de collecte									
Collectivité	838	170	199	130	165	171	117	90	1 881
Autre	1 374	590	476	470	507	484	427	332	4 659
Total	2 212	760	676	600	672	655	544	422	6 539

D'après : TRIVALOR, *État des connaissances concernant la gestion des DIB en Île-de-France*, étude réalisée pour le compte de l'ORDIF, La Défense : ORDIF, juin 2004, p. 9-10.

**Figure 8. Mode de traitement des déchets industriels banals (total : 21 709 kt), France, 2004 (%).**

D'après : *Évaluation de la production nationale des déchets des entreprises en 2004 (établissements industriels et commerciaux de 10 salariés et plus)*, Paris : ADEME, s. d., p. 4.

De son côté, l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) a très récemment publié les résultats de sa troisième enquête relative à la production nationale de déchets des entreprises pour 2004 (suite à aux enquêtes portant sur les années 1995 et 1999)¹. Réalisée auprès d'un échantillon de 5 830 établissements industriels et commerciaux, elle indique notamment le mode traitement des déchets

¹ *Évaluation de la production nationale des déchets des entreprises en 2004 (établissements industriels et commerciaux de 10 salariés et plus)*, Paris : ADEME, s. d., disponible sur la toile, [réf. du 30 juil. 2006], format PDF, www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=6E4D1322A552E48DC326889D02D74C821152631801926.pdf.

concernés (Figure 8). Faute de meilleure approximation, nous appliquerons la même répartition aux déchets franciliens. Cette solution n'est guère satisfaisante, la nature des activités ayant une forte influence non seulement sur les quantités de déchets produits mais aussi sur leur composition et leur mode de traitement. Le résultat est néanmoins présenté dans le Tableau 25.

Reste à définir la destinée effective des déchets, comme cela a été fait pour les déchets ménagers et assimilés. Une démarche similaire sera adoptée en utilisant les coefficients définis au Tableau 19 pour la valorisation énergétique et l'incinération ; les déchets faisant l'objet valorisation matière seront considérés comme totalement valorisés (ce qui conduit à négliger les refus) ; les déchets triés seront affectés à parts égales à la valorisation énergétique et à la valorisation matière ; enfin, les catégories « autre » et « non renseignée » seront affectées à la mise en décharge. Les résultats sont présentés dans le Tableau 26.

Tableau 25. Estimation du mode de traitement des déchets industriels banals, Île-de-France, circa 2003 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Tri	219	94	76	75	81	77	68	53	744
Valorisation matière	720	309	250	246	266	254	224	174	2 443
Valorisation énergétique	165	71	57	56	61	58	51	40	558
Incinération	27	12	9	9	10	10	8	7	92
Décharge	154	66	53	53	57	54	48	37	521
Autre	9	4	3	3	3	3	3	2	30
Non renseigné	80	34	28	27	30	28	25	19	272
Total	1 374	590	476	470	507	484	427	332	4 659

D'après : voir dans le texte.

Tableau 26. Destinée effective des déchets industriels banals (hors DMA, estimation), Île-de-France, 2003 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Mise en décharge	250	107	87	85	92	88	78	60	847
Émissions atmosph.	219	94	76	75	81	77	68	53	744
Usage dissipatif	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recyclage	905	389	313	310	334	318	281	218	3 068
DIB (hors DMA)	1 374	590	476	470	507	484	427	332	4 659

BIB : déchets industriels banals - DMA : Déchets ménagers et assimilés.

D'après : Voir dans le texte.

Le lieu de traitement des déchets industriels banals

L'étude commandée par l'ORDIF souligne que les informations concernant leur lieu de traitement (localement ou pas, que ce soit à l'échelle départementale ou régionale) sont inexistantes. Sur ce point, la seule certitude est qu'il n'y a pas de traitement dans Paris.

Ceci nous conduit à réitérer les hypothèses faites pour les déchets ménagers et assimilés et à supposer :

- que Paris exporte l'intégralité de ses déchets industriels banals en première couronne ;
- que les déchets industriels banals de la première couronne y sont intégralement traités ;
- que les déchets industriels banals de grande couronne sont traités en grande couronne.

2.4.1.3. Déchets du bâtiment et des travaux publics

Bien que ne faisant pas l'objet de chroniques statistiques, les déchets du bâtiment et des travaux publics (BTP) suscitent l'intérêt de l'administration depuis quelques années. Les schémas départementaux des carrières, instaurés par la loi n°93-3 du 4 janvier 1993, les plans de gestion des déchets de chantier du BTP, initiés par la circulaire interministérielle du 15 février 2000, ont conduit à la réalisation de plusieurs études quantitatives portant sur le gisement et les flux de ces déchets.

La plus récente d'entre elles, qui sert de base à toutes les analyses effectuées ici ou là, a été réalisée en 2002 par le bureau d'étude Trivalor pour le compte de l'ADEME et de la DREIF¹. Le gisement de déchets est estimé pour l'année 2000 (Tableau 27).

Tableau 27. Production de déchets du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, circa 2000 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Déchets du BTP	4 194	3 317	2 682	2 497	2 232	2 155	1 746	1 761	20 584

Source : « Tonnage des déchets du BTP », disponible sur la toile, [réf. du 1^{er} août 2006], format html, http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=115.

Ces déchets sont soit stockés soit recyclés. L'étude de 2002 a particulièrement pris en considération la fraction inerte des déchets, soit 80 % de l'ensemble. Elle permet de connaître, pour Paris et la première couronne d'une part et chacun des quatre autres départements de la région d'autre part non seulement la part stockée et la part recyclée mais aussi le lieu du stockage et du recyclage (avec la même précision spatiale). Afin de d'obtenir la répartition départementale, nous avons considéré que les taux de recyclage étaient identiques pour Paris et les départements de la première couronne (Tableau 28).

¹ TRIVALOR, *Production de déchets du bâtiment et des travaux publics en Île-de-France*, étude pour le compte de l'ADEME et de la DREIF, Paris : DREIF, 2002.

Tableau 28. Destinée des déchets inertes du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, circa 2000 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Déchets ultimes	2 869	2 269	1 835	1 708	1 522	1 444	1 132	1 132	13 911
Recyclage	613	485	392	365	258	245	192	192	2 741
DI BTP	3 482	2 754	2 227	2 073	1 780	1 689	1 324	1 324	16 652

DI BTP : déchets inertes du BTP

D'après : voir dans le texte.

Le Tableau 29 précise les lieux de traitement (les départements de grande couronne n'ont pas été traités dans le détail afin d'alléger la présentation mais les données existent). L'Île-de-France reçoit très peu de déchets inertes du BTP et traite la quasi-totalité d'entre eux sur place. Paris et la première couronne exportent de grandes quantités vers la grande couronne, et la capitale ne traite ni ne recycle sur place.

Tableau 29. Destinée et destination des déchets inertes du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, circa 2000 (kt).

		PPC	GC	IdF
Stockage	Local	1 015	5 229	6 244
	Ailleurs en IdF	7 234	0	7 234
Recyclage	Local	1 405	887	2 292
	Ailleurs en IdF	440	0	440
Total		10 094	6 116	16 210

PPC : Paris et première couronne – GC : grande couronne

D'après : « Flux de déchets du BTP : flux inertes », disponible sur la toile, [réf. du 1^{er} août 2006], format html, http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/article.php3?id_article=225.

Les 20 % non pris en compte dans le Tableau 29 sont essentiellement constitués par des déchets industriels banals traités au même titre que les autres déchets de cette nature¹. Cependant, il n'est pas possible de connaître leur destinée finale, les données spécifiques faisant défaut (ils sont traités en même tant que des déchets provenant d'autres activités)². Nous considérerons dans un premier temps que ces déchets ne font l'objet d'aucune valorisation, ils peuvent donc être ajoutés aux déchets inertes stockés (Tableau 30). En outre, ils sont supposés suivre le même chemin que les autres déchets stockés, ce qui conduit à corriger les chiffres du Tableau 29 afin d'établir le Tableau 31.

¹ On considérera la fraction de déchets industriels spéciaux négligeable à ce stade de la recherche.

² Voir par exemple : *Plan de gestion des déchets du bâtiment et des travaux publics de l'Essonne*, Évry : DDE de l'Essonne, nov. 2005, p. 16-18, disponible sur la toile, [réf. du 1^{er} août 2006], format PDF, <http://www.essonne.pref.gouv.fr/documents/enqdi0014plandechetsBTP.pdf>.

Tableau 30. Destinée des déchets totaux du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, circa 2000 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Déchets ultimes	3 581	2 832	2 290	2 132	1 804	1 749	1 428	1 443	17 259
Recyclage	613	485	392	365	258	245	192	192	2 741
Déchets du BTP	4 194	3 317	2 682	2 497	2 062	1 994	1 620	1 635	20 000

D'après : voir dans le texte.

Tableau 31. Destinée et destination des déchets totaux du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, circa 2000 (kt).

		PPC	GC	IdF
Stockage	Local	1 333	6 423	7 756
	Ailleurs en IdF	9 503	0	9 503
Recyclage	Local	1 405	887	2 292
	Ailleurs en IdF	440	0	440
Déchets du BTP		12 682	7 310	19 992

PPC : Paris et première couronne – GC : grande couronne

D'après : voir dans le texte.

2.4.1.4. Autres déchets

Déchets agricoles

Les déchets agricoles sont très mal connus, à l'échelle régionale comme à l'échelle nationale¹. L'ORDIF les estime à 1 220 kt/an², dont environ 1 000 kt de paille enfouie (90 % de paille de céréales, 10 % de paille de betterave et de colza) et 62 kt d'effluents d'élevage (département de Seine-et-Marne et des Yvelines uniquement)³. La composition du reste n'étant pas connue, il est supposé mis en décharge. L'affectation aux départements a été effectuée pour les pailles au prorata de la production respective de céréales d'une part, de colza et de betteraves d'autre part de chacun d'entre eux (*cf. supra*, Tableau 3), pour les déjections au prorata des cheptels bovins (majoritaires en Île-de-France), pour les autres déchets au prorata de la production végétale totale (l'élevage étant peu important dans la région). Le résultat est présenté dans le Tableau 32.

¹ *Étude pilote sur les déchets de l'agriculture en France. Rapport final*, Orléans : IFEN / Paris : Ministère de l'Agriculture, mars 2005, p. 2-3, disponible sur la toile, [réf. du 1^{er} août 2006], format PDF, <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dechet2005.pdf>.

² « Indicateurs : les déchets en Île-de-France », disponible sur la toile, [réf. du 26 juin 2006], format html, <http://www.ordif.com/indicateurs/dechets.htm>.

³ *Quelle place pour la méthanisation des déchets organiques en Île-de-France*, La Défense : ORDIF / Paris : ARENE Île-de-France, juill. 2003, 2^e partie, p. 11-12, disponible sur la toile, [réf. du 1^{er} août 2006], <http://www.ordif.com/documentation/etudes.htm>.

Tableau 32. Destinée des déchets agricoles, Île-de-France, circa 2003 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Usages dissipatifs	0	0	2	2	646	151	149	112	1 062
Mise en décharge	0	0	0	0	102	15	20	19	158
Déchets agricoles	0	0	2	2	748	167	170	131	1 220

D'après : voir dans le texte.

Déchets industriels spéciaux

Ils sont estimés à 650 kt par l'ORDIF¹. L'étude statistique la plus complète les concernant remonte à 2000, pour des chiffres portant au mieux sur 1999, quand l'ensemble représentait 606 kt, mais donnant la répartition géographique des gisements². Parmi les traitements, l'enfouissement domine (50 %), suivi de l'incinération. Nous supposons que celle-ci concerne la moitié de ces déchets et qu'il n'y a aucune valorisation des mâchefers. Le résultat est résumé dans le Tableau 33.

Tableau 33. Destinée des déchets industriels spéciaux, Île-de-France, 1999 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Mise en décharge	1	21	19	35	82	187	16	25	386
Émissions atmosph.	0	12	11	20	47	107	9	14	221
DIS	1	33	30	55	130	294	24	39	606

D'après : voir dans le texte.

Déchets d'activités de soins

Les déchets d'activité de soins sont évalués à 31 kt/an pour la région par l'ORDIF³. Cette faible quantité conduit à les négliger dans le bilan de matières brutes.

Déchets d'assainissement

En 1998, l'ORDIF a conduit une étude assez précise portant sur les sous-produits du cycle de l'eau (assainissement individuel et collectif), sur la base de données relatives à 1996 pour les plus récentes⁴. Le Tableau 34 en synthétise les résultats. Il a été établi en considérant que l'assainissement individuel est inexistant à Paris et en première couronne, dont les déchets d'assainissement sont produits par le SIAAP (Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne), qui assure l'assainissement de Paris et de la première couronne (ainsi que de 180 communes de

¹ « Indicateurs : les déchets en Île-de-France », disponible sur la toile, [réf. du 26 juin 2006], format html, <http://www.ordif.com/indicateurs/dechets.htm>.

² *Plan régional des déchets industriels spéciaux d'Île-de-France. Actualisation des données relatives à la production et à l'élimination des déchets industriels spéciaux*, Paris : DRIRE Île-de-France, déc. 2000, n. p., disponible sur la toile, [réf. du 1^{er} août 2006], <http://www.ile-de-france.drire.gouv.fr/>.

³ « Indicateurs : les déchets en Île-de-France », *op. cit.*

⁴ *Les sous-produits du cycle de l'eau en l'Île-de-France – Constat et diagnostic*, La Défense : ORDIF, août 1998, disponible sur la toile, [réf. du 27 juin 2006], format PDF, http://www.ordif.com/documentation/ProdTraitemEauRapport1_2.pdf et http://www.ordif.com/documentation/ProdTraitemEauRapport1_3.pdf.

grande couronne). La connaissance des modes de traitements adoptés permet de définir la destinée effective de ces déchets (pour l'incinération, on applique les coefficients définis pour les déchets ménagers et assimilés), résumée dans le Tableau 35.

Tableau 34. Production de déchets d'assainissement, Île-de-France, circa 1996 (kt).

	PPC	GC	IdF	Remarque
Vidanges*	0	30	30	* Vidanges à prendre en compte (non prises en charge par les stations d'épuration). Les autres déchets concernent les stations d'épuration
Refus brut	6	5	11	
Sable brut	15	6	21	
Graisses brutes	3	11	14	
Boues	76	39	115	
Déchets d'assainissement	99	91	190	

D'après : *Les sous-produits du cycle de l'eau en l'Île-de-France – Constat et diagnostic*, La Défense : ORDIF, août 1998.

Tableau 35. Destinée effective des déchets d'assainissement, Île-de-France, circa 1996 (kt).

	PPC	GC	IdF
Déchets ultimes	26	37	63
Émissions atmosphériques	4	4	9
Usage dissipatif	67	48	115
Recyclage	2	2	4
Déchets d'assainissement	99	90	190

D'après : voir dans le texte.

L'actualisation de ces données conduirait probablement à des tonnages plus importants pour les déchets des stations d'épuration. En effet, l'augmentation des capacités de traitement (surtout en grande couronne) et celle des rendements d'épuration (partout) devrait logiquement aller dans ce sens. Pourtant, le SIAAP annonce pour 2005 une production de boues de 76,5 kt¹, chiffre identique à celui de 1996. De même, l'enquête réalisée par l'Institut Français de l'Environnement (IFEN) pour l'année 2001 donne 142 kt de boues produites par l'ensemble des stations d'épuration d'Île-de-France². Les chiffres de 1996 seront donc conservés.

Reste la question du lieu de traitement. D'après l'étude de l'ORDIF, il a lieu dans la région, à l'exception d'une partie de l'épandage (environ 60 %) qui se fait à l'extérieur. Nous pouvons par ailleurs considérer que Paris ne traite pas ses déchets d'assainissement sur place (pas de station d'épuration à Paris, pas d'assainissement individuel), donc les exporte. Pour la première couronne, la situation est plus complexe dans la mesure où il existe deux stations d'épuration (Valenton dans le Val-de-Marne et

¹ *Rapport d'activité 2005*, Paris : SIAAP, juin 2006, p. 19, disponible sur la toile, [réf. du 7 oct. 2006], http://w1.siaap.fr/pdf/rapp_acti_2005.pdf.

² Base de données de l'enquête *Les collectivités locales et l'environnement*, volet assainissement, fichier « Les stations d'épuration en 2001 », France et région, (EA30DET), Orléans : IFEN, 2006, disponible sur la toile, [réf. du 7 avr. 2006], format excel, <<http://eider.ifen.fr/Eider/series.do>>, voir aussi *infra*, § 2.4.2.

dans une moindre mesure Noisy-le-Grand dans les Hauts-de-Seine). On peut néanmoins supposer que l'épandage agricole et la mise en décharge ont lieu en grande couronne (voire à l'extérieur de la région). Compte tenu de leur prépondérance dans le bilan, nous considérerons que l'ensemble des déchets d'assainissement de Paris et la première couronne est exporté.

2.4.1.5. Bilan

Le Tableau 36 résume la destinée des différents déchets produits en Île-de-France divisée en trois zones. Cependant, les déchets ne sont pas toujours traités là où ils sont produits, notamment à Paris où il n'existe aucune structure de traitement. Un déchet qui est traité hors de son lieu de production doit être considéré comme une exportation, ce qui est résumé dans le Tableau 37, qui tient compte des hypothèses faites pour chaque type de déchet et procède d'un découpage différent du tableau précédent puisque l'on considère d'abord Paris, puis Paris et la première couronne, puis l'ensemble de la région (par emboîtement).

On voit ainsi que, si l'Île-de-France produit environ 32 millions de tonnes de déchets par an, seules 20 millions de tonnes doivent être considérées au titre de la mise en décharge (déchets ultimes). Les émissions atmosphériques ne devront pas être comptabilisées à ce titre, sous peine de double compte, et les usages dissipatifs classés dans cette rubrique au même titre que, par exemple, les engrais minéraux.

Tableau 36. Destinée des déchets totaux, Île-de-France, circa 2003 (kt).

	Paris	PC	GC	IdF
Déchets ultimes	4 053	7 974	7 986	20 013
Émissions atmosphériques	857	1 329	1 391	3 576
Usage dissipatif	35	67	1 369	1 471
Recyclage	1 854	2 802	2 664	7 320
Déchets totaux	6 799	12 171	13 411	32 381

PC : première couronne GC : grande couronne

D'après : voir dans le texte.

Tableau 37. Destinée et destination des déchets totaux, Île-de-France, circa 2004 (kt).

	Paris	PPC	IdF
Déchets ultimes	0	2 498	20 013
Émissions atmosphériques	0	2 181	3 576
Usage dissipatif	0	35	1 403
Recyclage	0	4 211	7 320
Exportation	6 799	8 673	69
Déchets totaux	6 799	17 599	32 381

PPC : Paris et première couronne GC : grande couronne

D'après : voir dans le texte.

2.4.2. ÉMISSIONS VERS L'EAU

2.4.2.1. Rejets des stations d'épuration des collectivités

L'enquête relative aux collectivités locales et à l'environnement réalisée par l'IFEN pour l'année 2001 comprend un volet assainissement qui permet d'accéder à des données régionales. Les principaux résultats pour l'Île-de-France en sont présentés dans le Tableau 38.

Tableau 38. Principales caractéristiques des stations d'épuration des collectivités, Île-de-France, 2001.

Nombre	Capacité (équivalents habitants)	Volume traité (10 ⁶ m ³)	Boues produites (kt de matière sèche)	Rendement, pollution organique (%)
372	14 966 267	1 251	142	80,9

Source : Base de données de l'enquête *Les collectivités locales et l'environnement*, volet assainissement, fichier « Les stations d'épuration en 2001 », France et région, (EA30DET), Orléans : IFEN, 2006, disponible sur la toile, [réf. du 7 avr. 2006], format excel, <<http://eider.ifen.fr/Eider/series.do>>.

Ces données peuvent être complétées par celles que fournit le SIAAP. En 2005, celui-ci a traité 900 millions de mètres cubes d'eaux usées, et reçu 356,3 tonnes de matières organiques par jour, avec un rendement d'épuration de 80 %¹, soit un rejet de 27 kt/an de matières organiques. Les eaux traitées par le SIAAP représentent ainsi 72 % des eaux traitées en Île-de-France, avec un rendement d'épuration très proche de la moyenne régionale. La quantité totale de matières organiques rejetées à l'échelle régionale est ainsi déduite des données du SIAAP et s'élève à 37 kt/an.

Reste à spatialiser ces données. L'origine des rejets peut être établie au prorata de la population, leur destination en fonction de la localisation des équipements d'épuration. Les usines d'épuration du SIAAP sont situées en petite couronne à Valenton (Seine Amont), à Colombes (Seine centre) et Noisy-le-Grand (Marne aval), en grande couronne à Achères (Seine aval). Les matières organiques rejetées sont affectées au prorata du débit traité dans chacune de ces stations. Les usines d'épuration hors SIAAP sont toutes localisées dans la grande couronne. Le Tableau 39 synthétise les résultats obtenus. Ces résultats ne sont pas entièrement conformes à la réalité, les usines d'épuration situées en petite couronne recevant une partie des eaux usées de la grande couronne et vice-versa.

Tableau 39. Origine et destination des matières organiques rejetées par les stations d'épuration des collectivités vers le milieu aquatique, Île-de-France, 2001-2005, (kt/an).

	Paris	PC	GC	IdF
Origine	7	14	16	37
Destination	0	6	31	37

PC : première couronne GC : grande couronne

D'après : voir dans le texte.

¹ *Rapport d'activité 2005, op. cit.*, p. 19.

2.4.2.2. Rejets des industries non raccordées

D'après l'enquête réalisée par l'Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN) pour l'année 2000, les rejets en matières organiques des industries non raccordées au réseau public s'élèvent, pour l'ensemble de son territoire, à 1 277 t/j ; l'Île-de-France y contribue pour environ 10 %, soit 5 kt/an¹. On suppose que Paris ne compte pas d'industrie non raccordée, et une répartition entre la petite couronne et la grande couronne de 2 kt/an et 3 kt/an respectivement.

2.4.2.3. Bilan

Le Tableau 40 résume les données relatives aux rejets dans le milieu aquatique.

Tableau 40. Origine et destination des matières organiques d'origine domestique et industrielle vers le milieu aquatique, Île-de-France, 2001-2005, (kt/an).

	Paris	PC	GC	IdF
Origine	7	16	19	42
Destination	0	8	34	42

PC : première couronne GC : grande couronne

D'après : voir dans le texte.

Ces chiffres ne reflètent que très imparfaitement la réalité et ne prennent pas en compte les éléments inertes ou toxiques (métaux, etc.), ni les déchets agricoles. En ce qui concerne les métaux, ils sont quantitativement négligeables au regard des autres chiffres composant le bilan (ce qui ne signifie pas qu'il ne sont pas important d'un point de vue environnemental). Pour ce qui concerne les matières inertes et les rejets d'origine agricoles, ils sont comptabilisés au chapitre des usages et pertes dissipatives qui n'ont pas été affectés à l'air ou à l'eau à ce stade de la recherche.

2.4.3. ÉMISSIONS VERS L'AIR

Les données relatives aux émissions atmosphériques sont essentiellement produites par deux organismes : le Centre Interprofessionnel d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), qui assure la fonction de centre national de référence des émissions atmosphériques pour le compte du ministère de l'Écologie et du Développement durable², et AIRPARIF, association agréée par ce même ministère pour la surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France.

¹ *L'industrie et l'eau. Analyse économique des usages industriels de l'eau du bassin de la Seine et des fleuves côtiers normands*, Nanterre : AESN, 2003, p. 15, disponible sur la toile, [réf. du 7 oct. 2006], format PDF,

http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Expert/Etudes_et_Syntheses/Industrie_et_Eau_2_DEPEE_2005_All_eege.pdf.

² CITEPA, « Émissions dans l'air », disponible sur la toile, [réf. du 15 juin 2006], format html, <http://www.citepa.org/emissions/index.htm>.

Le CITEPA a récemment publié la version mise à jour de son inventaire départemental des émissions pour 2000¹. Ce document est basé sur les méthodes standardisées d'estimation et aborde cinq types d'émissions ou cinq thèmes, soit 27 substances et deux indicateurs :

- Acidification, eutrophisation et photochimie : dioxyde de soufre (SO₂), oxydes d'azote (NO_x), ammoniac (NH₃), composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM), monoxyde de carbone (CO), indicateur acide équivalent (Aeq) ;
- Effet de serre : dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), protoxyde d'azote (N₂O), hydrofluorocarbures (HFC), perfluorocarbures (PFC), hexafluorure de soufre (SF₆), indicateur de potentiel de réchauffement global à 100 ans (PRG) ;
- Métaux lourds : Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Sélénium (Se), Zinc (Zn) ;
- Particules : particules totales en suspension (TSP), particules fines (PM10, PM2,5) ;
- Produits Organiques Persistants (POP) : dioxines et furannes (Diox), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), hexachlorobenzène (HCB), polychlorobiphényles (PCB)².

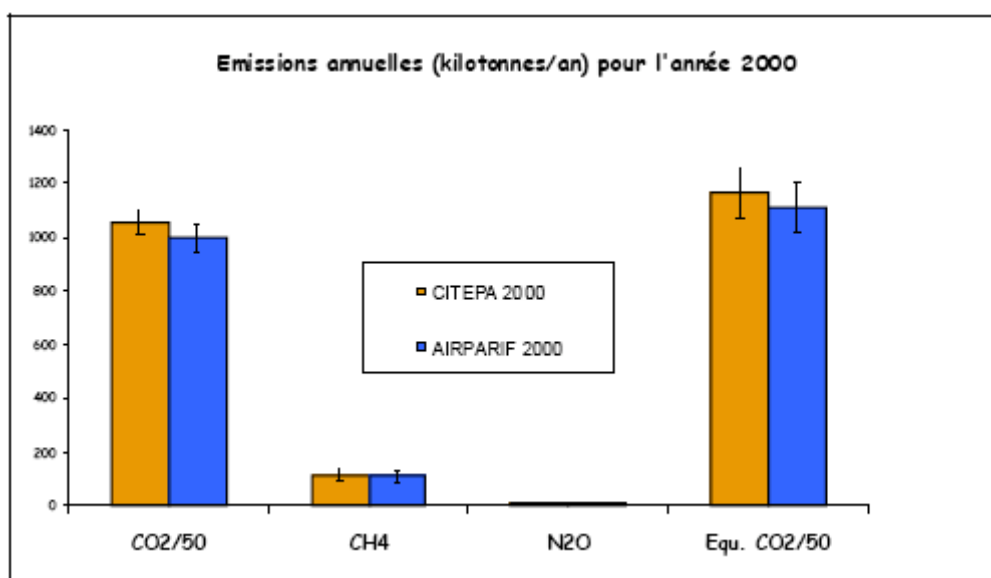


Figure 9. Comparaison entre les émissions calculées par le CITEPA et par AIRPARIF, Île-de-France, 2000.

Source : *Analyse de l'inventaire et du cadastre des émissions des principaux gaz à effet de serre en Île-de-France*, Paris : AIRPARIF, sept. 2005, p. 14.

¹ *Inventaire départementalisé des émissions de polluants atmosphériques en France en 2000*, nouv. éd., Paris : CITEPA, févr. 2005, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 7 oct. 2006], http://www.citepa.org/publications/Rapport_departement_2000_v2005-web.pdf.

² *Ibid.*, p. 7.

Les données sont non seulement accessibles à l'échelle départementale mais aussi en fonction de la source d'émission.

De son côté, AIRPARIF réalise le cadastre francilien des émissions selon les mêmes méthodes standardisées, mais en adoptant une résolution spatiale plus fine et en observant un moins grand nombre de substances, soit cinq polluants (oxydes d'azote, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre, composés organiques volatiles non méthaniques) et trois gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, protoxyde d'azote, méthane)¹. Les données accessibles aujourd'hui portent sur les trois derniers². La Figure 9 montre la légère différence existant entre les deux études.

Les données fournies par le CITEPA ont été retenues pour deux raisons majeures :

- elles sont plus complètes en ce qui concerne les substances étudiées : il est certain, et nous le verrons, qu'un petit nombre de substance domine le bilan de matières brutes, mais il est aussi nécessaire d'envisager les développements futurs de ce travail, qui pourraient nécessiter une précision plus élevée ;
- elles sont homogènes à l'échelle nationale, ce qui permet de futures comparaisons.

Cependant, les métaux et les produits organiques persistants ont dans un premier temps été exclus du bilan, compte tenu de leur très faible tonnage (respectivement 200 tonnes et 2 tonnes pour 2000³).

Les émissions pour les autres substances sont présentées dans le Tableau 41 dans lequel les sources biotiques ont été soustraites aux émissions totales afin de ne prendre en compte que les émissions liées aux activités humaines. En outre, les puits de carbone comme la respiration humaine et animale ne sont pas pris en compte dans ce bilan.

L'essentiel des émissions étant lié aux activités de combustion, il est nécessaire, afin d'équilibrer le bilan, de prendre en compte l'oxygène consommé et l'eau produite par celle-ci. L'oxygène s'ajoute aux entrées, l'eau aux émissions atmosphériques⁴. La connaissance des réactions de combustion permet en théorie de définir les quantités d'oxygène et d'eau mises en jeu. En première approche (Tableau 42), nous estimerons que l'oxygène consommé est égal au dioxyde de carbone produit et l'eau produite à la moitié⁵. Ce résultat pourra être affiné par la suite.

¹ « L'inventaire et le cadastre francilien des émissions », *AIRPARIF Actualités* (27), oct. 2005, p. 2.

² *Analyse de l'inventaire et du cadastre des émissions des principaux gaz à effet de serre en Île-de-France*, Paris : AIRPARIF, sept. 2005, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 7 oct. 2006], <http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/Rges.pdf>.

³ *Inventaire départementalisé des émissions de polluants atmosphériques (...)*, op. cit. p. 29, 32.

⁴ À titre d'exemple, et en examinant le premier des hydrocarbures, la réaction de combustion s'écrit : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. L'omission de l'oxygène et de l'eau ne permettrait pas de vérifier la conservation de la matière.

⁵ Cette approximation résulte de la complexité des réactions chimiques effectivement présentes et de la compilation des chiffres fournis par la littérature. Voir par exemple : C. BLIEFERT, R. PERRAUD, *Chimie de l'environnement. Air, eau, sols, déchets*, Bruxelles/Paris : De Boeck, 2001, p. 207.

Tableau 41. Émissions atmosphériques, Île-de-France, 2000 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
SO ₂	3	2	5	6	13	6	3	7	45
NO _x	16	10	15	16	32	20	18	18	144
COVNM	25	19	22	17	28	30	26	21	189
CO	97	50	58	55	105	82	90	61	599
NH ₃	0	0	0	0	4	1	1	1	8
CH ₄	7	5	5	4	48	9	8	30	116
CO ₂	6 561	4 841	6 223	6 386	10 226	7 121	5 752	5 543	52 653
N ₂ O	1	0	0	1	4	3	1	1	10
HFC	0	0	0	0	0	0	0	0	1
PFC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TSP	5	5	5	4	22	13	11	10	74
Total	6 714	4 931	6 333	6 490	10 482	7 285	5 911	5 691	53 839

D'après : *Inventaire départementalisé des émissions de polluants atmosphériques en France en 2000*, nouv. éd., Paris : CITEPA, févr. 2005.

Tableau 42. Oxygène consommé et eau produite par la combustion, Île-de-France, 2000 (kt).

	75	92	93	94	77	78	91	95	IdF
O ₂	6 561	4 841	6 223	6 386	10 226	7 121	5 752	5 543	52 653
H ₂ O	3 281	2 421	3 112	3 193	5 113	3 561	2 876	2 772	26 327

D'après : voir dans le texte.

La principale limite de ces données est qu'elles n'ont pas été actualisées, si bien que les informations les plus récentes remontent, nous l'avons vu, à 2000. Trois possibilités sont envisageables :

- soit conserver les données en l'état ;
- soit les corriger sur la base des évolutions nationales, connues grâce à une autre étude du CITEPA¹ ;
- soit affiner les tendances annoncées par l'étude nationale en prenant en compte les évolutions caractéristiques de la région Île-de-France (trafic, consommation énergétique, etc.).

Le Tableau 43 permet de comparer les émissions de 2000 et 2004 respectivement. On constate que si les taux de croissance varient considérablement d'une substance à l'autre, l'effet sur le total des émissions est quasiment nul, puisqu'elles augmenteraient

¹ *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France. Séries sectorielles et analyses étendues. Rapport d'inventaire national*, nouv. éd., Paris : CITEPA, févr. 2006, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 7 oct. 2006],

http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Expert/Etudes_et_Syntheses/Industrie_et_Eau_2_DEPEE_2005_All_eege.pdf.

de 0,16 %. Dans ces conditions, il nous semble plus prudent de conserver les chiffres de 2000 plutôt que d'ajouter de nouvelles sources d'erreur au bilan.

Tableau 43. Émissions de polluants atmosphériques, France, 2000 et 2004 (kt)

	2000 (kt)	2004 (kt)	Taux de croissance (%)
SO ₂	613	484	-21,04
NO _x	1 392	1 219	-12,43
NH ₃	789	742	-5,96
COVNM	1 658	1 367	-17,55
CO	6 669	6 008	-9,91
CO ₂	535 000	534 000	-0,19
CH ₄	3 058	2 788	-8,83
N ₂ O	262	234	-10,69
SF ₆ *	1 749	1 356	-22,47
HFC*	7 083	11 204	58,18
PFC*	2 487	2 266	-8,89
TSP	1 464	1 476	0,82
Total**	562 224	563 144	0,16

* kt eq CO₂ ** total fictif

D'après : *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France. Séries sectorielles et analyses étendues. Rapport d'inventaire national*, nouv. éd., Paris : CITEPA, févr. 2006, p. 7.

2.4.4. USAGES ET PERTES DISSIPATIFS

2.4.4.1. Usages dissipatifs

Engrais, produits phytosanitaires et autres contributions agricoles

Les livraisons d'engrais à l'hectare de surface fertilisable (surface agricole utilisée moins pacages, parcours et jachères) sont connues à l'échelle régionale grâce aux données fournies par l'Union des industries de la fertilisation (UNIFA) : pour la campagne 2002-2003, 126 kg/ha d'azote, 36 kg/ha de P₂O₅, 47 kg/ha de K₂O¹. En supposant que les doses ne varient pas d'un département de la région à l'autre, il est possible d'en déduire la consommation correspondante en utilisant les surfaces données par l'Agreste (Tableau 44).

La consommation de produits phytosanitaires n'a pu être déterminée. Les fumiers et résidus végétaux épandus ont déjà été comptabilisés au chapitre des déchets agricoles (§ 2.4.1.4).

¹ *Évolution des doses moyennes de N, P₂O₅, K₂O en kg/ha fertilisable depuis plus de 30 ans dans votre région*, La Défense : UNIFA, s. d., p. 11, disponible sur la toile, [réf. du 2 août 2006], format PDF, http://www.unifa.net/2_stat/courbes_regions_livraisons_kgha_surf_fertil_2005.pdf.

Tableau 44. Livraisons d'engrais, Île-de-France, campagne 2002-2003 (kt).

	92	93	94	77	78	91	95	IdF
Surface fertilisable (ha)	444	1 378	1 884	302 910	79 407	80 049	51 808	517 880
N	0,06	0,17	0,24	38,17	10,01	10,09	6,53	65
P2O5	0,02	0,05	0,07	10,90	2,86	2,88	1,87	19
K2O	0,02	0,06	0,09	14,24	3,73	3,76	2,43	24
Engrais	0,09	0,29	0,39	63,31	16,60	16,73	10,83	108

D'après : voir dans le texte.

Fondants routiers

Le fondant routier le plus utilisé en France demeure le chlorure de sodium¹. Les statistiques sont inexistantes, ou non publiées. La seule information localisée émane du Comité des Salines de France, qui indique que la consommation nationale de sel routier varie de 300 à 1 200 kt en fonction des rigueurs climatiques². Le réseau routier francilien représente environ 3 % du linéaire national, ce qui donnerait 9 à 36 kt de sel épandu chaque année — mais c'est faire abstraction d'autres éléments tels que nature du réseau, trafic, climat. Nous retiendrons 20 kt de sels épandus. Ce chiffre pourra être précisé par consultation des services déconcentrés du ministère de l'Équipement³.

Autres

D'autres usages dissipatifs ont déjà été mentionnés au § 2.4.1. En revanche, nous n'avons pas établi la consommation de solvants.

2.4.4.2. Pertes dissipatives

Les pertes dissipatives sont dues à l'abrasion (pneus, freinage), à d'éventuels accidents (produits chimiques), aux fuites (gaz, etc.), à l'érosion et à la corrosion des infrastructures. Elles font partie des flux les plus mal connus⁴.

L'usure des chaussées

Le syndicat des transports d'Île-de-France fournit des données sommaires relatives aux réseaux routier et viaire, dont « la longueur [...] évolue peu (+ 5 % en 10 ans). »⁵ La

¹ *Viabilité hivernale. Guide méthodologique*, version provisoire, Bagneux : SETRA, avr. 2006. p. 26, disponible sur la toile, [réf. du 1^{er} août 2006], format PDF, http://www.viabilite-hivernale.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/VH_guide_methodologique_cle08d45b.pdf.

² Comité des Salines de France, « Le sel routier », disponible sur la toile, [réf. du 1^{er} août 2006], format html, <http://www.salines.com/index.php?cat=3&mot=63>.

³ La démarche est en cours, mais c'est avérée infructueuse à ce jour.

⁴ E. MATTHEWS (ed.), *The Weight of Nations. Material Outflows from Industrial Economies*, Washington : World Resources Institute, 2000, p. 27-28, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 14 oct. 2005], <http://www.resourcesaver.org/file/toolmanager/O16F6896.pdf>.

⁵ *Compte déplacements de voyageurs en Île-de-France pour l'année 2003*, Paris : STIF, 2005, p. 7, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 16 oct. 2005], http://www.stif-idf.fr/IMG/pdf/compte_dep_2005-2.pdf.

surface totale du réseau est calculée sur la base de largeurs moyennes estimées, l'usure en supposant qu'elle s'élève à 1 mm/an. Le résultat est présenté dans le Tableau 45.

Tableau 45. Réseau routier et pertes dissipatives correspondantes, Île-de-France, 2003.

	Autoroutes	RN	RD	Autres	Total
Longueur (km)	600	1 400	8 800	26 000	36 800
Largeur moyenne (m)	30	15	15	10	70
Surface (km ²)	18	21	132	260	431
Pertes par usure (kt)	36	42	264	520	862

RN : routes nationales RD : routes départementales Autres : dont voirie communale

D'après : voir dans le texte.

Ces hypothèses pourraient être précisées dans un futur travail. La quantité de matière dissipée par l'usure des chaussées dépend en effet non seulement de la surface considérée et mais aussi de l'intensité du trafic et du type de revêtement. En outre, il n'existe pas à notre connaissance de base de données départementalisées prenant en compte en particulier la répartition de la voirie communale. L'usure des chaussées sera donc affectée de façon arbitraire aux différents secteurs de l'Île-de-France (Tableau 46).

Tableau 46. Pertes dissipatives par usure des chaussées, Île-de-France, 2003 (kt).

	Paris	PC	GC	Total
Usure des chaussées	150	250	462	862

PC : première couronne GC : grande couronne

D'après : voir dans le texte.

Les pneumatiques

Tableau 47. Pertes dissipatives par usure des pneumatiques, France et Île-de-France, 2003.

	Perte (t/10 ⁹ véh*km)	Trafic France (10 ⁹ véh*km)	Perte France (kt)	Perte IdF (kt)
PL	160	36	5,8	0,6
VL	80	513	41,0	4,1
Total		549	46,8	4,7

D'après : voir dans le texte.

La perte de matière subie par un pneumatique de véhicule lourd est estimée à 6 kg pour les 300 000 km correspondant à sa durée de vie moyenne. Chaque kilomètre parcouru engendre donc une perte de 0,02 g. En supposant que le nombre moyen de pneumatiques s'élève à 8 par poids lourd, on obtient : 1 véh*km = 0,16 g. Le même raisonnement peut être fait pour les véhicules légers, pour lesquels la perte s'élèverait à 1 kg pour 50 000 km, soit 1 véh*km = 0,08 g. Les données relatives au trafic fournies par le ministère de l'Équipement¹ permettent de calculer la perte annuelle à l'échelle

¹ MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT – ÉCONOMIE ET STATISTIQUES, *Les comptes en 2003*, Tableau A II 2.3 : circulation en France, disponible sur la toile, [réf. du 3 nov. 2006], format excel, http://www.statistiques.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=239.

nationale. On supposera que l'Île-de-France contribue pour 10 % au trafic national, ce qui y porte l'usure des pneumatiques à 5 kt (Tableau 47).

Les autres pertes dissipatives

Les autres pertes dissipatives n'ont pas été quantifiées.

2.4.5. RECYCLAGE

Les données concernant le recyclage ont été établies à partir des informations portant sur les déchets récapitulées au § 2.4.1.5. Elles sont rappelées dans le Tableau 48.

Tableau 48. Recyclage, Île-de-France, 2003 (kt).

	Paris	PC	GC	IdF
Origine	1 854	2 802	2 664	7 320
Destination	0	4 211	3 109	7 320

PC : première couronne GC : grande couronne

D'après : voir dans le texte.

2.4.6. SORTIES VERS LA NATURE : BILAN

Le Tableau 49 et le Tableau 50 résument les sorties vers la nature.

Tableau 49. Sorties vers la nature en fonction de leur lieu d'origine, Île-de-France, 2003 (kt).

	Paris	PC	GC	IdF
Décharge	4 053	7 974	7 986	20 013
Vers l'air : émission	6 714	17 754	29 370	53 839
H ₂ O	3 281	8 725	14 321	26 327
Vers l'eau	7	16	19	42
Flux dissipatifs	185	317	1 939	2 466*
Total	14 241	34 786	53 635	102 686*
Total hors H ₂ O	10 960	26 061	39 314	76 360*

PC : première couronne GC : grande couronne * total supérieur à la somme des colonnes précédentes par prise en compte des sels de déneigement et de l'usure des pneumatiques. D'après : voir dans le texte.

Tableau 50. Sorties vers la nature avec prise en compte des exportations, Île-de-France, 2003 (kt).

	Paris	PPC	IdF
Décharge	0	2 498	20 013
Vers l'air : émission	6 714	24 469	53 839
H ₂ O	3 281	12 006	26 327
Vers l'eau	0	8	42
Flux dissipatifs	150	436	2 398
Exportation	6 807	8 688	69
Total	16 951	48 104	102 686
Total hors H ₂ O	13 671	36 098	76 360

PPC : Paris et première couronne. D'après : voir dans le texte.

2.5. EXTRACTION LOCALE INUTILISEE ET FLUX INDIRECTS

L'extraction locale inutilisée (excavations, dragage, déchets de mines et carrière) n'a pas été quantifiée. Les exploitants de carrière soulignent que leur activité n'entraîne pas d'abandon de matière ; le dragage reste limité au regard du bilan global (150 000 m³/an entre Rouen et Paris d'après l'Agence de l'eau Seine-Normandie¹).

La détermination des flux indirects s'avère extrêmement difficile. Elle ne sera pas réalisée dans le cadre de cette recherche, mais devrait faire l'objet d'un travail ultérieur.

2.6. CONCLUSION

Au total, la collecte des données s'est avérée fructueuse (Tableau 51).

Tableau 51. Données nécessaires au bilan de matière : synthèse.

Flux	Sources de données et remarques
Extraction locale	
Combustibles	DGEMP et INSEE. Données discontinues
Minéraux	DRIRE et UNICEM. Données discontinues
Biomasse	AGRESTE. Données annuelles détaillées pour la production agricole, mise à jour plus tardive pour la forêt, données discontinues pour la chasse
Oxygène	Déduit des émissions
Importations	
Combustibles	DGEMP essentiellement. Données incomplètes, datées pour certaines, nécessitant la compilation d'études ponctuelles.
Autres	SITRAM. Données annuelles détaillées, sauf pour le transport ferré par poste et à l'échelle départementale
Sorties vers la nature	
Air : émissions	CITEPA. Données ponctuelles à l'échelle départementale (2000).
Air : eau	Déduit des émissions
Décharge	ORDIF, ADEME, DREIF (matériaux de démolition). Données bisannuelles pour les DMA (devraient devenir annuelles), rares pour les autres déchets. Recherche des modes de traitement nécessitant la compilation d'études ponctuelles
Vers l'eau	SIAAP, AESN. Données inégales
Flux dissipatifs	Données éparses et incomplètes
Exportations	SITRAM. Données annuelles détaillées, sauf pour le transport ferré par poste et à l'échelle départementale
Recyclage	Idem décharge

On note néanmoins que certaines données sont lacunaires ou défraîchies (boues de stations d'épuration, extraction locale de pétrole, etc.), ou incomplètes (base de données SITRAM pour le transport ferré. Les plus insuffisantes concernent l'énergie — ce qui semble paradoxal —, les déchets solides (à l'exception des déchets ménagers et

¹ AESN, « Les activités humaines et l'eau », disponible sur la toile, format html, [réf. du 4 nov. 2006], <<http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=1556>>.

assimilés), les rejets vers l'eau et les pertes dissipatives. Les émissions atmosphériques sont connues précisément, mais pour l'année 2000 ; tandis que l'extraction de granulats et autres minéraux n'est pas renseignée de façon systématique. Par ailleurs, les données produites ne correspondent pas toujours à celles que nécessite le bilan de matières (énergie primaire *versus* énergie finale, production de déchets *versus* devenir de ceux-ci, etc.). L'amélioration de l'appareil statistique paraît cependant possible — si volonté politique il y a.

3. RESULTATS

Trois bilans ont été réalisés, correspondant aux trois zones concentriques définies au § 1.3.

3.1. PARIS, PARIS ET LA PETITE COURONNE, ÎLE-DE-FRANCE

Tableau 52. Bilan de matières, Paris, Paris et petite couronne (PPC) et Île-de-France (IdF), 2003 (kt).

	Paris	PPC	IdF
ENTRÉES			
Extraction locale		0	
Combustibles	0	0	540
Minéraux	0	0	16 994
Biomasse	0	30	6 013
Oxygène	6 561	24 011	52 653
Total Extraction locale	6 561	24 041	76 200
Importations			
Combustibles	3 914	13 048	26 095
Autres	15 242	56 453	88 350
Total Importations	19 156	69 500	114 445
TOTAL entrées (DMI)	25 717	93 541	190 645
TOTAL Entrées O ₂ excepté (DMI hors O ₂)	19 156	69 530	137 992
SORTIES			
Vers la nature			
Air : émissions	6 714	24 469	53 839
Air : eau	3 281	12 006	26 327
Décharge	0	2 498	20 013
Vers l'eau	0	8	42
Flux dissipatifs	150	436	2 398
Total Sorties vers la nature (DPO)	10 145	39 416	102 618
Exportations			
Rejets exportés	4 096	9 610	69
Autres	8 378	40 406	58 502
Total Exportations	12 474	50 017	58 571
TOTAL Sorties (DMO)	22 619	89 433	161 189
TOTAL Sorties H ₂ O excepté (DMO hors H ₂ O)	19 338	77 427	134 862
RECYCLAGE			
Interne	0	4 211	7 320
Externe	1 854	444	0
Total Recyclage	1 854	4 656	7 320
ADDITION NETTE AU STOCK (NAS)	3099	4 109	29 457
CONSOMMATION NETTE	10 778	29 094	79 490

Le Tableau 52 et le Tableau 53 donnent les principales caractéristiques du bilan pour chacune des zones (flux totaux puis flux par habitant).

Tableau 53. Bilan de matières, Paris, Paris et petite couronne (PPC) et Île-de-France (IdF), 2003 (t/hab).

	Paris	PPC	IdF
ENTRÉES			
Extraction locale		0,0	
Combustibles	0,0	0,0	0,0
Minéraux	0,0	0,0	1,5
Biomasse	0,0	0,0	0,5
Oxygène	3,0	3,8	4,7
Total Extraction locale	3,0	3,8	6,8
Importations			
Combustibles	1,8	2,1	2,3
Autres	7,0	8,9	7,8
Total Importations	8,8	11,0	10,2
TOTAL entrées (DMI)	11,9	14,8	16,9
TOTAL Entrées O ₂ excepté (DMI hors O ₂)	8,8	11,0	12,3
SORTIES			
Vers la nature			
Air : émissions	3,1	3,9	4,8
Air : eau	1,5	1,9	2,3
Décharge	0,0	0,4	1,8
Vers l'eau	0,0	0,0	0,0
Flux dissipatifs	0,1	0,1	0,2
Total Sorties vers la nature (DPO)	4,7	6,2	9,1
Exportations			
Rejets exportés	1,9	1,5	0,0
Autres	3,9	6,4	5,2
Total Exportations	5,8	7,9	5,2
TOTAL Sorties (DMO)	10,4	14,1	14,3
TOTAL Sorties H ₂ O excepté (DMO hors H ₂ O)	8,9	12,2	12,0
RECYCLAGE			
Interne	0,0	0,7	0,7
Externe	0,9	0,1	0,0
Total Recyclage	0,9	0,7	0,7
ADDITION NETTE AU STOCK (NAS)	1,4	0,7	2,6
CONSOMMATION NETTE	5,0	4,6	7,1

3.1.1. PARIS

La Figure 10 synthétise le bilan parisien.

On note que l'extraction locale est limitée à l'oxygène consommé par la combustion : Paris, ville dense et imperméabilisée, ne peut utiliser ses ressources naturelles et importe l'intégralité des matières nécessaires à son fonctionnement, soit 8,8 t/hab dont 20 % de combustibles fossiles (1,8 t/hab). Au total, l'entrée directe de matières (DMI)¹ s'élève à 11,8 t/hab ou 8,8 t/hab selon que l'on comptabilise l'oxygène de combustion ou pas. On mesure l'intérêt de cet indicateur par rapport aux indicateurs courants de consommation, en particulier par rapport à la consommation nette (production locale + importations – exportations) qui s'élève à 5 t/hab. En effet, cette consommation n'a été rendue possible que par une entrée de matières beaucoup plus élevée, qui donne une indication de la pression sur les ressources engendrée par le fonctionnement parisien².

L'examen des sorties renvoie une image similaire : Paris exporte des marchandises (3,9 t/hab), mais aussi des rejets. En effet, les rejets locaux vers la nature (DPO) se limitent aux émissions atmosphériques, soit 4,6 t/hab ou 3,1 t/hab selon que l'on considère l'eau produite par la combustion ou pas. Il ne faudrait pas en conclure que les rejets parisiens sont limités. Paris ne prend en charge localement ni ses déchets solides (traités en banlieue), ni ses rejets liquides (qui sont dirigés pour l'essentiel vers la station d'épuration d'Achères, en grande couronne). Au total, les rejets s'élèvent à 6,6 t/hab, dont 30 % exportés, ou, si l'on excepte l'eau produite par la combustion, 5,1 t/hab dont près de 40 % exportés. Finalement, les sorties directes de matières (DMO) s'élèvent à 10,4 t/hab ou 8,9 t/hab selon le mode calcul.

Le recyclage (RC) reste limité — 0,9 t/hab —, et encore ne se fait-il pas dans Paris. L'ensemble des rejets produits avant recyclage s'élève ainsi à 7,4 t/hab dont 12 % recyclés, ou 6 t/hab si l'on excepte l'eau de combustion, dont 15 % recyclés. Les quantités recyclées apparaîtront encore plus faibles si elles sont comparées aux quantités totales de matières nécessaires au fonctionnement parisien, soit la somme des entrées directes de matière (DMI) et des matières recyclées (RC) : 12,7 t/hab en comptant l'oxygène de combustion, 9,7 t/hab en l'omettant. Le recyclage n'y contribue que pour 7 % dans le premier cas, 9 % dans le second.

Enfin, l'addition nette au stock représente 3 100 kt soit environ 1,4 t/hab : Paris a beau être une ville densément bâtie dont le niveau de vie est relativement élevé et dont la population est quasiment stable, elle semble continuer à se remplir de matières, ce qui permettrait de la qualifier de non durable.

¹ Dans le cas de Paris, les indicateurs DMI et TMI sont confondus, puisqu'il n'y a pas d'extraction locale inutilisée. Il en va de même pour les indicateurs de sortie DMO et TMO.

² Il s'agit bien d'une indication, puisque les ressources effectivement mobilisées comprendraient l'extraction locale inutilisée (ici nulle) et les flux indirects (importants mais non comptabilisés ici).

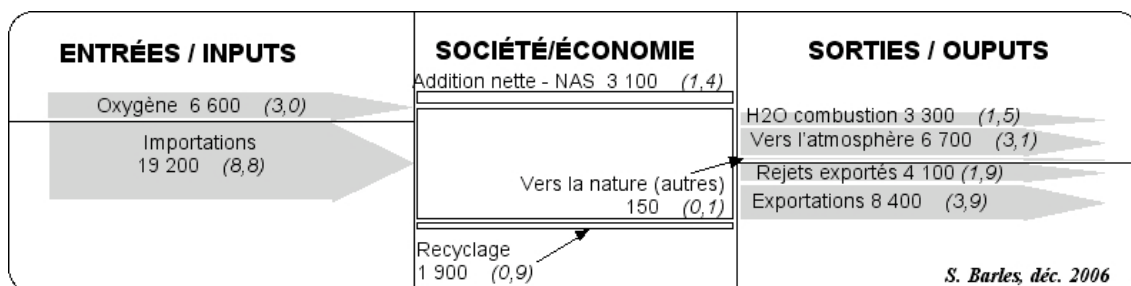


Figure 10. Bilan de matières brutes, Paris, 2003 (kt et, entre parenthèses, t/hab).

3.1.2. PARIS ET LA PETITE COURONNE

La Figure 11 synthétise les résultats obtenus pour Paris et de la petite couronne.

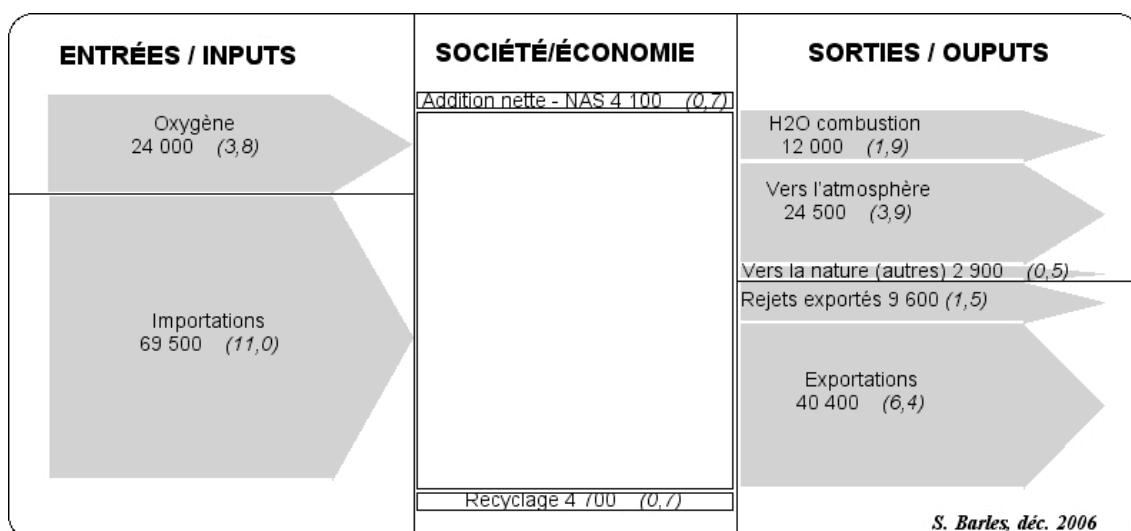


Figure 11. Bilan de matières brutes, Paris et petite couronne, 2003 (kt et, entre parenthèses, t/hab).

De même qu'à Paris et pour les mêmes raisons, l'extraction locale est limitée à l'oxygène consommé par la combustion¹, les importations s'élevant à 11 t/hab dont à nouveau 20 % de combustibles fossiles (2,1 t/hab). Au total, l'entrée directe de matières (DMI) s'élève à 14,8 t/hab ou 11 t/hab selon que l'on comptabilise l'oxygène de combustion ou pas, à comparer à la consommation nette qui s'élève à 4,6 t/hab.

Les rejets locaux vers la nature (DPO) ne se limitent plus aux émissions atmosphériques, mais comprennent une part non négligeable des déchets solides et une partie des liquides (station d'épuration de Valenton) ; ils s'élèvent à 6,2 t/hab ou 4,3 t/hab selon que l'on comptabilise ou pas l'eau produite par la combustion. Cependant, l'ensemble Paris et petite couronne demeure exportateur de rejets : 1,5 t/hab. Les rejets engendrés par cette zone s'élèvent à 7,8 t/hab (eau de combustion comprise) dont 20 % exportés ou 5,9 t/hab (eau de combustion exceptée) dont moins de 30 % exportés.

Finalement, les sorties directes de matières (DMO) s'élèvent à 14,1 t/hab ou 12,2 t/hab selon le mode calcul.

¹ L'extraction de biomasse n'est pas nulle pourtant : 30 kt.

Le recyclage (RC) reste ici aussi limité — 0,7 t/hab —, essentiellement à l'intérieur de la zone. L'ensemble des rejets produits avant recyclage s'élève ainsi à 8,5 t/hab (eau de combustion comprise) ou 6,6 t/hab (eau exclue) et le taux de recyclage à 9 % et 11 % respectivement. Le besoin total de matière (DMI+RC) s'élève par ailleurs à 15,5 t/hab (oxygène de combustion compris) ou 11,7 t/hab (oxygène exclu), le recyclage en représente à peine 5 % et 6 % respectivement.

L'addition nette au stock s'avère moindre que si l'on considère Paris seul : environ 4 100 kt soit 0,7 t/hab.

3.1.3. L'ÎLE-DE-FRANCE

La Figure 12 synthétise les résultats obtenus pour l'Île-de-France.

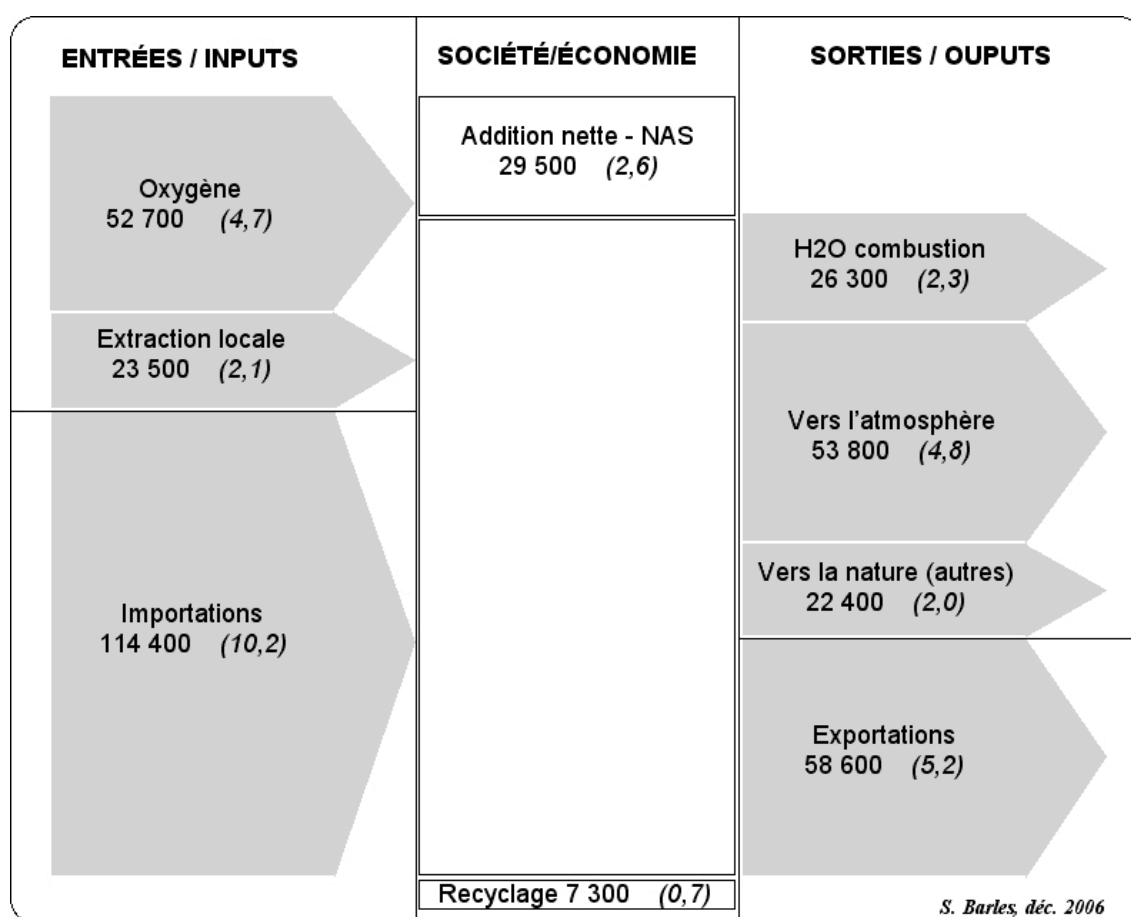


Figure 12. Bilan de matières brutes, Île-de-France, 2003 (kt et, entre parenthèses, t/hab).

À l'opposé des cas précédents, l'extraction locale ne se limite plus à l'oxygène consommé par la combustion. L'activité agricole francilienne se traduit en effet par une extraction de biomasse de l'ordre de 0,5 t/hab, tandis que les matériaux de construction représentent une ponction sur les ressources locales de 1,5 t/hab. Au total l'entrée directe de matières (DMI) s'élève à 16,9 t/hab ou 12,3 t/hab selon que l'on comptabilise l'oxygène de combustion ou pas, dont 14 % de combustibles fossiles dans le premier

cas, 19 % dans le second, et à comparer à la consommation nette qui s'élève à 7,1 t/hab, bien plus que dans les cas précédents.

L'Île-de-France exporte très peu de ses rejets (69 kt). Les sorties locales vers la nature (DPO) représentent ainsi peu ou prou l'ensemble des rejets, soit 9,1 t/hab en comptant l'eau de combustion, 6,8 t/hab en l'omettant. Les sorties directes de matière s'élèvent ainsi à 14,3 t/hab ou 12 t/hab selon le mode de calcul.

Le recyclage (RC) est une nouvelle fois très limité : 0,7 t/hab. Il représente 7 % des rejets avant recyclage (eau de combustion comprise), ou 9 % si l'on excepte l'eau produite par la combustion. Le besoin total de matière (DMI+RC) atteint par ailleurs 17,6 t/hab (oxygène de combustion compris) ou 12,9 t/hab (oxygène exclu), dont respectivement 4 % et 5 % fournis par le recyclage.

Enfin, l'addition nette au stock atteint 2,6 t/hab, beaucoup plus que dans les cas précédents.

3.2. DES DIFFERENCES SIGNIFICATIVES

Le Tableau 54 donne les principaux indicateurs matériels pour les trois zones concentriques (*cf. supra*, § 1.2), illustrés par la Figure 13 et la Figure 14.

Tableau 54. Principaux indicateurs matériels, Paris, Paris et petite couronne, Île-de-France, 2003 (t/hab).

	Paris	PPC	IdF
DMI	11,9	14,8	16,9
DMI (hors O ₂)	8,8	11,0	12,3
DMO	10,4	14,1	14,3
DMO (hors H ₂ O)	8,9	12,2	12,0
Conso. Nette	5,0	4,6	7,1
DPO	4,7	6,2	9,1
DPO (hors H ₂ O)	3,2	4,3	6,8
TTN	6,6	7,8	9,1
TTN (hors H ₂ O)	5,1	5,9	6,8
NAS	1,4	0,7	2,6
RC	0,9	0,7	0,7
PPC : Paris et petite couronne IdF : Île-de-France DMI : Direct material input / Entrées directes de matière DMO : Direct material output / Sorties directes de matières Conso. Nette : Consommation nette		DPO : Domestic processed output / Sorties locales vers la nature TTN : Total to nature / Sorties totales vers la nature NAS : Net addition to stock / Addition nette au stock RC : Recycling / Recyclage	

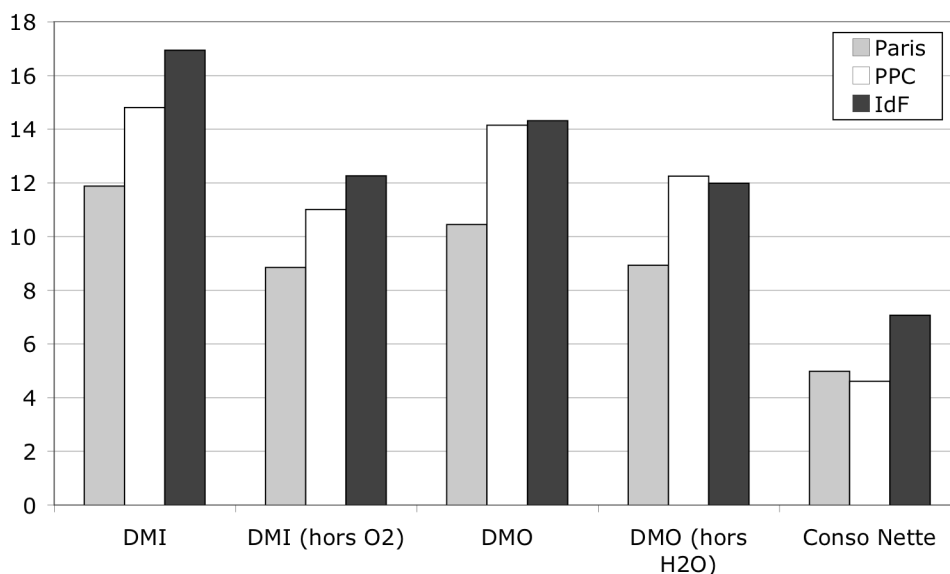


Figure 13. Principaux indicateurs matériels : DMI, DMO, consommation nette, Paris, Paris et petite couronne, Île-de-France, 2003 (t/hab).

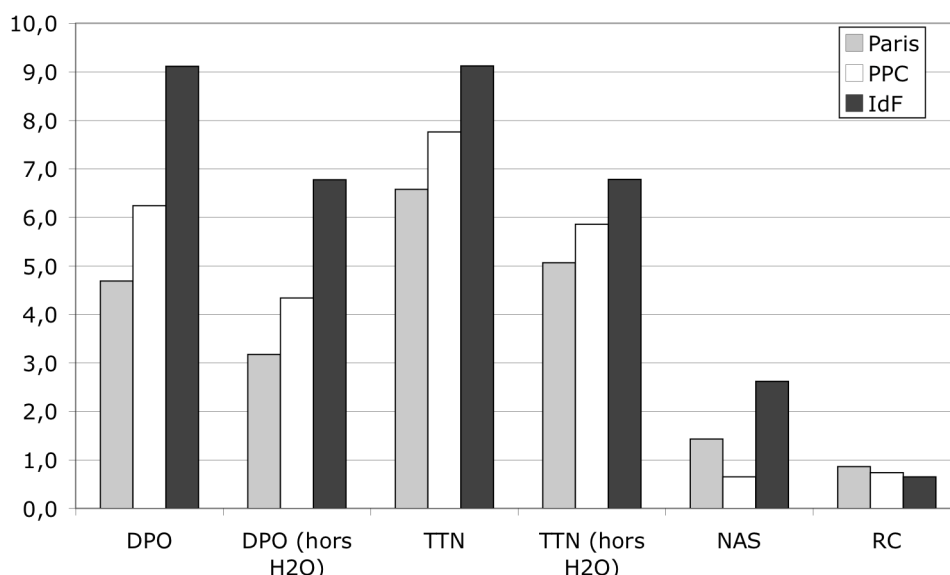


Figure 14. Principaux indicateurs matériels : DPO, TTN, NAS, RC, Paris, Paris et petite couronne, Île-de-France, 2003 (t/hab).

3.2.1. PARIS *VERSUS* PARIS ET PETITE COURONNE

Les valeurs varient sensiblement que l'on considère Paris seul ou l'ensemble formé par Paris et la petite couronne, et ce quel que soit l'indicateur considéré, à l'exception peut-être du recyclage pour lequel la différence est faible et probablement non significative.

Les entrées directes de matières sont très supérieures pour l'ensemble Paris et petite couronne : 14,8 t/hab contre 11,9 t/hab pour Paris seul, l'écart est moindre si l'on excepte l'oxygène de combustion : 11 t/hab et 8,8 t/hab respectivement. La Figure 15 donne la composition des importations de marchandises en distinguant Paris d'une part et petite couronne d'autre part, en excluant les flux entrants par chemin de fer qui ne

sont pas connus (*cf. supra*, § 2.2). L'écart est particulièrement important pour les matériaux de construction et les produits manufacturés.

On retrouve des écarts similaires pour les exportations de marchandises, que l'on en examine le total (la petite couronne exporte plus que Paris) ou la composition (Figure 16). Ces chiffres traduisent le dynamisme industriel et commercial de la petite couronne.

En revanche, si l'on considère la consommation nette, la situation est très différente, puisqu'elle est supérieure à Paris : 5,0 t/hab contre 4,6 t/hab pour l'ensemble Paris et petite couronne. Son examen à partir des statistiques du fret (hors chemin de fer, Figure 17) montre que cet écart s'explique par l'importance de la consommation des produits agricoles et alimentaires. L'une des raisons peut en être que la capitale étant une importante zone d'emplois (1 600 800 au recensement de 1999¹), de même qu'une zone très touristique, elle engendre un besoin alimentaire qui ne se réduit pas à celui de ses seuls habitants. En revanche, on note que la consommation nette de combustibles est supérieure en petite couronne (2,2 t/hab contre 1,8 t/hab à Paris). Paris serait plus économe en combustibles, ce qui traduirait à la fois la nature de son tissu industriel (peu consommateur) et celle de son tissu urbain (effet sur les transports), mais reste à vérifier compte tenu des hypothèses exposées au § 2. La consommation nette de produits manufacturés est aussi légèrement supérieure en petite couronne, mais ces produits peuvent très bien être acquis par des habitants de Paris (centres commerciaux périphériques).

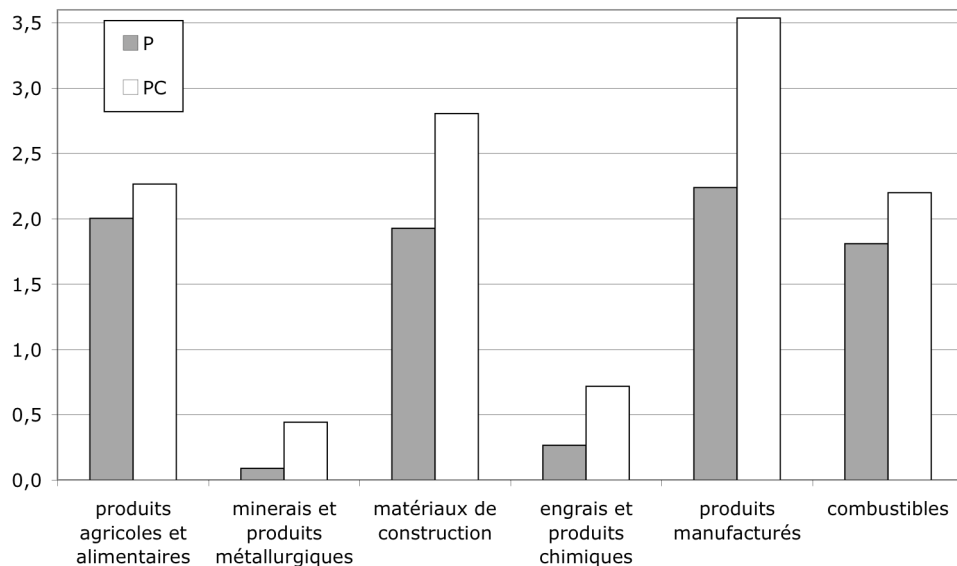


Figure 15. Composition des importations de marchandises (hors chemin de fer, combustibles compris), Paris et petite couronne, 2003 (t/hab).

¹ INSEE, « Les zones d'emploi en Île-de-France », disponible sur la toile, format html, [réf. du 31 oct. 2006], http://www.insee.fr/fr/insee_regions/idf/zoom/zones_emploi/zeparis_emploi.htm.

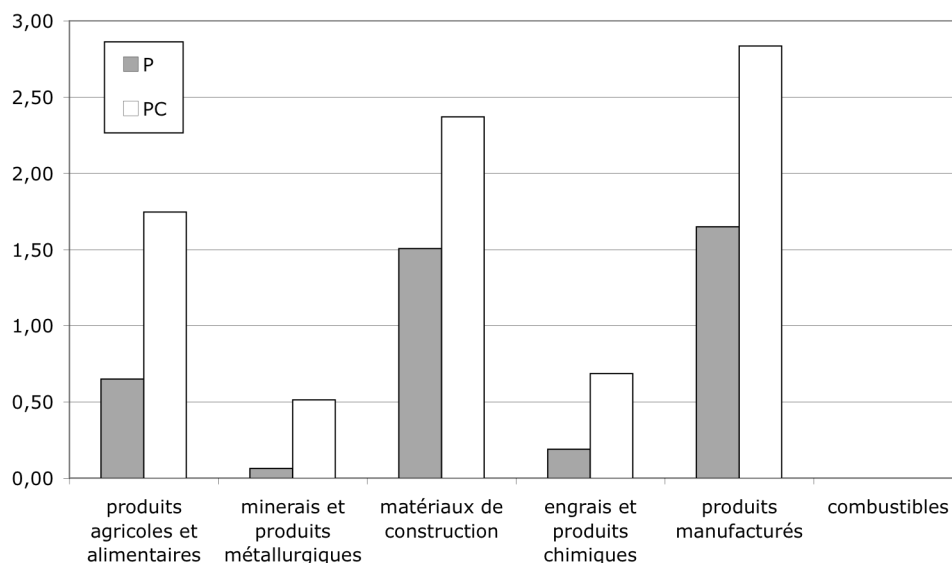


Figure 16. Composition des exportations de marchandises (hors chemin de fer, combustibles compris), Paris et petite couronne, 2003 (t/hab).

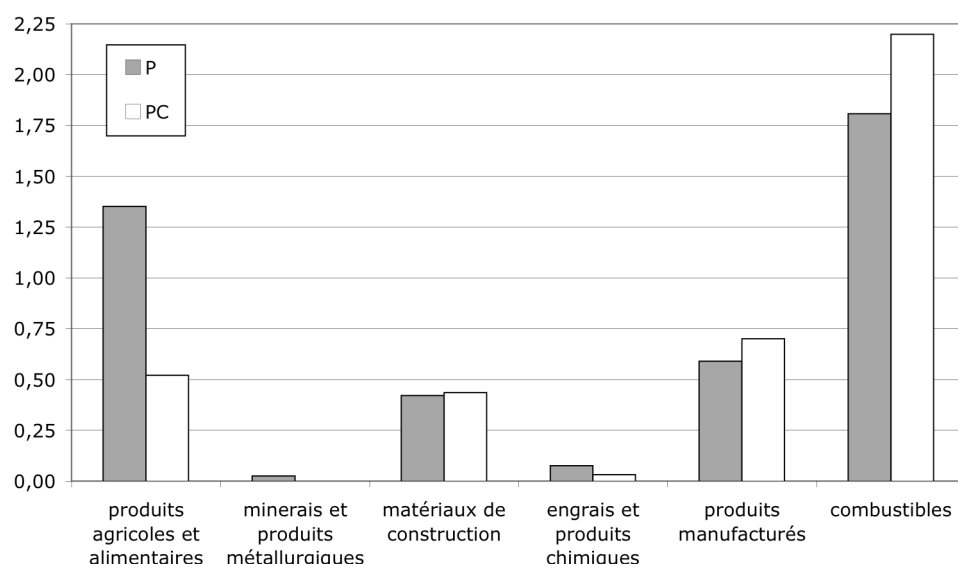


Figure 17. Composition de la consommation nette (hors chemin de fer, combustibles compris), Paris et petite couronne, 2003 (t/hab).

L'écart concernant les sorties locales vers la nature a déjà été évoqué : Paris exporte ses rejets, moins que l'ensemble Paris et petite couronne. On mesure toute l'importance qu'il y a à distinguer les rejets dans les exportations, puisque la simple prise en compte de l'indicateur DPO conduirait à une conclusion erronée pour Paris selon laquelle la capitale produirait peu de rejets vers la nature. L'indicateur TTN (qui n'apparaît pas dans la méthode EUROSTAT) constitue donc le complément indispensable de l'indicateur DPO.

L'écart est néanmoins visible entre les deux valeurs de TTN. Il est essentiellement dû à des émissions atmosphériques moindres à Paris qu'en petite couronne (4,6 t/hab eau

comprise et 3,1 t/hab eau exclue pour Paris ; 6,4 t/hab eau comprise et 4,3 t/hab eau exclue pour la petite couronne seule).

L'addition au stock s'élève à 3 100 kt à Paris, à 4 200 kt pour l'ensemble Paris et petite couronne. Rapportée à l'habitant, elle se monte à 1,4 t/hab et 0,7 t/hab respectivement. Cet indicateur étant obtenu de façon indirecte (par soustraction), il est très sensible aux erreurs cumulées et la différence constatée n'est peut-être pas significative.

En résumé, les écarts constatés entre Paris et la petite couronne traduisent :

- les fonctions différentes de ces zones : importance des importations et exportations en petite couronne (industrie et négoce), importance de la consommation nette à Paris (pôle d'emplois et de tourisme), les indicateurs matériels sont donc à même de rendre compte de différences d'ordre socio-économique ;
- la dépendance de Paris par rapport à la petite couronne, notamment pour ce qui concerne les rejets solides (et liquides dans une moindre mesure) ;
- et finalement la complémentarité entre Paris et la petite couronne du point de vue des flux de matières.

Il ne serait donc pas pertinent de réduire l'étude du métabolisme urbain à celui de la ville-centre, puisque ce serait masquer certains flux importants (rejets exportés par exemple).

En outre, ces résultats laissent supposer une plus grande efficacité énergétique à Paris, au moins en ce qui concerne les combustibles fossiles, traduite tant dans les importations que dans les exportations et les émissions atmosphériques. Ceci ne doit pas masquer le fait que Paris comme la petite couronne importent de l'électricité d'origine fossile (en l'absence de production locale) et milite pour la réalisation d'un bilan énergétique complémentaire du bilan de matières (démarche adoptée à Genève)¹.

3.2.2. ZONES DENSES *VERSUS* REGION

La comparaison entre l'ensemble Paris et petite couronne, que nous appellerons « zone urbaine dense » dans ce sous-chapitre, et l'Île-de-France apporte d'autres informations. En effet, si certains indicateurs sont proches (DMO et recyclage en particulier), les autres connaissent des différences sensibles.

L'Île-de-France exploite une partie de ses ressources ; contrairement à la zone urbaine dense, l'extraction locale n'y est pas réduite à l'oxygène consommé par la combustion et comprend 0,5 t/hab de biomasse et 1,5 t/hab de matériaux de carrière. En outre, les entrées directes de matières (DMI) sont supérieures en Île-de-France : 16,9 t/hab contre 14,8 t/hab pour la zone urbaine dense ; l'écart est moindre si l'on excepte l'oxygène de combustion : 12,3 t/hab et 11 t/hab respectivement. La Figure 18 donne la composition

¹ M. FAIST EMMENEGGER, R. FRISCHKNECHT, *Métabolisme du canton de Genève. Phase 1, rapport final pour le compte du groupe de travail interdépartemental Ecosite de la République et du canton de Genève, Uster : ESU service, déc. 2003.*

des entrées directes de matière¹ en distinguant zone urbaine dense d'une part et grande couronne d'autre part, en excluant les flux entrants par chemin de fer qui ne sont pas connus (*cf. supra*, § 2.2). L'écart est particulièrement important pour les produits agricoles et alimentaires, les matériaux de construction et les produits manufacturés.

Du côté des exportations (Figure 19), l'écart se maintient pour les produits agricoles et alimentaires et les produits manufacturés, ce qui montre le rôle industriel et commercial joué par la grande couronne.

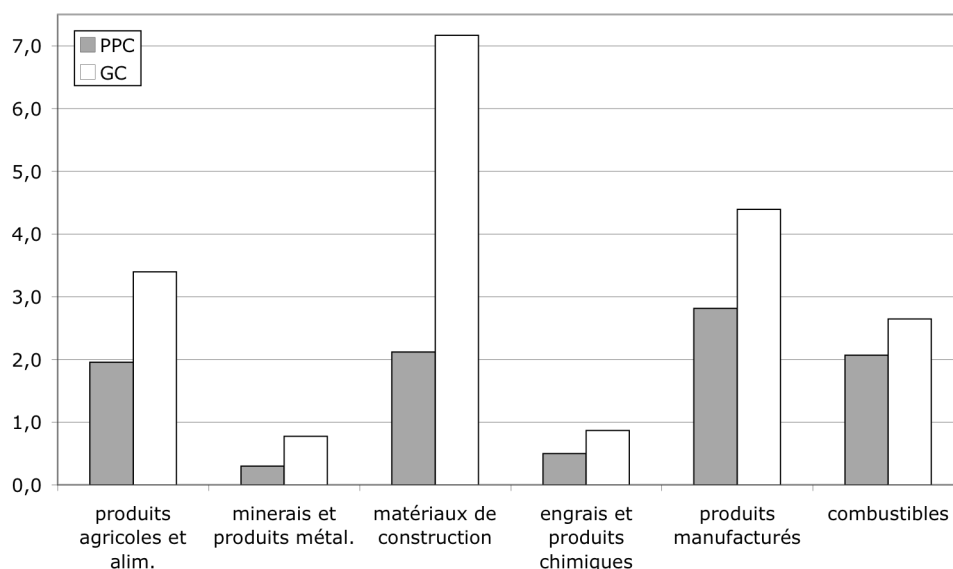


Figure 18. Composition des entrées directes de matières (hors chemin de fer, combustibles compris, oxygène de combustion exclu), ensemble Paris et petite couronne et grande couronne, 2003 (t/hab).

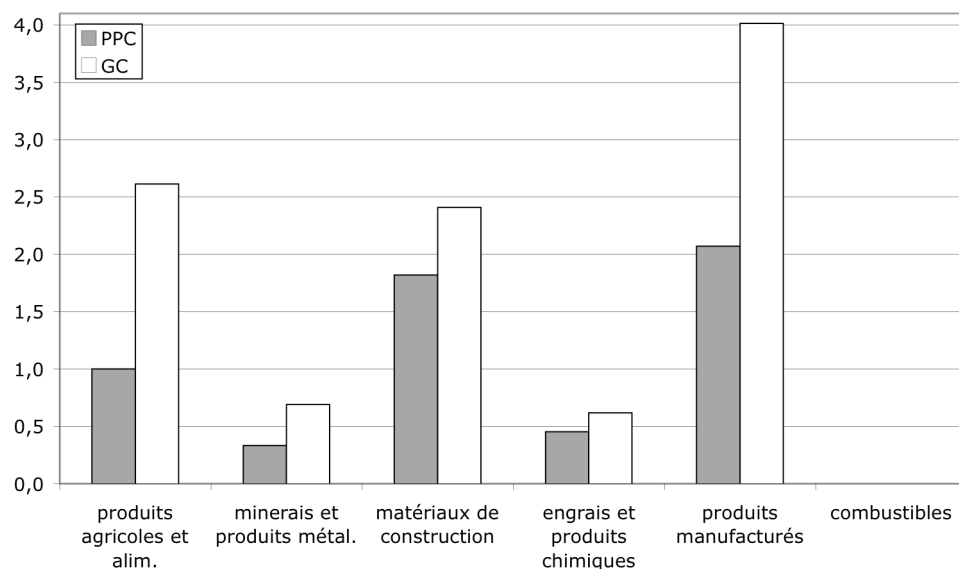


Figure 19. Composition des exportations de marchandises (hors chemin de fer, combustibles compris), ensemble Paris et petite couronne et grande couronne, 2003 (t/hab).

¹ Obtenues pour la grande couronne en ajoutant l'extraction locale au trafic de marchandises.

En revanche, si l'on considère la consommation nette, la situation est très différente. Elle est très supérieure pour l'Île-de-France : 7,1 t/hab contre 4,6 t/hab pour la zone urbaine dense. Sa composition varie surtout quand on compare cette dernière à la grande couronne (Figure 20) : si l'on consomme autant de produits agricoles et alimentaires en zone urbaine dense qu'en grande couronne, cette dernière se distingue par sa très forte consommation de matériaux de construction : 4,8 t/hab contre 0,3 t/hab pour la zone urbaine dense, une moindre consommation de produits manufacturés et une plus forte de combustibles.

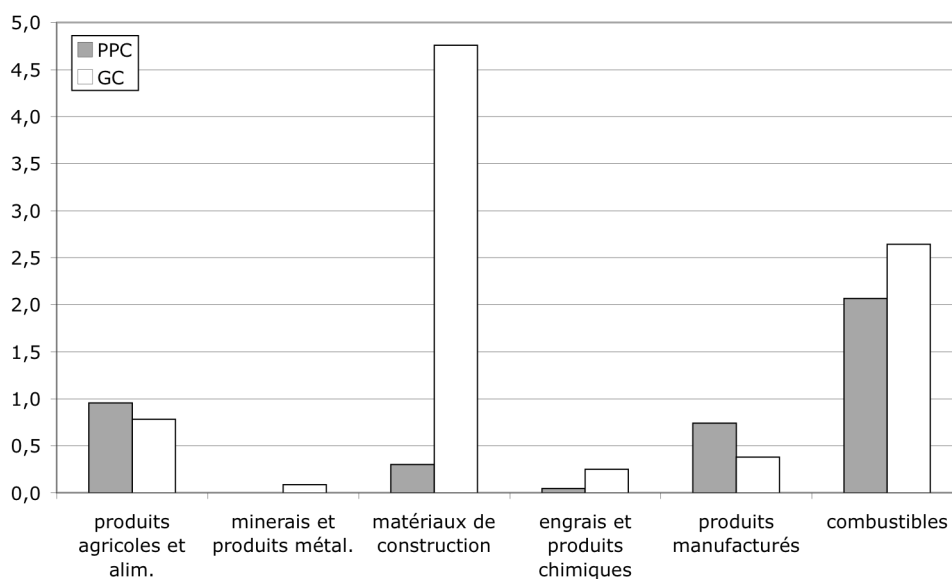


Figure 20. Composition de la consommation nette (hors chemin de fer, combustibles compris), ensemble Paris et petite couronne et grande couronne, 2003 (t/hab).

En ce qui concerne les matériaux de construction, ces chiffres traduisent l'importance du processus de périurbanisation et l'enjeu que sa maîtrise représente en termes de pression sur les ressources. La croissance de la population est certes un peu plus forte en grande couronne francilienne : +3,1 % entre le 1^{er} janvier 2000 et le 1^{er} janvier 2004, contre +2,2 % dans la zone urbaine dense et +2,6 % pour l'ensemble de la région. Mais la périurbanisation, caractéristique du développement de la grande couronne, se traduit par le développement d'un habitat consommateur de matériaux directement (pour sa construction) et indirectement (pour celle des infrastructures). En 2003, la zone urbaine dense a un solde migratoire positif de 25 000 habitants, soit une consommation de matériaux de construction de 80 t/hab nouveau ; quant à la grande couronne, elle a reçu 40 100 nouveaux arrivants, soit 590 tonnes de matériaux de construction pour chacun d'entre eux (et 450 t/hab nouveau à l'échelle régionale). Ces chiffres sont bien sûr à observer avec précaution : les populations annuelles sont estimées ; les données relatives aux matériaux de construction sont entachées d'erreur (absence du transport ferré dans les données utilisées) ; tous les matériaux de construction ne sont pas directement ou indirectement consommés par les nouveaux arrivants. Seuls les ordres de grandeur doivent donc être pris en compte : ils montrent néanmoins des différences significatives.

De même, la plus forte consommation unitaire de combustibles en grande couronne (hypothétique compte tenu du mode de calcul) traduit-elle à la fois l'effet des formes urbaines, la diversité des fonctions de ce territoire (urbain, agricole et industriel) et la présence de centrales thermiques qui ne sont pas destinées à son seul approvisionnement, mais alimentent aussi la zone urbaine dense.

Enfin, la différence concernant les produits manufacturés est probablement due à des variables socio-économiques.

Les rejets locaux vers la nature sont, dans le cas francilien, presque égaux aux rejets totaux vers la nature (DPO = TTN). L'Île-de-France conserve ainsi la quasi-intégralité de ses rejets, contrairement à la zone urbaine dense. Ces rejets totaux vers la nature sont supérieurs à l'échelle francilienne : 9,1 t/hab contre 7,8 t/hab pour la zone urbaine dense. Cet écart est essentiellement dû aux émissions atmosphériques.

Cependant, la composition des rejets vers la nature varie d'une zone à l'autre, en particulier en ce qui concerne les déchets solides mis en décharge (déchets ultimes, Tableau 55). La production de déchets ménagers ultimes est ainsi de 150 kg/hab en grande couronne contre moins de 100 kg/hab en zone urbaine dense, où la production initiale de déchets¹ est pourtant réputée supérieure. Ceci montre l'inégalité des filières de traitement voire de tri entre les différentes zones et peut-être un enjeu pour la grande couronne. En revanche, les déchets du bâtiment et des travaux publics sont plus importants en zone urbaine dense qu'en grande couronne, où l'on construit par ailleurs beaucoup (*cf. supra*). La zone urbaine dense renouvelle ses constructions, tandis que la grande couronne les multiplie. La supériorité des déchets industriels banals à Paris émane de la nature des activités économiques qu'accueille la capitale, comme celle des déchets industriels spéciaux et d'agriculture en grande couronne témoigne de son tissu économique.

Tableau 55. Déchets solides ultimes, Île-de-France, 2003 (kg/hab).

	Paris	PC	GC	IdF
Déchets ménagers et assimilés	98	83	150	332
Déchets industriels banals	115	67	64	247
Déchets du bâtiment et des travaux publics	1 654	1 746	1 301	4 700
Déchets agricoles	0	0	32	32
Déchets industriels spéciaux	0	18	63	81
Déchets d'assainissement	4	4	7	16
Total	1 872	1 919	1 617	5 408

Enfin, l'addition nette au stock est très supérieure à l'échelle régionale 2,6 t/hab contre 0,7 t/hab pour la zone urbaine dense. Malgré les réserves émises à l'égard de la fiabilité de cet indicateur, il confirme l'importance de la périurbanisation et l'enjeu de sa maîtrise.

¹ Déchets produits par les ménages comptabilisés avant tri et traitement.

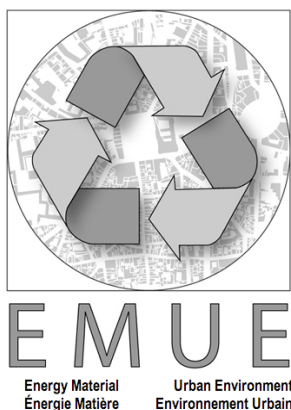
En résumé, les écarts constatés entre la zone urbaine dense (Paris et petite couronne) et la grande couronne traduisent :

- les fonctions différentes de ces zones : importance de l'extraction locale, des importations et exportations en grande couronne (agriculture, construction, industrie et négoce), différences observées dans la composition de la consommation nette ;
- la dépendance de la zone urbaine dense par rapport à la grande couronne, notamment pour ce qui concerne les matériaux de construction et les rejets solides et liquides ;
- l'enjeu représenté par la périurbanisation en termes de consommation de matières et de matériaux de construction en particulier ;
- l'intérêt du travail à plusieurs échelles.

4. UNE ACTION DE VALORISATION : LE COLLOQUE EMUE

En complément du travail de recherche engagé, un colloque européen a été organisé afin de valoriser et de tester les premiers résultats obtenus. Ce colloque est destiné à avoir des prolongements sous forme de journées d'études et d'une publication.

4.1. PRESENTATION



Le colloque européen EMUE — Énergie, matière, environnement urbain / Energy, material, urban environment — s'est tenu les 18 et 19 mai derniers au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. Organisé par l'équipe « Ville, environnement durabilité » du Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines (UMR CNRS 7136 AUS) de l'Institut Français d'Urbanisme (Université de Paris 8) et l'Université de Technologie de Compiègne, département Génie des Systèmes Urbains, il a réuni une petite centaine de chercheurs et de praticiens de la ville et des espaces urbains venus écouter une vingtaine de communications.

Le rôle central joué par les espaces urbanisés au regard des grands enjeux environnementaux contemporains et à venir ne fait en effet pas de doute, qu'il s'agisse de l'échelle locale (fonctionnement des écosystèmes, santé publique), régionale (pollution atmosphérique acide et ou photochimique, effets sur les hydrosystèmes, etc.) ou planétaire (changement climatique, ouverture des cycles biogéochimiques). Principaux lieux de consommation, les villes constituent aujourd'hui les principaux lieux d'émission de polluants et déchets divers et contribuent à l'anthropisation de la biosphère.

Ces enjeux et ces impacts amont (prélèvements sur les ressources) et aval (rejets divers) sont souvent analysés de manière sectorielle : consommation énergétique liée aux transports urbains, consommation énergétique des bâtiments, émissions de gaz à effet de serre, pressions sur la ressource en eau, production de déchets urbains, rejets d'eaux usées, etc., inventaire à la Prévert qui montre bien les implications multiples des espaces urbains dans les problématiques environnementales.

L'objectif du colloque EMUE était de dépasser ces approches sectorielles et de mettre l'accent sur la nécessité d'une prise en compte simultanée des flux entrants et des flux sortants, de l'énergie et de la matière. De ce fait, l'ambition d'EMUE était triple : d'une part, solliciter l'attention des chercheurs et des professionnels, qui appartiennent à des milieux qui se rencontrent trop rarement ; d'autre part, réunir les spécialistes de la matière et ceux de l'énergie qui, s'ils traitent de questions étroitement imbriquées, s'ignorent souvent ; enfin mettre l'accent sur la dimension urbaine, territoriale et politique des enjeux attachés à la gestion de l'énergie et de la matière. Les deux jours de discussion ont bien montré que cette triple ambition correspondait bien à une triple nécessité et permis de poser les bases d'un dialogue que nous espérons voir se poursuivre — pourquoi pas avec un EMUE 2 dans deux ou trois ans ?

Compte tenu de la multiplicité des questions abordées, l'équipe organisatrice a décidé de poursuivre les travaux engagés et de préparer, sous l'égide du réseau Socio-économie de l'habitat, trois journées d'approfondissement qui auront lieu au cours du premier semestre 2007. Les trois thèmes retenus sont : bilans de matières et société ; indicateurs et échelles de territoires ; les méthodes et leur élaboration : autour de l'empreinte écologique.

La publication d'une sélection d'articles issus du colloque EMUE et des séminaires est programmée fin 2007.

4.2. COMITES SCIENTIFIQUE ET D'ORGANISATION

4.2.1. COMITE SCIENTIFIQUE

Sabine BARLES, Professeur à l'Institut Français d'Urbanisme et membre du Laboratoire Théorie des mutations urbaines.

Michael BATTY, Professeur d'analyse spatiale, directeur du Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London.

Gilles BILLEN, Directeur de recherche au CNRS, Directeur de la Zone Atelier Seine, Laboratoire Sisyphe (UMR 7619), CNRS et Université de Paris 6 Pierre et Marie Curie.

Mindjid MAIZIA, Maître de conférence à l'Université de Technologie de Compiègne (département GSU) et membre du Laboratoire Théorie des mutations urbaines.

Jean-Pierre NICOLAS, Chercheur au CNRS, Laboratoire d'Économie des Transports (UMR 5593), CNRS, École Nationale des Travaux Publics de l'État, Université Louis Lumière Lyon 2.

Pierre RADANNE, Consultant, Ancien président de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

Taoufik SOUAMI, Maître de conférence à l'Institut Français d'Urbanisme et membre du Laboratoire Théorie des mutations urbaines.

Jacques TELLER, Chercheur au Laboratoire d'études méthodologiques architecturales, Université de Liège.

Jean-Pierre TRAISNEL, Ingénieur de Recherche au CNRS et membre du Laboratoire Théorie des mutations urbaines.

4.2.2. COMITE D'ORGANISATION

Sabine BARLES, Mindjid MAIZIA, Taoufik SOUAMI, Jean-Pierre TRAISNEL.

4.3. PROGRAMME

Conference program

Programme du colloque

Jeudi 18 mai 2006 / Thursday, 18 May, 2006				
09:00-09:30	Accueil des participants / Registration			
		J.-P. Foucault	Directeur du département génie des systèmes urbains	Université de Technologie de Compiègne (France)
09:30-10:00	Introduction	H. Charrue	Directeur Recherche et Développement CSTB (sous réserve)	(France)
		A. Bourdin	Directeur du Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines et Directeur de l'Institut Français d'Urbanisme	Université de Paris VIII (France)
10:00-11:15	Keynote lectures Energy and material: the stakes of the urban dimension Chair: S. Barles, LTMU	S. Erkman	Mise en œuvre de l'écologie Industrielle : le cas du canton de Genève <i>Application of Industrial Ecology: Geneva case study</i>	Université de Lausanne (Suisse-Switzerland)
	Séance plénière Énergie et matière : les enjeux de la dimension urbaine	D. Pumain	Matière, énergie : Les enjeux scientifiques d'une approche spatiale (titre provisoire) <i>Material, energy : the scientific stakes of a spatial approach (temporary title)</i>	Université Paris I (France)
11:15-11:30	Pause café / Coffee Break			
11:30-13:00	Long term perspectives in building sector Chair: T. Souami, LTMU	A. Guillerme	Les économies d'énergie thermique dans le premier tiers du XIXe siècle à Paris <i>Heating energy savings in the first third of XIX century in Paris</i>	CNAM (France)
	Perspectives à long terme dans le bâtiment	C. Deilmann, K. Gruhler	Changes in housing sector heating demand. Scenario 2030 – building type and age groups <i>Evolution de la demande en chauffage dans le secteur résidentiel. Scénario 2030. Type et période de construction</i>	Leibniz-Institute for Ecological and Regional Development (IOER) (Allemagne-Germany)
		M. Maïzia, J.-P. Traisnel	Prospective à l'horizon 2030 et 2050 des consommations d'énergie dans le secteur résidentiel français <i>Energy consumption in housing sector. Scenario 2030 and 2050 in France</i>	Université de Technologie de Compiègne, CNRS - Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines (France)
13:00-14:30	Déjeuner / Lunch			

14:30-16:00	Questioning urban systems	P. Matarasso, F. Valette	Analyse système des espaces urbains: de la modélisation physique à la simulation dynamique, une revue des acquis méthodologiques <i>System analysis of urban spaces: from physical models to dynamic simulation, a review of methodological experiences</i>	CIREN-CNRS-EHESS, (LAMETA) (France)
Chair: J.-P. Foucault, UTC	Les systèmes urbains en question	M. Colombert, Y. Diab, J.-L. Salagnac	Le climat urbain, un enjeu pour demain ? <i>The urban climate, a stake for tomorrow?</i>	C.S.T.B, Laboratoire Génie Urbain, Environnement et Habitat (France)
		J. Allaire	Mutation urbaine chinoise et dépendance énergétique <i>Chinese urban mutation and energetic dependance</i>	LEPII - EPE (ex- IEPE) (France)
16:00-16:30	Pause café / Coffee Break			
16:30-18:00	Urban morphology and design	P. Osmond	Morphological classification as a common basis for analysis of urban metabolism and ambience <i>La classification morphologique comme base d'analyse du métabolisme urbain et des ambiances.</i>	University of New South Wales (Australie-Australia)
Chair: J. Teller, Université de Liège	Morphologie urbaine et conception	I. Guedi Capeluto, A. Yezioro, D. Gat, E. Shaviv	Building morphology - Energetic and economic considerations <i>Morphologie des constructions - considérations énergétiques et économiques</i>	Faculty of Architecture and Town Planning, Technion - Israel Institute of Technology (Israël-Israel)
		P. Duffaut, M. Labbé	Apport du sous-sol au métabolisme urbain <i>Contribution of the underground space to the urban metabolism.</i>	Association Française des Travaux et de l'Espace Souterrains (France)
Vendredi 19 mai 2006 / Friday, 19 May, 2006				
09:00-09:30	accueil café / Welcome Coffee			
09:30-11:00	Regional scale: methods and projects (1)	D. Leduc, J.-P. Nicolas, D. Verry	L'empreinte écologique de la mobilité des urbains : avantages et limites de l'outil <i>Ecological footprint of urban mobility : limits and advantages of the tool</i>	CNRS, Laboratoire d'Économie des Transports (France)
Chair: Jean-Pierre Traisnel, LTMU	Échelle régionale : méthodes et projets (1)	I. Nascimento	Quelle démarche méthodologique pour une intégration globale de la relation entre énergie, matière et environnement urbain dans les actions régionales ? <i>Methodological approach for a global integration of energy, material and urban environment in regional policy</i>	IAURIF (France)
		S. Barles	Le métabolisme parisien : un premier bilan <i>Paris Metabolism : first results</i>	CNRS - Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines, Université Paris VIII (France)

11:00-11:30		Pause café / Coffee Break		
11:30-13:00	Regional scale: methods and projects (2)	G. Junqua, H. Moine, Y. Bouzidi	Développement durable d'une Zone Industriale-Portuaire : utilisation de l'écologie industrielle et de l'intelligence économique et territoriale <i>Sustainable development of industrial and harbour area: application of industrial ecology and economic and territorial intelligence</i>	Laboratoire CREIDD, Université de Troyes, Port Autonome de Marseille (France)
Chair: J.-P. Nicolas, CNRS-LET	Échelle régionale : méthodes et projets (2)	B. Duret	Projet de mise en place d'une démarche d'écologie territoriale sur le territoire lillois <i>Industrial ecology implementation in the region of Lille</i>	Auxilia (France)
		L. Lestel	La ville, lieu de circulation du plomb anthropique <i>The city as a space of circulation of the anthropogenic lead</i>	CDHTE-CNAM (France)
13:00-14:30		Déjeuner / Lunch		
		M. Aksøzen, N. Kohler	Life cycle scenarios for urban fragments <i>Analyse du cycle de vie des fragments urbains.</i>	Institute for Industrial Building Production, University of Karlsruhe (Allemagne-Germany)
14:30-16:00	Assessment tools and urban fragments	R. Lollini, I. Meroni	Environmental sustainability: Development and application of an assessment procedure for building sector <i>Durabilité environnementale: développement et application d'une procédure d'évaluation dans le secteur du bâtiment</i>	ITC-CNR Construction Technologies Institute of the National Research Council (Italie-Italy)
Chair: A. Guillerme, CNAM	Outils d'évaluation et fragments urbains	N. Houdant	Bilan carbone: méthodologie et application opérationnelle à l'échelle territoriale <i>Carbon balance: methodology and practical application at territorial scale</i>	Energies demain (France)
16:00-16:30		Pause café / Coffee Break		
16:30-17:45	Keynote lectures: Global trends in energy and material balances	G. Billen	L'empreinte spatiale de Paris, revisitée par une approche de biogéochimie historique <i>The spatial footprint of Paris: the contribution of historical biogeochemistry</i>	CNRS – Piren-Seine (France)
Chair: Mindjid Maizia, LTMU & UTC	Séance plénière : Tendances lourdes des bilans de matières et d'énergie	P. Radanne	<i>Conclusion</i>	(France)
17:45-18:00	Clôture de la conférence / End of the conference			
20:00	Dîner de gala / Gala dinner			

Pour tout renseignement complémentaire : <http://www.univ-mlv.fr/~www-ltmu/EMUE/>

CONCLUSION

L'objectif de ce travail était de caractériser le métabolisme de Paris et de l'Île-de-France, ce d'un point de vue macroscopique, en mettant l'accent tant sur les résultats d'une telle démarche que sur les questions méthodologiques qu'elle soulève.

Le choix s'est assez rapidement imposé de la méthode développée par le service de statistique européenne, dont l'adaptation à l'échelle locale pose essentiellement des problèmes de sources (données vieilles ou inexistantes, en particulier pour l'énergie et certains déchets), mais aussi des problèmes d'échelle compte tenu des interactions entre les espaces urbains centraux, les couronnes moins denses, les espaces périurbains et les zones rurales. Il en sort la nécessité d'une approche multi-scalaire, *i. e.* d'un travail simultané à plusieurs échelles (ici : Paris, l'ensemble Paris et petite couronne, la grande couronne et l'Île-de-France). Il est cependant difficile d'envisager une telle précision pour d'autres agglomérations françaises, où il faudra probablement se contenter des échelles départementales et régionales compte tenu des données existantes. Ceci autorise néanmoins la comparaison. Par ailleurs l'adaptation locale de la méthode a conduit à introduire un nouvel indicateur, TTN (*total to nature*), permettant de prendre en compte les rejets totaux vers la nature, qu'ils soient locaux ou exportés (ce qui est souvent le cas des déchets solides et eaux usées en milieu urbain).

Les résultats obtenus traduisent, quel que soit le territoire concerné, la très forte pression exercée par les sociétés sur la biosphère, qu'il s'agisse des entrées (matières extraites localement ou importées) ou des rejets vers la nature. Si les premières s'élèvent à 8,8 t/hab/an (Paris) à 11 t/hab/an (Paris et petite couronne) et 12 t/hab/an (Île-de-France), les rejets totaux vers la nature atteignent 5 t/hab/an (Paris, dont exportés) à 5,9 t/hab/an (Paris et petite couronne) et 6,8 t/hab/an (Île-de-France), soit dans tous les cas plus de la moitié des entrées¹. Par comparaison, le recyclage est très faible : moins de 1 t/hab/an. Bien que la population de la région n'augmente guère, l'addition au stock y est importante : 2,6 t/hab/an pour la région tout entière, mais seulement 1,4 t/hab/an pour Paris et 0,7 t/hab/an par l'ensemble formé par Paris et la petite couronne. Ce dernier indicateur étant néanmoins évalué par soustraction, il cumule les erreurs et doit donc être considéré avec précaution.

¹ Ces chiffres ne prennent pas en compte l'oxygène consommé (entrée) et l'eau produite (sortie) par la combustion.

Une observation plus minutieuse des matières qui sont importées et consommées montre des différences significatives. On consomme plus de matières alimentaires à Paris qu'ailleurs (en tonnes par habitant) : Paris est un pôle d'emploi et de tourisme et nourrit plus que ses habitants. La capitale constitue donc un gisement de matières organiques. En revanche, on consomme légèrement plus de produits manufacturés en petite couronne : les achats des Parisiens y ont aussi lieu. Enfin, la grande couronne se distingue par l'importance de la consommation de matériaux de construction : 4,8 t/hab/an contre moins de 0,5 t/hab/an à Paris et en petite couronne¹. L'effet de la périurbanisation est ici patent.

Ces quelques résultats montrent la pertinence de la démarche : le bilan de matières brutes s'avère un outil utile pour caractériser la performance (ou contre performance) écologique des agglomérations et des territoires. Plusieurs prolongements peuvent être envisagés :

- un affinement des hypothèses de travail afin de préciser les résultats² ;
- l'établissement du bilan pour des années passées afin de mesurer l'évolution de la pression anthropique ;
- la détermination régulière du bilan afin de caractériser les évolutions en cours ;
- la réalisation d'un bilan énergétique complémentaire ;
- la prise en compte des flux cachés afin d'évaluer au plus près la pression anthropique ;
- le traitement spécifique du cycle de l'eau qui correspond à des enjeux mal pris en compte aujourd'hui³ ;
- l'utilisation des résultats pour la définition de politiques publiques d'environnement ;
- l'utilisation de la méthode dans d'autres territoires à fins de comparaison ;
- ...

¹ Consommation nette, hors transport par chemin de fer.

² Une collaboration avec les collègues spécialisés en énergétique urbaine est envisagée.

³ Une thèse spécifiquement consacrée sur ce sujet débute au laboratoire Théorie des Mutations Urbaines (P. Chatzimpiros, dir. S. Barles).

La démarche s'inscrit ainsi dans le champ de l'écologie territoriale, une déclinaison de l'écologie industrielle qui permet la prise en compte des interactions multiples entre les activités urbaines et la biosphère et est à même de contribuer à la gouvernance des flux des matières¹. Si plusieurs projets de recherche en cours en France² et ailleurs abordent ces questions³, le chantier de l'écologie territoriale demeure immense.

¹ Voir les expériences de Genève, du Port Autonome de Marseille et de Lille présentées lors du colloque EMUE. Dans le cas de Lille, le laboratoire Théorie des Mutations Urbaines intervient au titre du comité d'experts (S. Barles).

² Voir par exemple l'atelier de réflexion prospective lancé dans le cadre de l'Agence nationale de la recherche et portant sur l'écologie industrielle auquel le laboratoire Théorie des Mutations Urbaines est associé.

³ Voir le récent Scientific Workshop international *Frontiers of Research in Industrial Ecology*, organisé par l'Université de Lausanne, Lausanne, 27 nov.-1^{er} déc. 2006, dont les actes sont disponibles sur la toile [réf. du 19 janv. 2007] : <http://www.unil.ch/ipteh/page40479.html>. Nous y avons présenté les résultats de la présente recherche.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERBERG, S. « Industrial Metabolism and the Linkages between Economics, Ethics and the Environment », *Ecological Economics* (24), 1998, p. 311-320.
- AYRES, R. U., AYRES, L. W. (eds.) *A Handbook of Industrial Ecology*. Cheltenham : Edward Elgar, 2002.
- AYRES, R. U., SIMONIS, U. K. (eds.). *Industrial Metabolism*. Tokyo : United Nations University Press, 1994.
- BACCINI, P., BRUNNER, P. *Metabolism of the Anthroposphere*. Berlin : Springer Verlag, 1991.
- BARLES, S. « Le métabolisme urbain et la question écologique », *Annales de la recherche urbaine* (92), sept. 2002, p. 143-150.
- BARLES, S. « Regards d'écologues et de géochimistes sur la ville et la société industrielle, 1953-2003 », p. 75-112, in : BARLES, S., TRAISNEL, J. P. (eds.). *Ville et durabilité : Questions pour la recherche, questions à la recherche*. Rapport de recherche pour le compte du ministère de la Recherche (ACI Ville). Champs-sur-Marne : Laboratoire TMU (UMR CNRS AUS 7136), juin 2004. 175 p.
- BARLES, S. « Feeding the City : Food Consumption and Circulation of Nitrogen, Paris, 1801-1914 », *The Science of the Total Environment*, sous presse (2007).
- BARRETT, J., VALLACK, H., JONES, A., HAQ G. *A Material Flow Analysis and Ecological Footprint of York*. Technical Report. Stockholm : Stockholm Environment Institute, 2002. xvii+109 p.
- BILLEN, G., GARNIER, J. « Les modifications historiques du cycle de l'azote aux échelles régionale et globale », *Nature, Science et Technique*, 14(4), 1996, p. 129-140.
- BILLEN, G., TOUSSAINT, F., PEETERS, P., SAPIR, M., STEENHOUT, A., VANDERBORGHT, V. *L'écosystème Belgique. Essai d'écologie industrielle*. Bruxelles : Centre de recherche et d'information socio-politique, 1983.
- BILLEN, G., TOUSSAINT, F., PEETERS, P., SAPIR, M., STEENHOUT, A., VANDERBORGHT, J. P. *L'écosystème Belgique. Essai d'écologie industrielle*. Bruxelles : Centre de recherche et d'information socio-politique, 1983.
- BRINGEZU, S., FISCHER-KOWALSKI, M., KLEIJN, R., PALM, V. (eds.). *Regional and National Material Flow Accounting : From Paradigm to Practice*. Actes du séminaire « Conaccount » de Leiden, 21-23 janv. 1997. Wuppertal : Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, s. d. Disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 9 juill. 2002], <<http://www.conaccount.com>>.
- BRINGEZU, S., FISCHER-KOWALSKI, M., KLEIJN, R., PALM, V. (eds.). *Analysis for Action : Support for Policy towards Sustainability by Material Flow Accounting*. Actes de la conférence « Conaccount » de Wuppertal, 11-12 sept. 1997. Wuppertal : Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 1998. 181 p. Disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 9 juill. 2002], <<http://www.conaccount.com>>.
- BRUNNER, P. H., RECHBERGER, H. *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Boca Raton : Lewis Publishers, 2004. 318 p.
- BUGLIARELLO, G. « Urban sustainability : Dilemmas, challenges and paradigms », *Technology in Society* 28, 2006, p. 19-26.
- CORDEAU, E., NASCIMENTO, I. *L'empreinte écologique des habitants de la région Île-de-France : Première approche*. Paris : IAURIF, mai 2005. 64 p.

- DAMBRIN, B. *Écologie urbaine : Le cas de la région parisienne*. Thèse de 3e cycle, Université de Paris VII, 1982.
- DANIELS, P. L., MOORE S. « Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies. Part I: Methodological Overview », *Journal of Industrial Ecology* 5(2), 2002, p. 69-93.
- DECKER, E. H., ELLIOTT, S., SMITH, F. A. « Megacities and the environment », *The Scientific World Journal* 2, 2002, p. 374-386. Disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 4 juill. 2002], <algodones.unm.edu/~ehdecker/pdf/deckeretal2002.pdf>.
- ERKMAN, S. *Vers une écologie industrielle*. 2^e éd. enrichie et mise à jour [1^{ère} éd. 1998]. Paris : éd. Charles Léopold Mayer & la librairie FPH, 2004. 252 p.
- 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. 82 p. Disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 29 juin 2005], <epp.eurostat.cec.eu.int/cache/ITY_OFFPUB/KS-34-00-536/EN/KS-34-00-536-EN.PDF>.
- FÆRGE, J. MAGID, J., FRITS, W. T., VRIES, P. DE. « Urban nutrient balance for Bangkok », *Ecological Modelling* 139(1), mars 2001, p. 63-74.
- FAIST EMMENEGGER, M., FRISCHKNECHT, R. *Métabolisme du canton de Genève. Phase I. Rapport final pour le compte du groupe de travail interdépartemental Ecosite de la République et du canton de Genève*. Uster : ESU service, déc. 2003. ix+47 p. + annexes.
- FISCHER-KOWALSKI, M. « Society's Metabolism : the Intellectual History of Material Flow Analysis Part I, 1860-1970 », *Journal of Industrial Ecology* 2(1), 1999, p. 61-78.
- FISCHER-KOWALSKI, M., HÜTTLER, W. « Society's Metabolism : the Intellectual History of Material Flow Analysis Part II, 1970-1988 », *Journal of Industrial Ecology* 2(4), 1999, p. 107-135.
- GALLOWAY, J. N., SCHLESINGER, W. H., LEVY, H., MICHAELS, A., SCHNOOR, J. L. « Nitrogen fixation : Anthropogenic enhancement — environmental response », *Global Biogeochemical Cycles* 9(2), 1995, p. 235-252.
- HAMMER, M. *Material Flows and Economic Development - Material Flow Analysis of the Hungarian Economy*. Mémoire de fin d'études (Master), Université de Vienne, nov. 2002. 82 p.
- HAMMER, M., GILJUM, S., HINTERBERGER, F. *Material Flow Analysis of the City of Hamburg. Preliminary results*. Document de travail. Vienne : Sustainable Europe Research Institute (SERI), 2003. Disponible sur la toile, [réf. du 27 oct. 2005], format PDF, <www.seri.at>.
- KLEIJN, R., BRINGEZU, S., FISCHER-KOWALSKI, M., PALM, V. (eds.). *Ecologizing Societal Metabolism : Designing Scenarios for Sustainable Materials Management*. Actes du séminaire « Conaccount » d'Amsterdam, 21 nov. 1998. Leiden : Centre for Environmental Science, 1999. 188 p. Disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 9 juill. 2002], <http://www.conaccount.com>.
- KLEIJN, R., VAN DER VOET, E. « Material flow accounting », papier présenté au *4th Seminar on Industrial Ecology*, 14-15 juin 2001, disponible sur la toile, format word, [réf. du 4 juil. 2002], <www.bygg.ntnu.no/indecoll/formidling/seminarer/4th_ntva/kleijn_paper.doc>.
- KRUG, E. C., WINSTALEY, D. « The need for comprehensive and consistent treatment of the nitrogen cycling in mass balance studies : I. Terrestrial nitrogen cycle », *The Science of the Total Environment* 293, 3 juil. 2002, p. 1-29.

- MATTHEWS, E. (ed.). *The Weight of Nations. Material Outflows from Industrial Economies*. Washington : World Resources Institute, 2000. XII+125 p. Disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 14 oct. 2005], <<http://www.resourcesaver.org/file/toolmanager/O16F6896.pdf>>.
- NEWMAN, P. W. G. « Sustainability and cities : extending the metabolism model », *Landscape and Urban Planning* 44, 1999.
- ONISTO, L. J., KRAUSE, E., WACKERNAGEL, M. *How Big Is Toronto's Ecological Footprint ? Using the Concept of Appropriated Carrying Capacity for Measuring Sustainability*. S. l., 1998. 39 p. Disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 22 sept. 2005], <<http://www.city.toronto.on.ca/eia/footprint/howbig.htm>>.
- REES, W., WACKERNAGEL, M. « Urban ecological footprints : Why cities cannot be sustainable – and why they are key to sustainability », *Environmental Impact Assessment Review* 16, 1996, p. 223-248.
- REES, W., WACKERNAGEL, M. *Our Ecological Footprint : Reducing Human Impact on the Earth*, Gabriola Island (Canada) : New Society Publishers, 1996.
- THEYS, J., EMELIANOFF, C. « Les contradictions de la ville durable », *Le Débat* (113), 2001, p. 122-135.
- WALSH, E., BABAKINA, O., PENNOCK, A., SHI, H., WANG, T. « Quantitative guidelines for urban sustainability », *Technology in Society* 28, 2006, p. 45-61.
- WEIZSÄCKER, E. U., LOVINS, A. B., LOVINS, L. H. *Facteur 4. Deux fois plus de bien-être en consommant deux fois moins de ressources. Un rapport au Club de Rome*. Mens : Terre vivante, 1997.
- Empreinte (l') écologique de la France*. WWF France, 2002, disponible sur la toile, format pdf, [réf. du 6 nov. 2003], <http://www.wwf.fr/developpement_durable/missions.php?mission_id=34>.

ANNEXES

ANNEXE 1. FLUX PRIS EN COMPTE DANS LA METHODE EUROSTAT

Adapté de : 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. 82 p.

E.	Entrées de matières
1	L-EXTRACTION LOCALE
1.1	Combustibles fossiles
1.1.1	Charbon
1.1.2	Lignite (brown coal)
1.1.3	Pétrole brut
1.1.4	Gaz naturel
1.1.5	Autres (tourbe etc)
1.2	Minéraux
1.2.1	Métaux
1.2.2	Minéraux industriels
1.2.3	Minéraux pour construction
1.2.4	Minéraux industriels et pour construction
1.3	Biomasse
1.3.1	Biomasse agricole
1.3.2	Biomasse forestière
1.3.3	Biomasse aquatique
1.3.4	Biomasse issue de la chasse
1.3.5	Biomasse issue d'autres activités (miel, culture des champignons, baies, herbes...)
2	I-IMPORTATIONS
2.1	Matières premières
2.1.1	Combustibles fossiles
2.1.2	Minéraux
2.1.3	Biomasse
2.1.4	Matières premières secondaires (scories, cendres, résidus, etc.)
2.2	Produits semi-finis
2.2.1	Combustibles fossiles
2.2.2	Minéraux
2.2.3	Biomasse
2.3	Produits finis
2.3.1	Majoritairement à base de combustibles fossiles
2.3.2	Majoritairement à base de minéraux
2.3.3	Majoritairement à base de biomasse
2.4	Autres produits
2.4.1	Autres produits abiotiques
2.4.2	Autres produits biotiques
2.4.3	Autres produits
2.5	Matériaux d'emballage importés avec les produits

2.6	Déchets importés pour traitement final et stockage
3	IN-EXTRACTION LOCALE INUTILISÉE
3.1	Extraction inutilisée des combustibles fossiles
3.2	Extraction inutilisée des minéraux
3.3	Biomasse inutilisée
3.3.1	Pertes de bois en foresterie
3.3.2	Pertes agricoles
3.3.3	Autres
3.4	Excavation et dragage des sols
3.4.1	Excavations pour la construction
3.4.2	Matériaux de dragage
4	FC-FLUX INDIRECTS ASSOCIÉS AUX IMPORTATIONS
4.1	Matières premières équivalentes aux produits importés
4.1.1	Combustibles fossiles
4.1.2	Minéraux
4.1.3	Biomasse
4.2	Extraction inutilisée pour les produits importés
4.2.1	Extraction inutilisée des combustibles fossiles
4.2.2	Extraction inutilisée des minéraux
4.2.3	Biomasse inutilisée
4.2.4	Excavation et dragage des sols

S.	Sorties de matières
-----------	----------------------------

1	EX-EXPORTATIONS
1.1	Matières premières
1.1.1	Combustibles fossiles
1.1.2	Minéraux
1.1.3	Biomasse
1.1.4	Matières premières secondaires (scories, cendres, résidus, etc.)
1.2	Produits semi-finis
1.2.1	Combustibles fossiles
1.2.2	Minéraux
1.2.3	Biomasse
1.3	Produits finis
1.3.1	Majoritairement à base de combustibles fossiles
1.3.2	Majoritairement à base de minéraux
1.3.3	Majoritairement à base de biomasse
1.4	Autres produits
1.4.1	Autres produits abiotiques
1.4.2	Autres produits biotiques
1.4.3	Autres produits
1.5	Matériaux d'emballage exportés avec les produits
1.6	Déchets exportés pour traitement final et stockage
2	IN-EXTRACTION LOCALE INUTILISÉE
2.1	Extraction inutilisée des combustibles fossiles
2.2	Extraction inutilisée des minéraux
2.3	Biomasse inutilisée
2.3.1	Pertes de bois en foresterie

2.3.2	Pertes agricoles
2.3.3	Autres
2.4	Excavation et dragage des sols
2.4.1	Excavations pour la construction
2.4.2	Matériaux de dragage
3	FC-FLUX INDIRECTS ASSOCIÉS AUX EXPORTATIONS
3.1	Matières premières équivalentes aux produits exportés
3.1.1	Combustibles fossiles
3.1.2	Minéraux
3.1.3	Biomasse
3.2	Extraction inutilisée pour les produits exportés
3.2.1	Extraction inutilisée des combustibles fossiles
3.2.2	Extraction inutilisée des minéraux
3.2.3	Biomasse inutilisée
3.2.4	Excavation et dragage des sols
4	ED-ÉMISSIONS ET DÉCHETS
4.1	Émissions atmosphériques
4.1.1	CO ₂
4.1.2	SO ₂
4.1.3	N _{0x}
4.1.4	COV
4.1.5	CO
4.1.6	particules en suspension
4.1.7	N ₂ O
4.1.8	NH ₃
4.1.9	CFC et halons
4.2	Déchets mis en décharge
4.2.1	Déchets des ménages
4.2.2	Déchets de l'industrie et du commerce (de production, construction, démolition)
4.2.3	Déchets de traitement des déchets et des eaux usées
4.3	Émissions vers l'eau
4.3.1	Azote
4.3.2	Phosphore
4.3.3	Autres matières et composés organiques
4.3.4	Rejets à la mer
5	UD-USAGES DISSIPATIFS ET PERTES DISSIPATIVES
5.1	Usages dissipatifs
5.1.1	Usages dissipatifs sur les terres agricoles
5.1.2	Usages dissipatifs sur routes
5.1.3	Autres usages dissipatifs
5.2	Pertes dissipatives
5.2.1	Abrasion (pneus, freinage)
5.2.2	Accidents (produits chimiques)
5.2.3	Fuites (gaz naturel etc)
5.2.4	Érosion et corrosion des infrastructures

St.	Stocks
1	A-ADDITION BRUTE
1.1	Infrastructures et bâtiments
1.1.1	Matières minérales (construction)
1.1.2	Métaux
1.1.3	Bois
1.1.4	Autres matériaux de construction
1.2	Autres (appareils, biens durables etc)
1.2.1	Métaux
1.2.2	Autres matériaux
2	S-SOUSTRACTION
2.1	Infrastructures et bâtiments
2.1.1	Par démolition
2.1.2	Par pertes dissipatives
2.2	Autres (appareils, biens durables etc)
2.2.1	Par mise au rebut
2.2.2	Par pertes dissipatives
3 = 1-2	ADDITION NETTE AU STOCK (addition brute – soustraction)
3.1	Infrastructures et bâtiments
3.1.1	Matières minérales (construction)
3.1.2	Métaux
3.1.3	Bois
3.1.4	Autres matériaux de construction
3.2	Autres (appareils, biens durables etc)
3.2.1	Métaux
3.2.2	Autres matériaux

ANNEXE 2. MATRICES ORGINE-DESTINATION D'APRES LA BASE DE DONNEES SITRAM

Tableau 56. Trafic total de marchandises, Île-de-France, 2003 (kt).

Destination Origine	75	92	93	94	77	78	91	95	France hors IdF	UE hors France	Monde hors UE	Total
75	2 803	278	958	654	1 840	173	368	640	2 428	320	738	11 199
92	864	3 150	1 937	295	1 426	1 207	889	1 908	2 783	832	673	15 964
93	1 695	343	4 647	730	1 652	291	314	1 897	5 239	743	227	17 778
94	1 933	760	1 410	10 279	3 379	959	1 889	780	7 625	556	242	29 811
77	1 702	1 533	2 524	3 090	25 999	902	3 063	1 712	15 296	1 256	241	57 316
78	376	851	447	254	430	9 765	390	808	5 752	1 377	309	20 760
91	988	1 150	325	1 915	2 413	1 215	13 576	511	6 317	294	299	29 004
95	610	809	2 039	536	1 390	709	366	10 205	5 971	873	588	24 096
France hors IdF	4 755	5 979	6 139	13 019	16 129	9 294	8 310	7 390				71 016
UE hors France	705	2 380	938	1 528	2 403	3 541	1 607	1 585				14 688
Monde hors UE	2 456	1 388	382	1 000	4 040	600	383	438				10 686
Total	18 887	18 622	21 746	33 298	61 102	28 656	31 155	27 874	51 410	6 251	3 317	302 318

D'après : *Annuaire statistique 2003 du fret en Ile de France*, Paris : DREIF, déc. 2004, p. 121, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 9 juil. 2006],
http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/annuaire_03_integral_cle7d7de7.pdf.

Tableau 57. Trafic total de marchandises hors produits pétroliers et combustibles minéraux solides, Île-de-France, 2003 (kt).

Destination Origine	75	92	93	94	77	78	91	95	France hors IdF	UE hors France	Monde hors UE	Total
75	2 802	273	950	654	1 840	173	368	640	2 424	320	736	11 180
92	764	2 969	1 780	272	1 239	1 028	882	1 663	2 396	787	645	14 424
93	1 695	335	4 594	730	1 640	291	314	1 832	5 051	741	224	17 446
94	1 844	723	1 410	10 060	3 314	959	1 833	780	7 499	549	240	29 211
77	1 693	1 524	2 483	3 016	25 137	897	2 943	1 683	14 221	1 256	240	55 093
78	376	794	447	254	427	9 353	349	808	5 585	1 373	308	20 076
91	988	1 137	322	1 869	2 242	1 193	13 069	511	6 004	294	299	27 927
95	610	800	1 663	536	1 390	665	366	9 647	5 888	848	575	22 989
France hors IdF	4 734	5 400	6 116	12 243	15 923	8 801	8 131	7 271				68 620
UE hors France	589	2 303	934	1 523	2 131	3 523	1 602	1 472				14 077
Monde hors UE	1 948	766	382	999	379	389	357	433				5 653
Total	18 044	17 026	21 082	32 156	55 662	27 272	30 212	26 739	49 066	6 168	3 268	286 696

D'après : *Annuaire statistique 2003 du fret en Ile de France*, Paris : DREIF, déc. 2004, p. 121, disponible sur la toile, format PDF, [réf. du 9 juil. 2006],
http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/annuaire_03_integral_cle7d7de7.pdf.

TABLES

TABLE DES ABREVIATIONS

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AESN	Agence de l'eau Seine-Normandie
AGRESTE	Service statistique du ministère de l'Agriculture et de la Pêche
AIRPARIF	Association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France
CITEPA	Centre interprofessionnel d'études de la pollution atmosphérique
DGEMP	Direction générale de l'énergie et des matières premières
DMA	Déchets ménagers et assimilés
DREIF	Direction régionale de l'équipement d'Île-de-France
DRIRE	Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
GC	Grande couronne
IAURIF	Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France
IdF	Île-de-France
IFEN	Institut français de l'environnement
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
ONCFS	Office national de la chasse et de la faune sauvage
ORDIF	Observatoire régional des déchets d'Île-de-France
PC	Première couronne
PPC	Paris et première couronne
SAA	Statistique agricole annuelle
SIAAP	Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne
SITRAM	Système d'information sur les transports de marchandises
STIF	Syndicat des transports d'Île-de-France
SYCTOM	Syndicat intercommunal de traitement des ordures ménagères (de l'agglomération parisienne)
TRM	transport routier de marchandises
UNICEM	Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction
UNIFA	Union des industries de la fertilisation
VNF	Voies navigables de France

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Schéma de principe de l'analyse des flux de matières brutes.	13
Figure 2. Principaux indicateurs issus du bilan de matières.	14
Figure 3. Flux directs de matières brutes, Amsterdam, 1998 (milliers de tonnes).	15
Figure 4. Population, Paris et actuelle Île-de-France, 1876-1999 (millions d'habitants).	16
Figure 5. Production de déchets solides, Île-de-France, <i>circa</i> 2003 (%).	31
Figure 6. Déchets ménagers et assimilés et champ de l'enquête bisannuelle de l'ORDIF.	32
Figure 7. Bassins versants des ordures ménagères traitées par le SYCTOM, 2006.	36
Figure 8. Mode de traitement des déchets industriels banals (total : 21 709 kt), France, 2004 (%).	38
Figure 9. Comparaison entre les émissions calculées par le CITEPA et par AIRPARIF, Île-de-France, 2000.	48
Figure 10. Bilan de matières brutes, Paris, 2003 (kt et, entre parenthèses, t/hab).	60
Figure 11. Bilan de matières brutes, Paris et petite couronne, 2003 (kt et, entre parenthèses, t/hab).	60
Figure 12. Bilan de matières brutes, Île-de-France, 2003 (kt et, entre parenthèses, t/hab).	61
Figure 13. Principaux indicateurs matériels : DMI, DMO, consommation nette, Paris, Paris et petite couronne, Île-de-France, 2003 (t/hab).	63
Figure 14. Principaux indicateurs matériels : DPO, TTN, NAS, RC, Paris, Paris et petite couronne, Île-de-France, 2003 (t/hab).	63
Figure 15. Composition des importations de marchandises (hors chemin de fer, combustibles compris), Paris et petite couronne, 2003 (t/hab).	64
Figure 16. Composition des exportations de marchandises (hors chemin de fer, combustibles compris), Paris et petite couronne, 2003 (t/hab).	65
Figure 17. Composition de la consommation nette (hors chemin de fer, combustibles compris), Paris et petite couronne, 2003 (t/hab).	65
Figure 18. Composition des entrées directes de matières (hors chemin de fer, combustibles compris, oxygène de combustion exclu), ensemble Paris et petite couronne et grande couronne, 2003 (t/hab).	67
Figure 19. Composition des exportations de marchandises (hors chemin de fer, combustibles compris), ensemble Paris et petite couronne et grande couronne, 2003 (t/hab).	67
Figure 20. Composition de la consommation nette (hors chemin de fer, combustibles compris), ensemble Paris et petite couronne et grande couronne, 2003 (t/hab).	68

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Population, Île-de-France, 2000-2004 (milliers d'habitants au 1 ^{er} janvier).....	17
Tableau 2. Population annuelle moyenne des trois zones d'étude, 2003 (milliers d'habitants).....	19
Tableau 3. Production agricole, Île-de-France, 2003 (kt).....	20
Tableau 4. Production forestière, Île-de-France, 2003 (kt).....	20
Tableau 5. Prélèvement de petit gibier (1998-99) et de grand gibier (2004), Île-de-France (t).....	21
Tableau 6. Extraction de matériaux de carrière, Île-de-France, 2002 et 2003 (kt).....	22
Tableau 7. Classification des produits dans la base de données SITRAM.....	23
Tableau 8. Trafic total de marchandises, Île-de-France, 2003 (kt).....	24
Tableau 9. Trafic de marchandises hors flux internes à chaque zone et hors produits pétroliers et combustibles minéraux solides, Île-de-France, 2003 (kt).....	25
Tableau 10. Consommation d'énergie finale, Île-de-France, 2002 (ktep).....	26
Tableau 11. Énergie électrique : énergie primaire et contenu énergétique.....	28
Tableau 12. Bilan des combustibles fossiles : sources et méthodes.....	29
Tableau 13. Bilan des combustibles fossiles : facteurs de conversion.....	29
Tableau 14. Bilan des combustibles fossiles, Île-de-France, 2003 (kt).....	30
Tableau 15. Bilan spatialisé des combustibles fossiles, 2003 (kt).....	30
Tableau 16. Principaux modes de traitement et flux associés.....	31
Tableau 17. Production de déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2004 (kt).....	33
Tableau 18. Traitement des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2002 (kt).....	34
Tableau 19. Traitement <i>versus</i> destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2002 (kt).....	34
Tableau 20. Destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2002 (kt).....	34
Tableau 21. Destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2004 (kt).....	34
Tableau 22. Estimation de la destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Paris et première couronne, 2004 (kt).....	35
Tableau 23. Estimation de la destinée effective des déchets ménagers et assimilés, Île-de-France, 2004 (kt).....	35
Tableau 24. Déchets industriels banals, Île-de-France, <i>circa</i> 2003 (kt).....	38
Tableau 25. Estimation du mode de traitement des déchets industriels banals, Île-de-France, <i>circa</i> 2003 (kt).....	39
Tableau 26. Destinée effective des déchets industriels banals (hors DMA, estimation), Île-de-France, 2003 (kt).....	39
Tableau 27. Production de déchets du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, <i>circa</i> 2000 (kt).....	40
Tableau 28. Destinée des déchets inertes du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, <i>circa</i> 2000 (kt).....	41
Tableau 29. Destinée et destination des déchets inertes du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, <i>circa</i> 2000 (kt).....	41
Tableau 30. Destinée des déchets totaux du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, <i>circa</i> 2000 (kt).....	42

Tableau 31. Destinée et destination des déchets totaux du bâtiment et des travaux publics, Île-de-France, <i>circa</i> 2000 (kt).	42
Tableau 32. Destinée des déchets agricoles, Île-de-France, <i>circa</i> 2003 (kt).	43
Tableau 33. Destinée des déchets industriels spéciaux, Île-de-France, 1999 (kt).	43
Tableau 34. Production de déchets d'assainissement, Île-de-France, <i>circa</i> 1996 (kt).	44
Tableau 35. Destinée effective des déchets d'assainissement, Île-de-France, <i>circa</i> 1996 (kt).	44
Tableau 36. Destinée des déchets totaux, Île-de-France, <i>circa</i> 2003 (kt).	45
Tableau 37. Destinée et destination des déchets totaux, Île-de-France, <i>circa</i> 2004 (kt).	45
Tableau 38. Principales caractéristiques des stations d'épuration des collectivités, Île-de-France, 2001.	46
Tableau 39. Origine et destination des matières organiques rejetées par les stations d'épuration des collectivités vers le milieu aquatique, Île-de-France, 2001-2005, (kt/an).	46
Tableau 40. Origine et destination des matières organiques d'origine domestique et industrielle vers le milieu aquatique, Île-de-France, 2001-2005, (kt/an).	47
Tableau 41. Émissions atmosphériques, Île-de-France, 2000 (kt).	50
Tableau 42. Oxygène consommé et eau produite par la combustion, Île-de-France, 2000 (kt).	50
Tableau 43. Émissions de polluants atmosphériques, France, 2000 et 2004 (kt).	51
Tableau 44. Livraisons d'engrais, Île-de-France, campagne 2002-2003 (kt).	52
Tableau 45. Réseau routier et pertes dissipatives correspondantes, Île-de-France, 2003.	53
Tableau 46. Pertes dissipatives par usure des chaussées, Île-de-France, 2003 (kt).	53
Tableau 47. Pertes dissipatives par usure des pneumatiques, France et Île-de-France, 2003.	53
Tableau 48. Recyclage, Île-de-France, 2003 (kt).	54
Tableau 49. Sorties vers la nature en fonction de leur lieu d'origine, Île-de-France, 2003 (kt).	54
Tableau 50. Sorties vers la nature avec prise en compte des exportations, Île-de-France, 2003 (kt).	54
Tableau 51. Données nécessaires au bilan de matière : synthèse.	55
Tableau 52. Bilan de matières, Paris, Paris et petite couronne (PPC) et Île-de-France (IdF), 2003 (kt).	57
Tableau 53. Bilan de matières, Paris, Paris et petite couronne (PPC) et Île-de-France (IdF), 2003 (t/hab).	58
Tableau 54. Principaux indicateurs matériels, Paris, Paris et petite couronne, Île-de-France, 2003 (t/hab).	62
Tableau 55. Déchets solides ultimes, Île-de-France, 2003 (kg/hab).	69
Tableau 56. Trafic total de marchandises, Île-de-France, 2003 (kt).	90
Tableau 57. Trafic total de marchandises hors produits pétroliers et combustibles minéraux solides, Île-de-France, 2003 (kt).	91

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	3
AVANT-PROPOS.....	5
INTRODUCTION.....	7
1. METHODE.....	11
1.1. CHOIX DE LA METHODE	11
1.2. APERÇU DE LA METHODE RETENUE ET DES FLUX A IDENTIFIER	13
1.3. PERIMETRE D'ETUDE	16
2. SOURCES	19
2.1. EXTRACTION LOCALE (HORS COMBUSTIBLES)	19
2.1.1. BIOMASSE	19
2.1.1.1. Biomasse agricole	19
2.1.1.2. Biomasse forestière	20
2.1.1.3. Autres	21
2.1.2. MINERAUX	21
2.2. IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS (HORS COMBUSTIBLES)	22
2.3. COMBUSTIBLES	25
2.3.1. DONNEES GENERALES	25
2.3.2. PRODUITS PETROLIERS	26
2.3.3. GAZ NATUREL	27
2.3.5. COMBUSTIBLES SOLIDES	27
2.3.4. ÉLECTRICITE	27
2.3.4.1. Conversions et équivalences	27
2.3.4.2. Méthode	28
2.3.5. BILAN	29
2.4. SORTIES VERS LA NATURE ET RECYCLAGE.....	30
2.4.1. DECHETS SOLIDES.....	30
2.4.1.1. Déchets ménagers et assimilés.....	32
2.4.1.2. Déchets industriels banals	37
2.4.1.3. Déchets du bâtiment et des travaux publics	40
2.4.1.4. Autres déchets.....	42
2.4.1.5. Bilan	45
2.4.2. ÉMISSIONS VERS L'EAU	46
2.4.2.1. Rejets des stations d'épuration des collectivités.....	46
2.4.2.2. Rejets des industries non raccordées.....	47
2.4.2.3. Bilan	47
2.4.3. ÉMISSIONS VERS L'AIR	47
2.4.4. USAGES ET PERTES DISSIPATIFS	51

2.4.4.1. Usages dissipatifs.....	51
2.4.4.2. Pertes dissipatives	52
2.4.5. RECYCLAGE	54
2.4.6. SORTIES VERS LA NATURE : BILAN.....	54
2.5. EXTRACTION LOCALE INUTILISEE ET FLUX INDIRECTS	55
2.6. CONCLUSION.....	55
3. RESULTATS.....	57
3.1. PARIS, PARIS ET LA PETITE COURONNE, ÎLE-DE-FRANCE	57
3.1.1. PARIS	59
3.1.2. PARIS ET LA PETITE COURONNE	60
3.1.3. L'ÎLE-DE-FRANCE	61
3.2. DES DIFFERENCES SIGNIFICATIVES	62
3.2.1. PARIS <i>VERSUS</i> PARIS ET PETITE COURONNE.....	63
3.2.2. ZONES DENSES <i>VERSUS</i> REGION.....	66
4. UNE ACTION DE VALORISATION : LE COLLOQUE EMUE.....	71
4.1. PRESENTATION	71
4.2. COMITES SCIENTIFIQUE ET D'ORGANISATION.....	72
4.2.1. COMITE SCIENTIFIQUE.....	72
4.2.2. COMITE D'ORGANISATION.....	72
4.3. PROGRAMME	72
CONCLUSION	77
BIBLIOGRAPHIE.....	81
ANNEXES	85
ANNEXE 1. FLUX PRIS EN COMPTE DANS LA METHODE EUROSTAT	85
ANNEXE 2. MATRICES ORGINE-DESTINATION D'APRES LA BASE DE DONNEES SITRAM.....	89
TABLES	85
TABLE DES ABREVIATIONS.....	93
TABLE DES FIGURES.....	94
TABLE DES TABLEAUX	95
TABLE DES MATIERES	97