L'empreinte environnementale de Paris

Gilles Billen[1*], S. Barles[2], Petros Chatzimpiros[1,2], Eunhye Kim[2], Josette Garnier[1]

[1]UMR Sisyphe 7619, Université P. et M. Curie – Paris 6, BP 105, Tour 56-55, Etage 4, 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France
[2]IFU, Paris XII, Cité Descartes, Champs sur Marne, France
[*]gilles.billen@upmc.fr

Résumé

L'empreinte environnementale d'une ville est l'influence qu'exerce cette ville du fait de son métabolisme sur les territoires qui l'entourent. La localisation, aussi bien que la nature de cette influence, déterminent le type de relations qui s'établissent, sur le temps long, entre la ville et les milieux ruraux qu'elle influence. Pour un aspect donné du métabolisme d'une ville, nous définissons l'hinterland comme le territoire d'approvisionnement de la ville dans la mesure où celui-ci est structuré par cette fonction. Nous examinons ici ces concepts dans le cas de l'approvisionnement de Paris en énergie, en nourriture et en eau potable.

1 – Introduction

Comme toutes les grandes agglomérations urbaines, la métropole parisienne exerce, sur les territoires ruraux, proches ou lointains, une demande considérable de produits alimentaires, énergétiques, de matériaux de construction, etc., qui entraîne en retour une influence structurante majeure sur les territoires qui l'approvisionnent. Les déchets de la consommation urbaine, s'ils ne sont pas recyclés sur place, affectent aussi énormément les milieux ruraux adjacents. C'est cette influence qui constitue l'empreinte environnementale d'une ville, et que nous cherchons à caractériser, à localiser et à examiner dans le temps.

Notre approche se démarque de celle qui préside à l'établissement de l'*empreinte écologique* telle que définie par Wackernagel et Rees (1996) comme le décompte des surfaces productives (en ha normalisés à l'échelle mondiale) nécessaires pour assurer les flux de consommation matérielle et énergétique et assimiler les déchets générés. Une critique qui peut être faite vis-à-vis de cette approche est d'abord qu'elle n'est pas spatialisée. Or la localisation des surfaces dont dépend une ville donnée n'est pas indifférente parce que leur productivité ou leur capacité à assimiler les déchets n'est pas la même partout, et la spécificité géographique des espaces exploités, ainsi que leur distance, nous semblent un aspect essentiel de l'empreinte. D'autre part, une hypothèse implicite de la démarche de Wackernagel et Rees est l'additivité des surfaces productives, érigeant en principe la mono-fonctionnalité des espaces, contre laquelle s'élèvent précisément nombre de voix !

Nous proposons donc une autre approche consistant à localiser les territoires sur lesquels s'exerce l'empreinte urbaine et à en analyser l'influence sur le fonctionnement de ces territoires, dans une perspective temporelle longue. La notion d'*Hinterland*, définie comme le territoire d'approvisionnement d'une ville, structuré par les relations qu'il entretient avec elle, est ainsi au cœur de la réflexion engagée. Un atelier international, organisé en septembre 2009 sur ce sujet, a également permis la comparaison avec d'autres grandes métropoles, pour éclairer les conséquences de certains choix de leur développement respectif (voir annexe ci-dessous).

Nous présentons ici quelques résultats de cette démarche appliquée à l'approvisionnement énergétique, alimentaire et en eau potable de Paris depuis la fin du XVIIIe siècle. Nous examinerons, pour ces trois aspects du métabolisme urbain, l'évolution du territoire d'approvisionnement correspondant et de ses relations avec la ville.

2 – L'approvisionnement en énergie, en nourriture et en eau potable de Paris

2.1. L'énergie

L'évolution de la consommation en énergie par habitant à Paris depuis le début du XIXe siècle a été établie par E. Kim (in prep) (Figure 1). Elle révèle des transitions rapides entre 'périodes énergétiques'. Le bois et le fourrage dominent jusqu'au début du XIXe s et fournissent près de 10 GJ/hab/an. Le charbon prend la première place à partir de 1840, et la consommation d'énergie finale se stabilise autour de 20 GJ/hab/an jusqu'en 1920, puis augmente jusqu'à 35 GJ/hab/an à la veille de la seconde guerre mondiale. C'est ensuite le pétrole qui supplante le charbon dès 1960, amenant la consommation totale d'énergie finale autour de 60 GJ/hab/an à la veille du premier choc pétrolier en 1973. Une diversification des sources d'énergie primaire intervient alors avec l'arrivée du gaz naturel et de l'électricité nucléaire, ce qui se solde par un accroissement de la consommation d'énergie primaire jusqu'à 95 GJ/hab/an, même si la consommation d'énergie finale se stabilise.

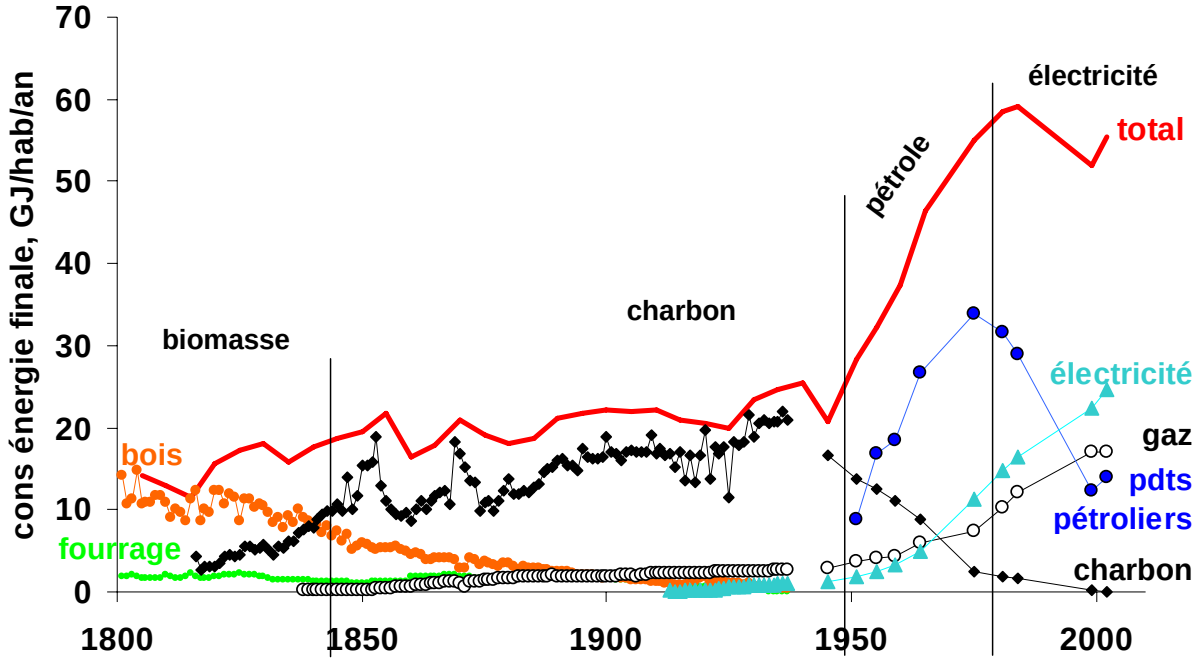


Figure 1. Evolution de la consommation en énergie finale par habitant dans l'agglomération parisienne. (Sources : E. Kim, Régistres de l'Octroi, DGEMP).

Sur cette longue période, l'éloignement progressif des sources d'approvisionnement énergétique par rapport à leur lieu de consommation finale peut être retracé. L'approvisionnement énergétique de Paris est d'abord centré sur des ressources renouvelables issues d'un bassin d'approvisionnent proche (Figure 2), largement organisé pour cette fonction (exemple du Morvan). Dès le XIXe siècle les sources s'éloignent (Figure 3), les sites de production se concentrent, puis une étroite interconnexion de réseaux complexes de transport d'énergie se met en place, reliant aujourd'hui, les unes aux autres, toutes les villes européennes, faisant perdre tout sens à la notion d'hinterland dans ce domaine (Figure 4).

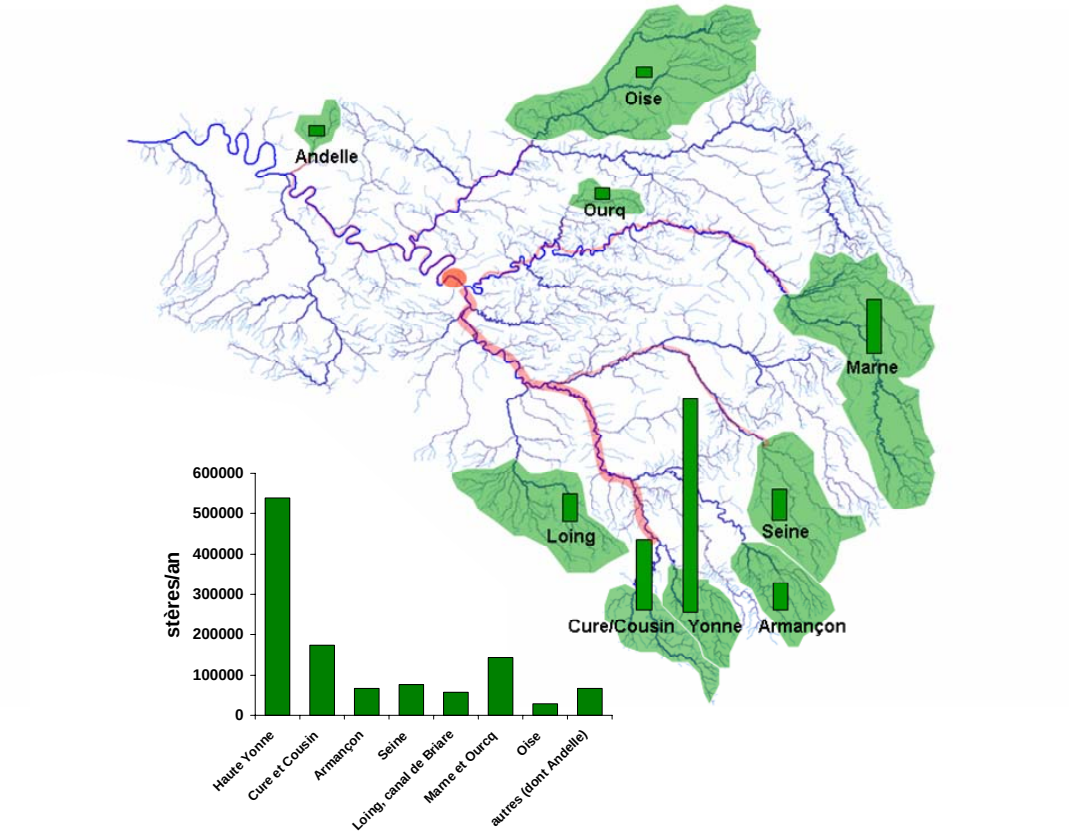


Figure 2. Approvisionnement en bois de Paris à la fin du XVIIIe siècle : selon J-L Magin (1789) *Rapport relatif à l'approvisionnement de Paris en bois et charbon* (cité par Reze,2002)

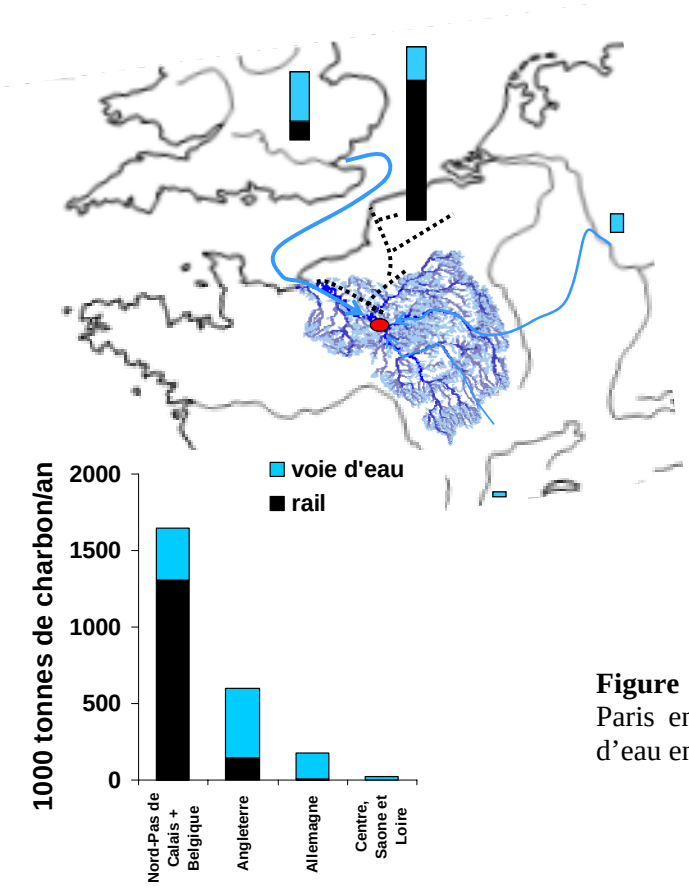


Figure 3. Approvisionnement de Paris en charbon par rail et voie d'eau en 1907 (E. Kim, unpubl)

.

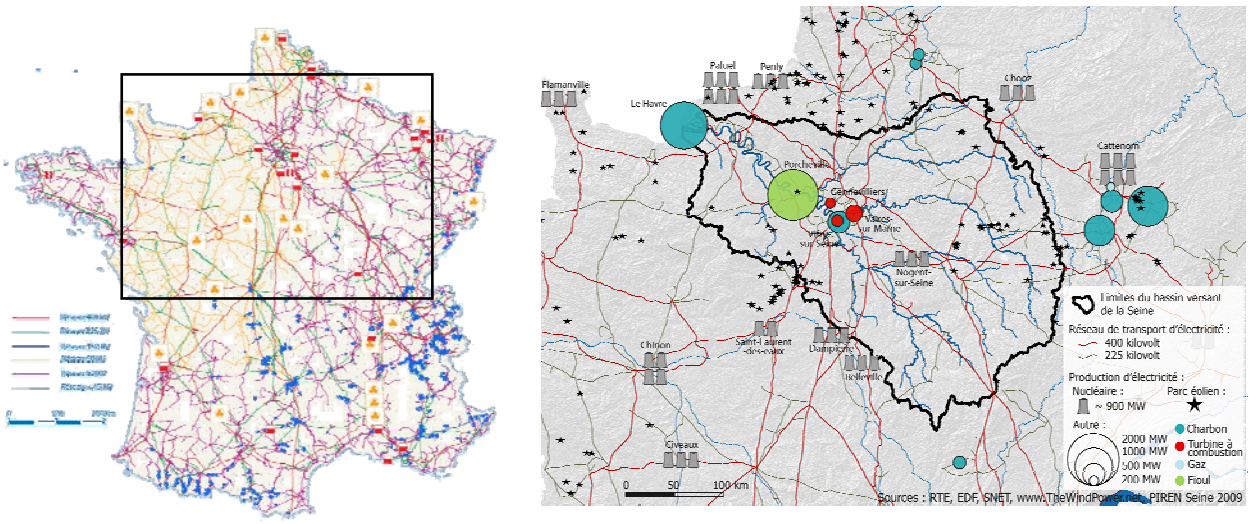


Figure 4. Réseau actuel d'approvisionnement de Paris en électricité

2.2. L'alimentation

Exprimé en contenu azoté (c'est-à-dire en protéines, la partie la plus vitale de l'alimentation), la ration alimentaire parisienne n'a pas beaucoup évolué depuis la fin du XVIIIIe siècle, passant au total d'une quinzaine à une vingtaine de gN par habitant et par jour. La part des protéines d'origine animale, s'est cependant fortement accrue au détriment des céréales au cours des cinquante dernières années (Figure 5).

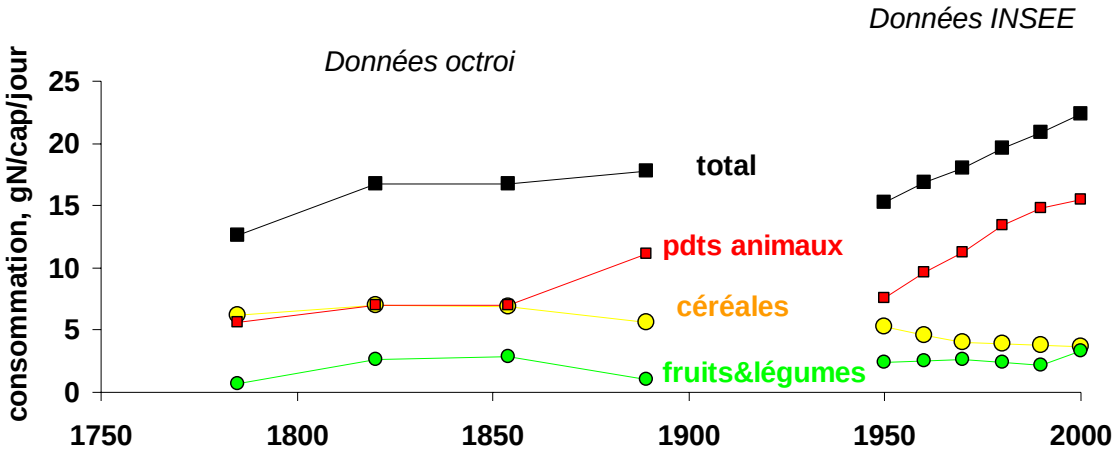


Figure 5. Régime alimentaire par habitant parisien depuis le XVIIIe siècle, exprimé en contenu azoté. . Part des fruits et légumes, des produits céréaliers et des produits animaux. (selon Billen et al, 2010)

L'aire d'approvisionnement alimentaire principale de Paris est longtemps restée confinée dans les limites du bassin de la Seine (en gros un cercle de 150 km² autour de la ville, avec des extensions pour l'approvisionnement en viande), alors que la capacité d'exportation du territoire rural suivait le développement de la ville (Figure 6), passant de 50 kgN/km²/an à la fin du XVIIIe (où Paris comptait 500 000 habitants) à 500 kgN/hab/an au début du XXe siècle (avec 5 millions d'habitants à Paris). Au cours des siècles, le milieu rural a donc évolué pour répondre à la demande urbaine et s'est profondément organisé

autour de cette demande, témoignant de liens très forts entre la ville et la campagne qui l'entoure. Dès le XVIIIe siècle, ces liens s'étaient déjà largement estompés dans le cas d'une ville comme Londres, qui avait opté beaucoup plus tôt pour un approvisionnement alimentaire à longue distance.

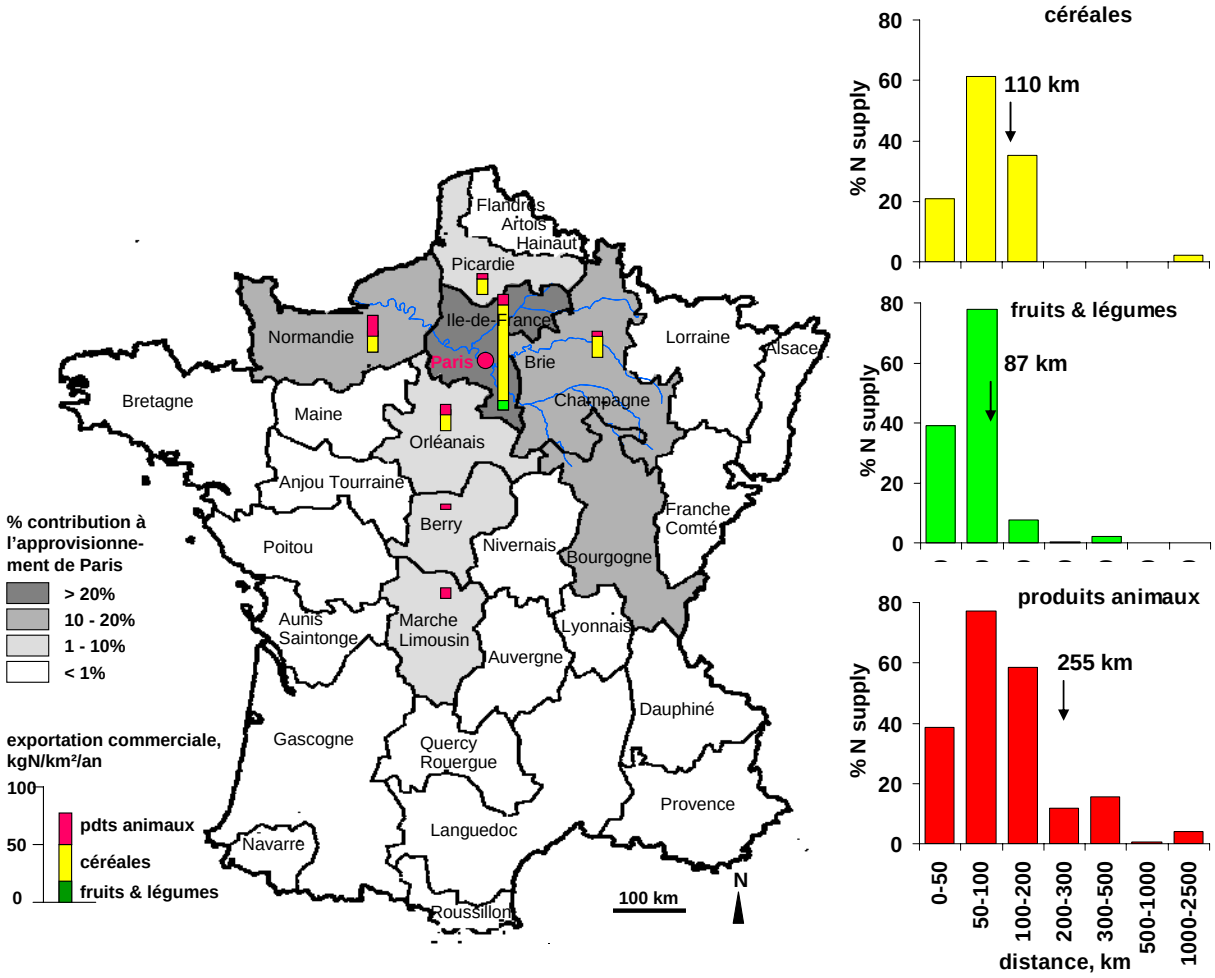


Figure 6. Origine de l'approvisionnement alimentaire de Paris à la fin du XVIIIe siècle. Selon Abad, 2002

Au cours du XXe siècle (surtout dans sa deuxième moitié), l'agglomération parisienne double encore sa population. Mais les rendements de l'agriculture moderne telle qu'elle est aujourd'hui pratiquée dans le bassin parisien font que la production céréalière y est 25 fois supérieure à la consommation de Paris. Paris a cessé de constituer le débouché principal de l'agriculture du bassin parisien qui exporte l'essentiel de sa production ailleurs, en France et à l'étranger, principalement vers des régions spécialisées dans l'élevage.

L'extension des échanges marchands mondiaux, lié au prix extrêmement faible des transports, ont complètement modifié les conditions de l'approvisionnement alimentaire de l'agglomération parisienne. Il extrêmement difficile aujourd'hui de définir l'origine de cet approvisionnement. L'analyse de la base de données SitraM des transports de marchandises est une approche possible. Elle présente cependant quelques biais, liés d'une part au fait qu'elle ne renseigne que les flux de marchandises entrant dans l'agglomération parisienne et qui n'y sont pas nécessairement consommés, puisque ¾ environ du flux total de produits alimentaires entrant dans la ville en sont ré-exportés. D'autre part, les données SitraM ne renseignent comme origine que les lieux de dernier chargement, qui peuvent masquer ainsi des origines beaucoup plus lointaines. L'image obtenue ainsi de l'origine de l'approvisionnement parisien actuel (Fig 7) semble toujours montrer un centrage assez fort autour de la ville, avec des distances moyennes de transport n'excédant pas 500 km pour les céréales, 660 km pour les fruits et légumes, et 800 km pour les produits animaux. Exprimés en azote, les importations à très longue distance les plus significatives concernent les

produits protéagineux en provenance d'Amérique du Sud et destinés à la production d'aliments pour bétail. Paris semble donc avoir gardé malgré tout un certain ancrage alimentaire dans son hinterland traditionnel.

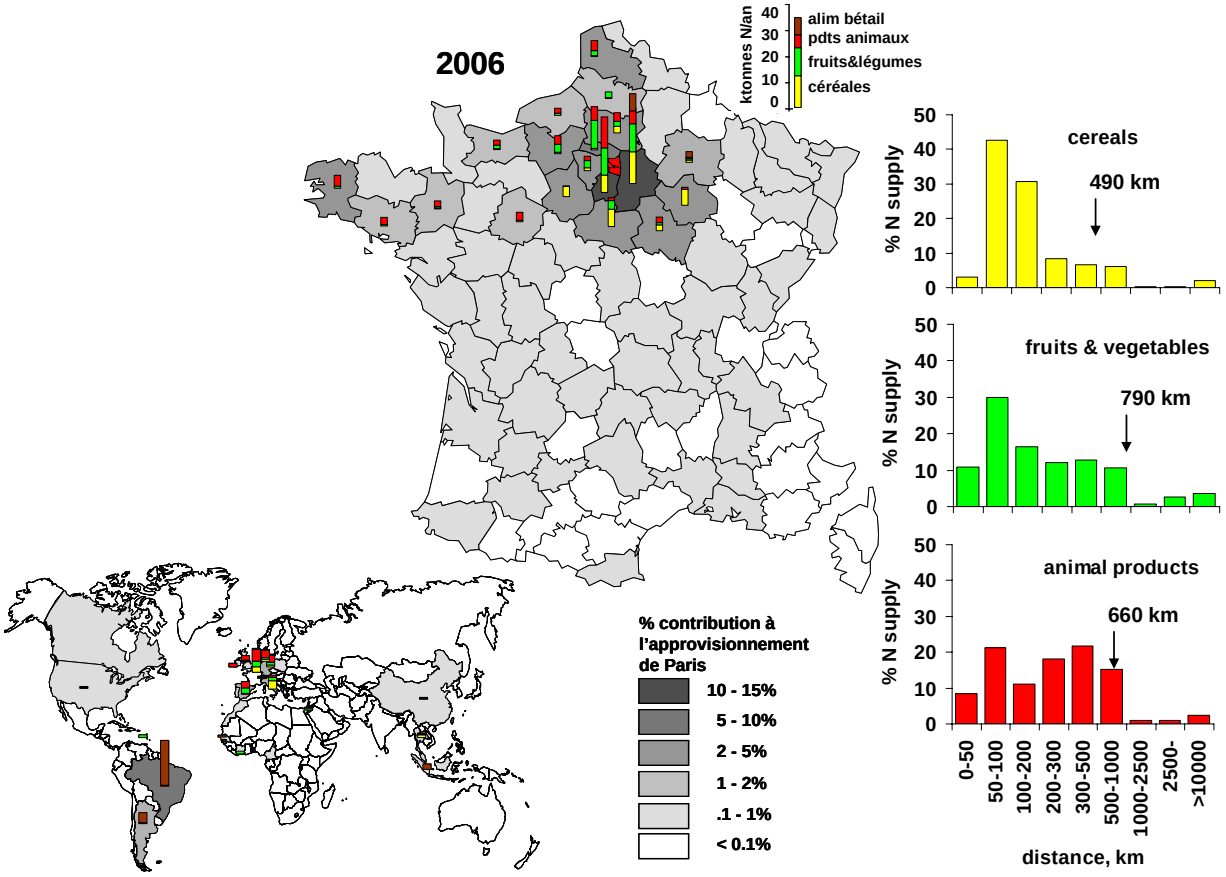


Figure 7. Origine des importations alimentaires de l'agglomération parisienne selon les données de la base SitraM (2006).

2.3. L'eau potable

La consommation d'eau potable depuis que s'est mis en place un système moderne de distribution publique est surtout caractérisée par la substitution d'usages collectifs dominants par une consommation privée maintenant dominante. Une tendance à la baisse de la consommation totale par habitant est perceptible depuis une décennie (Fig. 8).

En ce qui concerne l'aire d'approvisionnement en eau potable, Paris dépend bien évidemment toujours du Bassin de la Seine (Fig. 9). Mais l'agriculture productive qui a recours massivement aux engrais de synthèse et aux pesticides, rend ce territoire, qui produisait à la fois l'eau et la nourriture de la ville, de moins en moins capable d'assurer la première de ces deux fonctions.

Déjà certaines firmes commerciales utilisent cet argument pour convaincre de se détourner de l'eau de distribution et de se tourner, pour ce qui concerne la boisson, vers l'eau en bouteille, en provenance de territoires plus lointains.

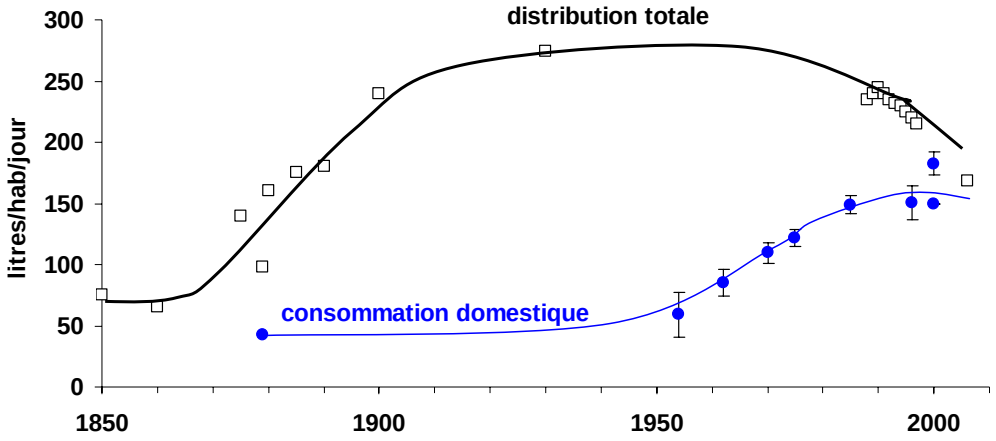
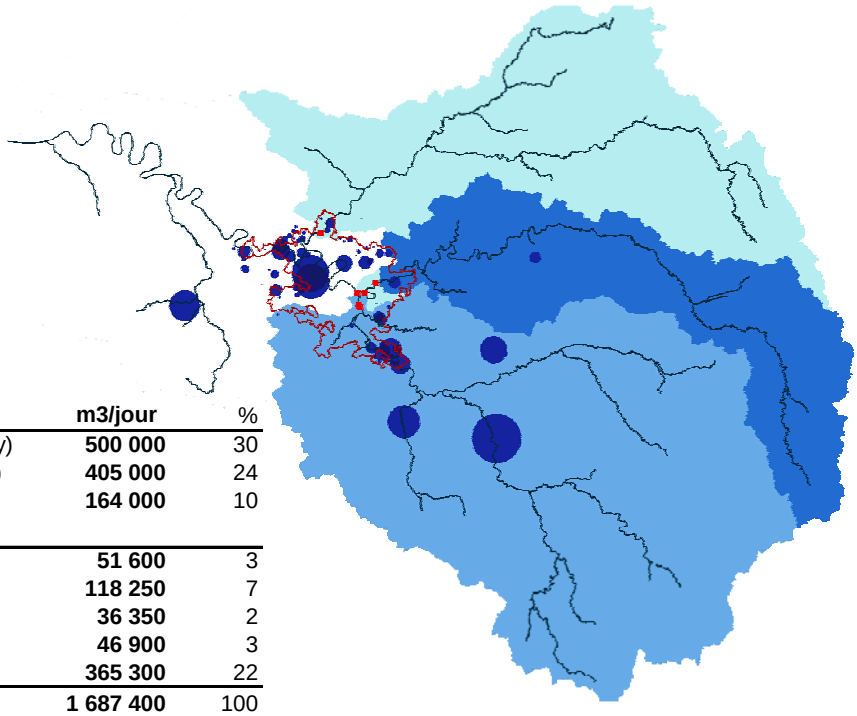


Figure 8. Distribution et consommation domestique d'eau potable (en litres/hab/jour) dans l'agglomération parisienne. Compilation de diverses sources: Mouchel et al, 1998; Barles, 2001; Montginoul, 2002)



eau de surface		m3/jour	%
Seine	(Choisy, Orly, Ivry)	500 000	30
Marne	(Neuilly, Joinville)	405 000	24
Oise	(Méry)	164 000	10
eau souterraines			
aqueduc du Loing		51 600	3
aqueduc de la Vanne		118 250	7
aqueduc de la Voulzie		36 350	2
aqueduc de l'Avre		46 900	3
autres		365 300	22
total		1 687 400	100

Figure 9. Origine de l'approvisionnement en eau potable de l'agglomération parisienne (2006) (M. Silvestre)

3 – L'avenir de l'empreinte environnementale de Paris

L'avenir des relations entre la métropole parisienne et les territoires proches ou lointains dont elle dépend pour son approvisionnement dépendra du poids relatif de deux tendances qui se font jour dès à présent dans l'évolution du fonctionnement de la société entre d'une part, la mondialisation croissante des échanges commerciaux et d'autre part, la volonté de ré-ancrage de la ville dans son territoire environnant.
La première tendance est très marquée dans les débats actuels autour de l'avenir du Grand Paris qui pour beaucoup passe surtout par la fluidité des déplacements vers l'aval et le port du Havre, ouvert sur l'international. Des voix s'élèvent cependant, issues de milieux associatifs et relayées notamment par le Conseil Régional d'Ile de France et son récent SDRIF, pour une relocalisation de l'économie francilienne. En matière d'approvisionnement alimentaire, le mouvement des AMAP (Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne), qui cherche à mettre en place des systèmes alternatifs de distribution alimentaire, non dépendants du marché conventionnel, et basés sur le contact direct et solidaire entre producteurs et consommateurs, est tout à fait emblématique de cette deuxième tendance. Ce mode de distribution alimentaire est évidemment tout à fait minoritaire, touchant à peine 0.2 % de la population francilienne. Son rapide développement (Fig. 10) témoigne cependant d'une aspiration réelle d'une partie de la population à maitriser davantage sa vie quotidienne et son environnement local. Ces pratiques sont-elles vouées à rester marginales, survivances nostalgiques d'un temps révolu, ou sont-elles les prémices d'un mouvement profond, qui s'alliant à la demande d'une eau potable de qualité, permettra de recréer des liens structurants entre la ville et le monde rural qui l'entoure ? Le mouvement des AMAP s'apparente peut être à ce que Cyria Emelianoff désigne comme « signal faible potentiellement annonciateur de changement ».

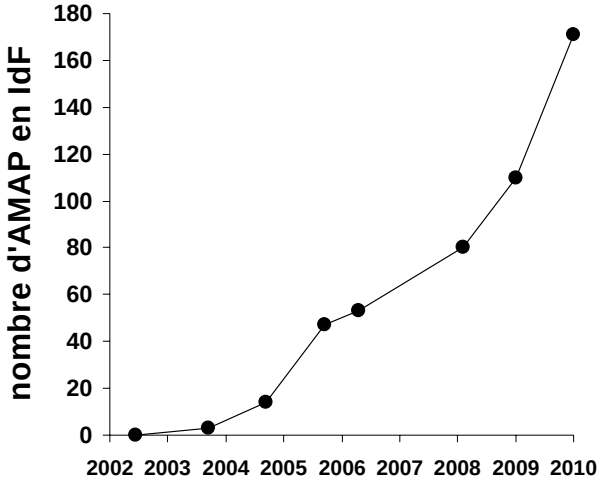


Figure 10. Evolution du nombre d'AMAP en Ile de France. (source : Fédération AMAP Ile-de-France)

4 – Références

Abad, R.(2002). Le Grand Marché : l'approvisionnement de Paris sous l'Ancien Régime. Fayard, Paris, 2002, 1030 pp.

Barles,S., Benoit P., Berthier, K., Billen, G., Boët, P., Boyer, F, Brunstein, D., Garnier, J., Guillerme, A., Lestel, L., Meybeck, M. (2002). Analyse rétrospective du fonctionnement du système Seine**.** Rapport de synthèse du PIREN-Seine 1998-2001. www.piren-Seine.fr

Billen, G., Barles S, Garnier J, Rouillard J. and Benoit P (2009). The Food-Print of Paris: Long term Reconstruction of the Nitrogen Flows imported to the City from its Rural Hinterland. *Regional Environmental Change* 9: 13-24

Emelianoff, C. (1999) La ville durable, un modèle émergent (Porto, Srasbourg, Gdansk). thèse de troisième cycle de géographie, Université d'Orléans.

IAURIF (2005). L'empreinte écologique des habitants de la région d'Ile-de-France. Note rapide sur le développement durable. N° 403. Décembre 2005.

Mouchel J.M.et al, (1998). Un bassin et des hommes. In La Seine en son Bassin, Meybeck,M., de Marsily, G & Fustec, E. Elsevier.

Montginoul, M. (2002) La consommation d'eau des ménages en France :Etat des lieux. Etude réalisée pour le Ministère de l'Ecologie.

Reze C. (2002) Les aménagements du réseau hydrographique du Morvan pour le flottage du bois, du XVIe au XVIIIe siècle. Mémoire de maîtrise d'archéologie ; Université Paris I-Panthéon-Sorbonne, 2002, 61 PP.

Wakernagel, M, Rees, W.(1996). Our ecological footprint: reducting human impact on earth. New Society Publishers, Gabriola Island, BC.

4 – Annexe :

Colloque international sur les Empreintes environnementales Urbaines

(Paris, 10-11 septembre 2009)

Ce colloque a rassemblé 25 participants issus d'Europe et d'Amérique du Nord pour comparer les empreintes urbaines de quelques grandes métropoles occidentales en matière d'énergie, d'approvisionnement alimentaire et en eau potable sur une période allant du Moyen Age à l'actuel.
Un accord a été obtenu de la direction éditoriale de la revue *Regional Environmental Change* pour la rédaction d'un numéro spécial consacré à l'histoire de l'empreinte environnementale des villes, qui constituera les Actes de ce Colloque. Le volume comprendra une douzaine d'articles présentant d'une part des études sectorielles de cas, permettant la comparaison de la situation parisienne avec celle d'autres métropoles européennes et nord-américaines, et d'autre part, plusieurs articles de synthèse rédigés collectivement avec les participants étrangers au colloque de septembre 2009. La table des matières proposée pour ce numéro est donnée ci-dessous.

Regional Environemental Change (Springer)

Projet de Table des matières (approuvé par la direction éditoriale) :

History of Urban Environmental Imprint

Relationships of occidental cities with their surrounding rural territories

We define the imprint of a city as the influence it exerts on the surrounding territories as a consequence of its metabolism. Following the introduction of the Ecological Footprint concept by Wackernagel and Rees (1996), standardized methods for aggregatively quantifying the imprint have been developed. We consider however that it is equally important to localize the various imprints of cities and to understand the responses of the affected territories over a long term historical perspective.

In September 2009, a group of biogeochemists, agronomists, historians, civil engineers and economists (list appended) met in Paris for a 2 days workshop, for comparing the case studies of a number of European and North American cities and addressing the following questions:

How did the development of cities in Europe and North America interact with the surrounding rural territories? How did these interactions change?

What remains in the present days of the interactions of occidental cities with their former hinterland? Can we still define the hinterland of a city in a globalized, web-connected world?
What are the reasons to try re-linking cities to their surrounding territories?

The proposed special issue of *Regional Environmental Change* would be devoted to the presentation of the case studies discussed during this workshop along with the reflexions issued from the discussions hold during and after the meeting.

Table of content

1. Introduction (a brief multi author paper, lead by the meeting organizers)
To present (and justify the choice of) the case studies (Paris, London, Brussels, Vienna, Barcelona, Athens, New York and Providence) in a comparative way.
To explain the approach, to set the basic questions, and provide an analytical summary of the results.

Cases studies

2. Grain and Meat to feed Paris: (P. Chatzimpiros, G. Billen, S. Barles, J. Garnier)
From the middle ages to the 21st century, the changing balance between cereal cultivation and animal farming in the rural territories surrounding Paris.

3. Feeding and fuelling London (D. Keene)
An overview of the findings of various projects on medieval London, set in a European context, and compared with the case of Paris.

4. The energy consumption of Paris and its imprints, from 18th century to present (E. Kim and S. Barles)
From wood and hay to oil and electricity: a reconstruction of the per capita primary and final energy use of Paris inhabitants. Changes in the energy supply areas, and gradual connection to international energy networks.

5. How metal use influence Paris's imprint (L. Lestel)
Changes in the metal (Zn, Pb, Cu) supplying areas of Paris, from a large number of small national mines, to a highly centralized supply from a few huge primary transformation sites of imported ores. The urban accumulation of large stocks of metals are at the origin of several urban diseases and leakage to the environment.

6. The changing food, energy and water supply areas of New York City (D. Swaney, RW Howarth, K. Donaghy, R. Santoro)
Changes in food and energy supply of New York City since the early 19th century. The gradual exclusion of agriculture from the water supplying areas.

7. Water flows in Barcelona (1717-2008): Turning points in a long-term evolution of water urban metabolism (J.R. Ostos, E. Telo)

8. The growing water imprint of Athens (K. Hadjibiros, M.L. Stergiouli)

9. Drinking water supply & wastewater disposal of Providence (W.Fullweiler & S. Nixon)

10. Environmental history of a city and its river: the spatial and the physical dimensions of the Viennese Danube, 1501-1900 (S. Gingrich, G. Haidvogl, F. Krausmann)

Concluding synthesis papers: Urban imprints and the changing concept of Hinterland

11. Economical and biogeochemical constraints to urban food supply (*Multi authored paper lead by G.Billen and D.Keene)*
Combining biogeochemical models and von Thünen-like approaches to explain observed trends in cities supply areas and specialization of agriculture in rural territories, before and after Haber Bosch.

12. The changing concept of the city's Hinterland (*Multi-authored paper lead by K. Donaghy)*
What remains in the present days of the interactions of occidental cities with their former hinterland? In a globalized, web-connected world where material exchanges are dominated by international markets, water supply is often the only issue for which proximity still matters, so that this becomes the central criterion for defining the hinterland of a city.
Are there reasons to try re-linking cities to their surrounding territories?