

Utilisation et mobilisation des ressources en eau et en éléments nutritifs dans l'agglomération parisienne aux XIX et XXe siècles.

Sabine Barles¹ et Laurence Lestel²

¹ *Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines, UMR CNRS 7136 Architecture, urbanisme, société, Institut Français d'Urbanisme, Institut français d'Urbanisme, 4 rue Nobel, Cité Descartes, F-77420 Champs-sur-Marne, sabine.barles@univ-paris8.fr*

² *CDHT-CNAM, 5 rue du Vertbois, 75003 Paris*

1. Introduction.....	1
2. The nitrogen question: urbanisation, industrialisation and river quality, Paris (France), second half of the 19th century	2
2.1. The degradation of the Seine	2
2.2. From organic matter to nitrogen	3
2.3. The solution	4
2.4. Conclusion	5
3. Le cycle de l'azote alimentaire à Paris vers 1820.....	6
3.1. Population	6
3.2. Entrées	7
3.2.1 Farine	7
3.2.2 Bétail.....	8
3.2.3 Autres aliments destinés à la consommation humaine connus par l'octroi.....	9
3.2.4 Autres aliments destinés à la consommation humaine non connus par l'octroi.....	11
3.2.5 Aliments et litière des chevaux	12
3.2.6 Chevaux morts	12
3.2.7 Bilan.....	12
3.3. La transformation des aliments.....	13
3.3.1 Avant consommation	13
3.3.2 Après consommation	14
3.3.3 L'engrais humain	14
3.3.4 L'engrais équin	15
3.3.5 Les boues	15
3.3.6 Bilan.....	16
3.4. Le cycle de l'azote dans la chaîne alimentaire.....	16
4. Conclusions et perspectives	16
5. Bibliographie	17

1. Introduction

Les travaux rétrospectifs portant sur les deux derniers siècles se sont pour l'année 2003 concentrés sur l'azote urbain. En effet, la phase III du PIREN-Seine a permis de lancer un certain nombre de travaux exploratoires et partiels concernant le cycle urbain de l'azote. L'impact des techniques de stockage, de collecte et de valorisation et ou de traitement des *excreta* humains et des eaux urbaines a ainsi pu être évalué pour les deux derniers siècles, bien que la quantification ne soit pas encore totalement aboutie. Pour la phase IV, il s'agit d'aller plus loin dans l'analyse du métabolisme urbain et en particulier du cycle parisien de l'azote et de l'effet trophique de la capitale.

Outre l'importance de celui-ci au titre des éléments biogènes, le choix de l'azote est motivé tant par le rôle considérable qu'il joue dans l'industrie parisienne dès le début du XIXe siècle, donc par les importants flux correspondants, que par l'abondance relative des sources disponibles compte tenu de l'intérêt porté par les contemporains à la « question de l'azote », qu'il soit envisagé comme

une ressource industrielle ou agricole (fertilisant) ou comme un facteur de contamination de l'eau et d'insalubrité urbaine. À titre d'exemple, il est probable que l'étude directe du phosphore serait beaucoup plus hasardeuse, dans la mesure où l'intérêt pour cet élément est moins précoce et moins constant en milieu urbain¹.

Pour l'année 2003, les travaux se sont engagés dans deux directions qui poursuivent les travaux de 2002 :

- analyse de la question de l'azote telle qu'elle est envisagée au XIXe siècle ;
- travail sur le cycle de l'azote alimentaire et exploitation des données pour l'année 1820.

2. The nitrogen question: urbanisation, industrialisation and river quality, Paris (France), second half of the 19th century²

Since the 1840s, river Seine experienced a severe degradation due to population and urban growth, sewerage development, industrial activities. According to scientists, organic matter was the main reason for river corruption. In the same time, nitrogen was considered as indispensable for agriculture. The increasing amount of urban nitrogen was actually considered both as a problem and as an asset. The interest in nitrogen led to the first nitrogen balance and nitrogen flow accounting. In the meantime, it led to the search for nitrogen losses reduction for hygienic, environmental and agricultural reasons (not always with the expected results). Therefore, and considering the second half of the 19th century, river protection against organic matter and nitrogen compounds cannot be understood without taking into account the whole nitrogen question.

2.1. The degradation of the Seine

In 1844, Rambuteau, prefect of the Seine department, asks two scientists, Boutron-Chalard and Ossian Henry, to examine the quality of drinking water in Paris. Completed in 1847, the study concludes that water from the Seine "yet less pure since its mixing with water from Marne, becomes less and less pure as, going through the large city, it receives water from Bièvre, waters from canal Saint-Martin [...], those of Arcueil and a huge quantity of household and industrial waters; lots of salts, and especially nitrates, increase as reaching downstream of the city." (Henry & Henry 1858, p. 524) This marks a turning point considering the river Seine quality, as until this time, it was praised for its purity.

The deterioration underwent by the river Seine became worse and worse in the next decades, as demonstrates analysis of oxygen by Gérardin and Boudet in 1874 (Figuier 1873-1876, vol. 3, p. 144). Oxygen content remains very low and rises to its natural level only at Mantes, 109 km downstream of Paris (Arnould 1889, p. 780). Using Gérardin's distinction between blue waters and green waters, which are "dull and lustreless", Napias (1882, p. 180, 186) writes: "The Seine is blue in Corbeil. It is green in Paris and remains green as far as Caudebec-en-Caux". "Green waters are more and more common; there are also some which are grey, brown or black", adds Arnould (1889, p. 155).

Organic matter is the main reason pointed out for river pollution. Henry (1858, p. 517) emphasizes "the often disastrous influence of organic matters". Napias (1882, p. 186) adds: "these are organic matters which more actively contribute to turn blue waters into green waters". Responsible for oxygen depletion and increasing rates of hydrogen sulphide, nitrates, nitrites and chlorures, organic matter has great influence on water fauna and flora. Furthermore, as states Justin Dromel (1875, p. 17), the Seine "has reached, downstream of Paris, a degree of impurity which should no longer be tolerated; this river draws, within 130 km, serious threats of disease and death for its riverside population."

¹ Son analyse pourrait néanmoins être envisagée dans de futurs travaux.

² Nous reprenons ici le texte de la communication à la 2^e conférence internationale de l'European Society for Environmental History (ESEH), Prague, sept. 2003 (Barles, Lestel, 2003).

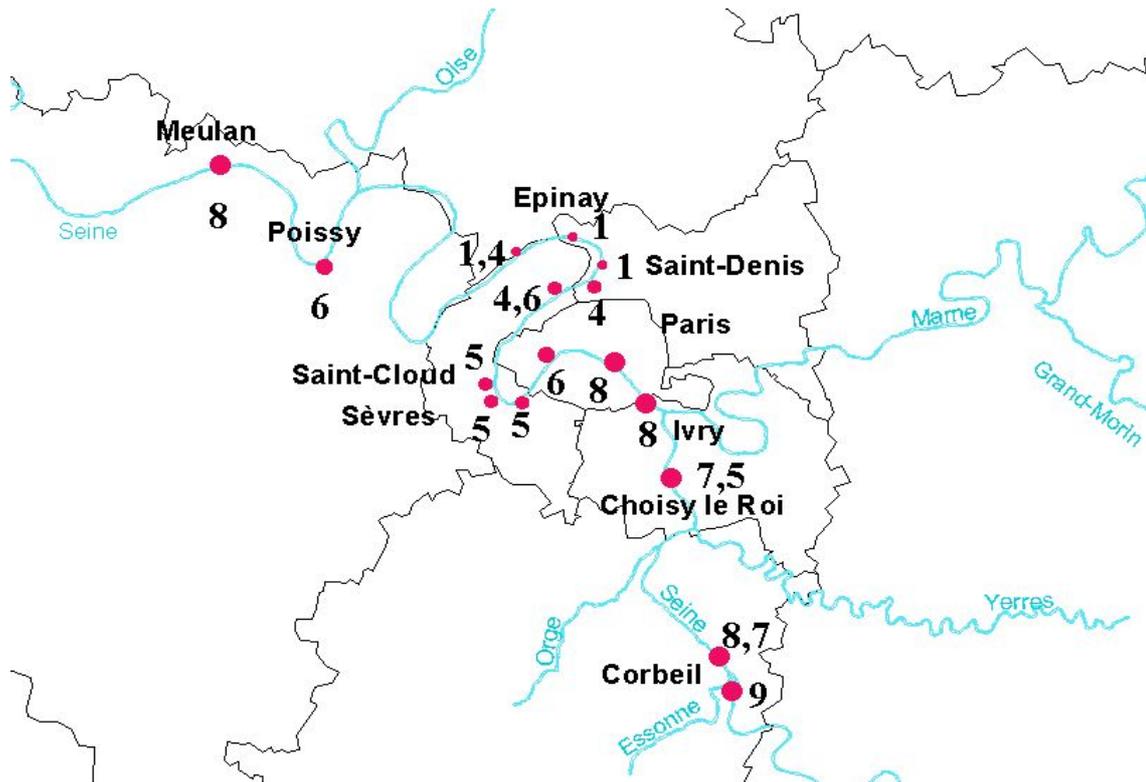


Figure 1 : Oxygen content in the river Seine, 1874 (ml/l) (Gérardin A.-C. 1875).

The reasons for high organic matter levels are also well known: “1° discharge of water from streets, household water³, storm water and a notable quantity of urine from public or clandestine urinals; those waters are usually discharged to river through underground pipes; 2° accidental or systematic discharge of night soil; 3° industrial waters discharge” (Arnould 1889, p. 152).

Paris and its suburbs actually experience great changes since the beginning of the 19th century. The Seine department population grows from 630,000 inhabitants in 1806 (580,000 of which in Paris) to 1,422,064 (1,053,261 in Paris) in 1851, 3,670,000 in 1901 (2,710,000 in Paris). The first water and sewer works, dedicated to street cleansing for hygienic purpose, leads to an increase in polluted water discharge to the river. Since 1852, household water (except water from privies) has to be discharged to sewers. In order to protect Parisian population from insalubrity in the city, great sewer works begin during the 1850s with the main purpose of discharging waters downstream of Paris. In the meantime, industry develops, in and downstream of Paris.

2.2. From organic matter to nitrogen

Even if the main problem remains organic matter, nitrogen appears in debates about water quality. First, because nitrogen compounds are often associated to organic matter. “Substances which are considered as signs of fermentation in water” (Arnould 1889, p. 215) are then ammonia, nitrites, nitrates, carbonic acid, oxygen (depletion).

But there is another reason for taking into account nitrogen compounds. As Nathalie Jas emphasises (2001, p. 59), “in the 1820s, well in advance of any scientific understanding of plant nutrition, a veritable “manure rush” was taking shape”. France’s population is growing, urbanisation proceeding apace; all these people have to be fed. Thus, it is necessary to improve agricultural yield. Even if the question of plant nutrition is disputed, and particularly the problem of nitrogen cycle, nitrogen appears as soon as the 1830s to be one of the main plant nutrient (at least in France). “One of

³ In this case, household water doesn’t include water from privies collected in cesspools.

the most beautiful problems with agriculture lies in the art of getting low cost nitrogen” (Dumas 1844, p. 28). Payen and Boussingault’s analysis about nitrogen content in various fertilizers are the basis of most of the literature about fertilisation.

Agriculture is looking for nitrogen, and the city is soon to become its chief mine, at least in people’s minds if not in actual fact, and Paris is the biggest of these. The title of Durand-Claye’s paper in 1872 is very revealing: “Municipal cleansing: the quantity of nitrogenous matter removed from Paris every day”. The interest in nitrogen led to the first nitrogen balance and nitrogen flow accounting.

2.3. The solution

The extraordinary and increasing amount of urban nitrogen is actually considered both as a problem and as an asset: a problem because as associated with organic matter, nitrogen appears as a part of urban and water corruption; an asset because as involved in fertilizers production, urban nitrogen is considered as an essential and valuable raw material. It also has a great influence upon technical choice about sanitation. In Paris, night soil is providing a dry fertilizer since the end of the 18th century. But cesspools are criticised for their unhealthiness and public authorities, public engineers and hygienists are looking for a better way to manage both human waste and sewage.

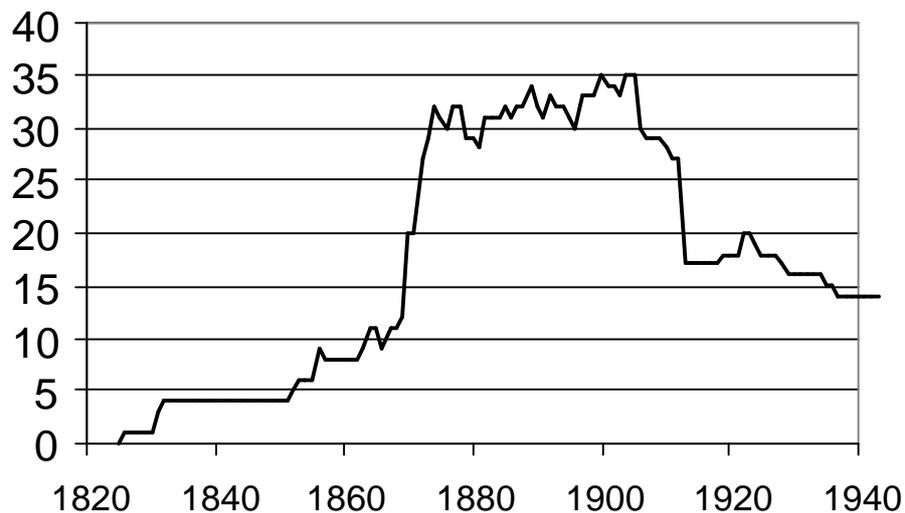


Figure 2 : Fertilizers fabrics or store in Plaine Saint-Denis (north of Paris), 1820-1940⁴.

Tableau 1 : Fertilisers used in the department of Seine, 1892 (Vincey 1896).

Street sludge (t)	223,760
Bedding manure (t)	576,425
Sewer water (m ³)	37,125,162
Mineral fertiliser (t)	598
Night soil cesspits (t)	1,995
Dried night soil (<i>poudrette</i>) (t)	21

“This is with the aim of condensing this huge quantity of nitrogen comprised in all putrefying animal matters that some are executing the yet proposed construction of large sewers parallel to great rivers and catching all of the excremental substances coming from houses.” (Henry & Henry 1858, p. 556). Since the 1860s, Parisian engineers promote the combined system as a way to improve public

⁴ It results from the analysis of an industrial inventory done by the Ogée Association, completed by the Dreif (Public works regional direction of the Ile de France) and Laurence Lestel.

health and river quality and to make sewage profitable as it will reach large sewage farms allowing plant production: “one tonne of sewage is worth 0.10 fr, or in other words would cost 0.10 fr to manufacture, this representing no more than the cost of purchasing the raw material” (Mille, Durand-Claye 1869, p. 10). At the very beginning of the 20th century, sewage farms for Paris cover 5,000 hectares.

A similar point of view can be observed about industrial water. Napias (1882, p. 194) emphasises agricultural utilisation as “the true way of cleansing for industries where organic matter is involved” and quotes successful cases in Trappes and Gonesse (Seine-et-Oise). Arnould (1889, p. 792) adds “irrigation is again the safest and costless way to avoid staining of rivers with factories.”

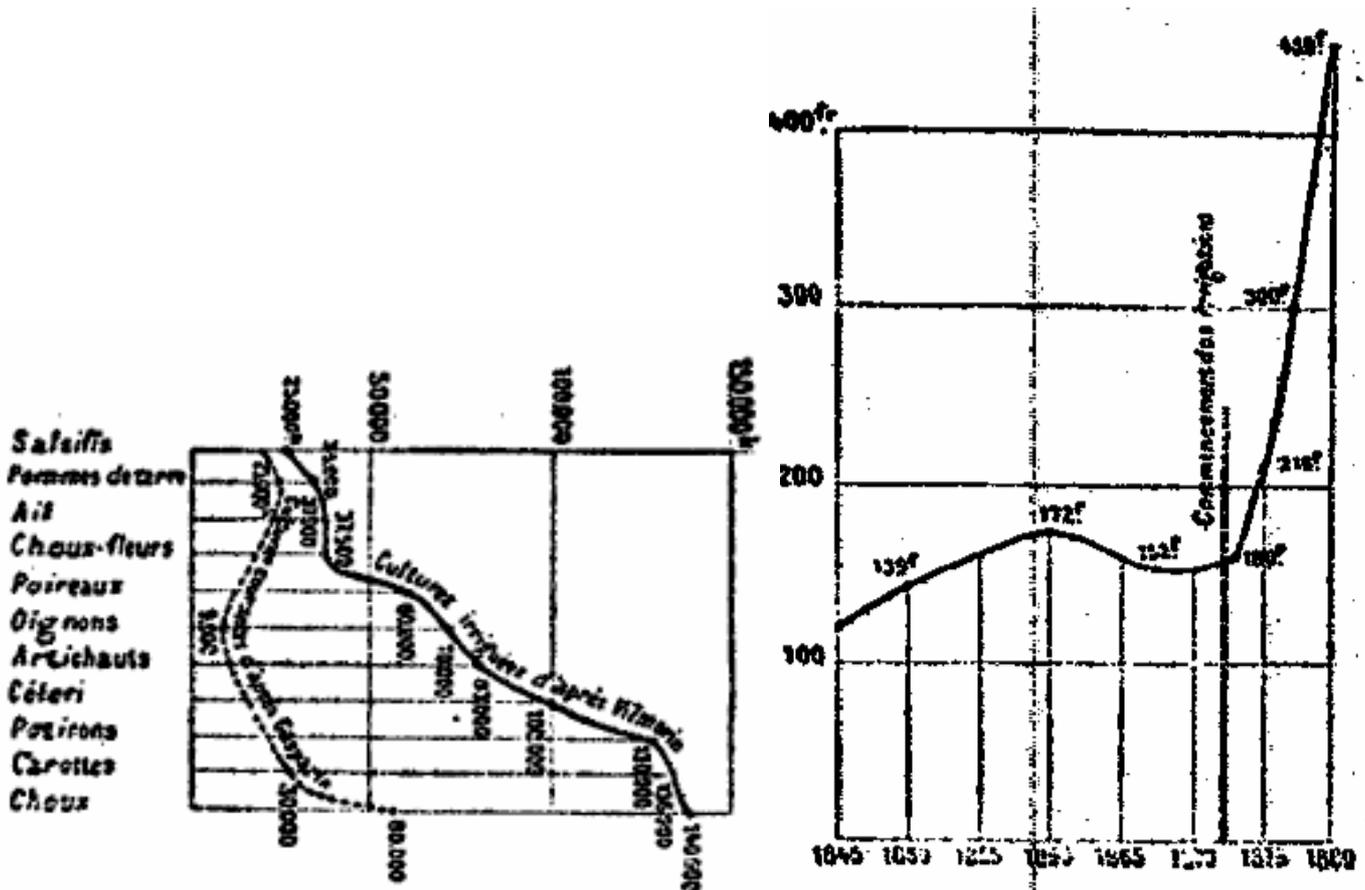


Figure 3 : Agricultural yield (kg/ha) and rental value in sewage farms (FF/ha) (Napias, Martin 1882).

2.4. Conclusion

Considering the second half of the 19th century and the Parisian case, river protection against organic matter and nitrogen compounds cannot be understood without taking into account the whole nitrogen question (and, since the 1870s and to a less extent, the phosphorous and potash questions). “Closing the loop” appears as a way of cleansing city, reducing river pollution and allowing human nutrition — a second step is now to assess the results of those metabolic attempts, whose success seems limited.

On the contrary, during the 20th century and especially the inter-two wars, the agricultural issue disappears as new sources of nitrogen are found, the hygienic issue seems less relevant as hygienic conditions are considerably improved in the city; then the environmental issue is not important enough by itself to lead to new and relevant river protection against nitrogen pollution.

Tableau 2 : Nitrogen origin in french fertilisers, 1905-1930 (Pascal 1932, vol. 3, p. 667).

	« Natural nitrogen »	Nitrogen from coal	Synthetic nitrogen
1905	67.7	32.3	0
1920	43.9	31.7	24.4
1930	19.1	16.0	64.9

3. Le cycle de l'azote alimentaire à Paris vers 1820

Le premier XIXe siècle constitue une période de transition, au cours de laquelle l'industrie se développe principalement dans la ville, mais aussi à ses portes. Cette industrie s'alimente en partie de matières premières urbaines (Barles 2004).

Par ailleurs, l'eau est loin d'être le vecteur d'azote (et d'excreta) qu'elle constituera plus tard : la distribution reste faible, principalement tournée vers l'espace public et son nettoyage. Le rejet des eaux ménagères se fait à la rue, les eaux-vannes sont quasiment inexistantes, les toilettes étant sèches.

Il s'agit donc d'une première étape dans l'industrialisation et l'urbanisation dont on cherche la traduction en termes de métabolisme, d'effet trophique de la ville, et dont l'étude prendra tout son sens lorsqu'on pourra la comparer aux périodes ultérieures.

La date de 1820 a été retenue en raison des sources disponibles. En effet, les données de l'octroi ne nous permettent pas d'accéder à l'ensemble des entrées de matière dans la ville : certains aliments ne sont pas taxés (farine par exemple) de même que l'essentiel des matières premières industrielles. Nous avons donc complété ces sources par les données fournies par Benoiston de Châteauneuf (1820) d'une part, et les *Recherches statistiques sur la ville de Paris et le département de la Seine* d'autre part. Le premier reprend la démarche de Lavoisier dans les années 1780 et s'intéresse aux consommations de Paris (en se basant sur les résultats du recensement de 1817 pour la population), tandis que les secondes contiennent de précieuses informations sur l'industrie parisienne au début des années 1820, bien qu'elles soient probablement partielles.

Nous avons d'abord envisagé le métabolisme de l'azote alimentaire et les résultats présentés ici doivent être considérés comme provisoires.

3.1. Population

La population parisienne est relativement bien connue grâce aux recensements, à l'erreur près de ceux-ci, soit, pour 1817 : 713 966 habitants sur 3 370 hectares. Compte tenu de la croissance de la population, il paraît plus pertinent de considérer la population annuelle moyenne, établie sur la base du taux de croissance annuel moyen entre deux recensements, qui donne, pour 1817, 716 421 habitants.

Mais l'étude de la chaîne alimentaire ne saurait s'arrêter là : les Parisiens ne consomment pas seuls les denrées alimentaires importées dans la capitale, compte tenu de l'importance de la population animale. Il semble donc important de prendre en compte, autant que faire se peut, cette population, afin de vérifier son rôle dans la chaîne alimentaire.

La population de chevaux n'est pas connue directement, mais évaluée à partir des consommations d'avoine et de foin, connues grâce aux statistiques de l'octroi (*cf.* ci-dessous), les importations étant entièrement destinées aux chevaux (Tableau 3). On estime ainsi que la ration moyenne du cheval est de 4/3 de botte de foin (bottes de 5 kg), soit 6,67 kg, et 15 litres d'avoine par jour (*Recherches...* 1821-1860). Cette méthode, qui fait consensus chez les contemporains, semble assez fiable pour le premier XIXe siècle, elle ne le sera plus après, les rations se diversifiant.

La population de bovins n'est pas connue, mais l'on sait qu'un certain nombre de vaches résident dans la capitale, afin d'assurer la production de lait. En 1823, on compte ainsi 326 nourrisseurs de bestiaux à Paris (*Recherches...* 2 1823), tandis que la population de vaches est estimée à 2 300 vingt ans plus tard (Husson 1856, p. 275).

Tableau 3 : Estimation du nombre de chevaux, Paris, 1817.

Entrées à l'octroi de		Nombre de chevaux d'après la consommation de		Nombre de chevaux
Foin (bottes)	Avoine (hl)	Foin	Avoine	Moyenne
8 369 118	858 010	17 197	15 671	16 434

Les chiens et les chats ne font l'objet d'aucun recensement précis, les premiers n'étant taxés qu'à partir de 1856⁵, les seconds échappant toujours à la statistique. Benoiston de Châteauneuf cite néanmoins Malouin qui, dans son *Art du boulanger*, estime que l'on compte à Paris un chien pour seize habitants, un chat pour trente, soit pour notre année 1817 44 750 chiens et 23 867 chats. On peut estimer que le rôle de ces derniers dans la consommation alimentaire demeure faible, compte tenu d'une part de la petitesse de leur ration, d'autre part de l'importance de la consommation locale (rongeurs, oiseaux, etc.). Quant aux chiens, ils sont en partie nourris des résidus de la consommation humaine, en partie de viande de cheval (encore interdite à la consommation humaine). Malouin estime que chiens et chats consomment environ 6 millions de livres de pain par an, Benoiston de Châteauneuf ajoute que ces « calculs exagérés sans doute il y a trente ans, mais qui pourraient l'être beaucoup moins aujourd'hui » (Benoiston de Châteauneuf 1821, p. 36). Quoi qu'il en soit, ces six millions de livres ne représentent que 2,3 % de la consommation totale de pain.

Chevaux, bovins, chiens et chats ne constituent pas les seuls animaux parisiens, loin s'en faut. Les sources relatives aux porcs, à la basse-cour font néanmoins défaut.

Tableau 4 : La biocénose parisienne, 1817, inventaire partiel

	Effectif
Hommes, femmes, enfants	716 000
Chevaux	16 500
Vaches	~ 2 000
Chiens	45 000
Chats	24 000
Autres	inconnu

3.2. Entrées

3.2.1 Farine

La farine n'étant pas taxée à l'octroi, il faut avoir recours à d'autres sources afin d'en évaluer les entrées. Nous reprendrons ici les calculs de Benoiston de Châteauneuf, eux-mêmes basés sur ceux établis par la préfecture de Police grâce à une enquête réalisée auprès de la communauté des 570 boulangers de Paris. La farine à destination alimentaire (*i. e.* à l'exception de celle qui entre dans la fabrication de la colle et de l'amidon) est évaluée à 1 800 sacs de 325 livres par jour, 1 700 d'entre eux allant à la fabrication du pain, les 100 derniers à celle de la pâtisserie, des darioles, etc.

Tableau 5 : Importations de farine à usage alimentaire, Paris, 1817.

	sacs/j	poids du sac (livres)	poids du sac (kg)	kg/j	t/an
Boulangers	1 700	325	159	270 449	98 714
Pâtisseries, darioleurs	100	325	159	15 909	5 807
Total	1 800			286 358	104 521

Toujours d'après Benoiston de Châteauneuf, un sac de farine permet la fabrication de 102 pains de 4 livres, soit une production annuelle totale de pain de 128 276 tonnes, en considérant

⁵ La taxe sur les chiens avait pour objectif de limiter leur prolifération donc la propagation de la rage (Arnould 1889, p. 1356). Elle a été maintenue jusqu'en 1958.

l'intégralité de cette farine convertie en pain (on pourrait parler d'« équivalent-pain »). Les importations de pain sont supposées identiques aux exportations.

Tableau 6 : Fabrication de pain, Paris, 1817.

	sacs/j	livres/sac	kg/sac	kg/j	livres/an	t/an
Citadins	1 760			351 442	262 056 000	128 276
Chiens et chats	40	408	200	8 047	6 000 000	2 937
Total	1 800	408	200	359 489	268 056 000	131 213

3.2.2 Bétail

L'essentiel de la viande consommée arrive dans la capitale sur pied, pour d'évidentes raisons de conservation. Ces importations sont bien connues par les statistiques de l'octroi. Ces animaux sont acheminés vers les tueries et boucheries où ils sont abattus, dépecés et découpés, et où sont séparées les matières inutiles (en très petite quantité) généralement rejetées sur la voie publique, les matières à usage industriel, et enfin les matières à usage alimentaire, vendues aux citadins.

Tableau 7 : Poids unitaire du bétail, Paris, première moitié du XIXe siècle.

	Viande		Abats et issues		Total	
	livres	kg	livres	kg	livres	kg
Bœufs	450	220	206	101	656	321
Vaches	450	220	206	101	656	321
Veaux	90	44	41	20	131	64
Moutons	36	18	17	8	53	26
Cochons	160	78	73	36	233	114

Tableau 8 : Matières contenues dans le bœuf, Paris, première moitié du XIXe siècle.

Destination	poids en kg	
Alimentation	Viande	223
Industrie, matières inutiles	Cuir	30
	Suif	23
	Tête, pieds et fressure	23
	Sang et immondices	28
Total		325

Tableau 9 : Importation de bétail et de viande, Paris, 1817.

	Nombre	Viande (t)	Abats et issues (t)	Poids total (t)
Bœufs	69 955	15 390	6 996	22 386
Vaches	8 978	1 975	898	2 873
Veaux	77 056	3 390	1 541	4 932
Moutons	335 933	6 047	2 687	8 734
Porcs	69 684	5 435	2 509	7 944
Total	561 606	32 238	14 631	46 868

Le Tableau 7 indique, pour chaque espèce considérée, la quantité de viande que l'on peut en extraire, d'après Benoiston de Châteauneuf. Le poids total de l'animal en a été déduit sur la base d'un calcul présenté dans les *Recherches statistiques sur la ville de Paris (...)*, portant sur le bœuf, et évaluant à 24/35 la part de la viande (Tableau 8). Les deux approches sont d'ailleurs cohérentes, le « bœuf moyen » des *recherches statistiques...* pesant 325 kg et donnant 222,5 kg de viande, le « bœuf moyen » de Benoiston de Châteauneuf en donnant 220 kg. Nous avons appliqué le même coefficient afin de calculer le poids unitaire des autres animaux. Cette approche, valable pour la vache, l'est peut-être moins pour les veaux, moutons, et surtout cochons, pour lesquels on peut soupçonner que la proportion de viande ou plus généralement de matière alimentaire est plus importante. Nous conservons néanmoins cette approximation, faute d'autre information. Une autre question importante

est celle des os, qui sont dans la viande puisque vendus avec elle, et qui jouent un rôle industriel important. Pour l'année 1817, les résultats sont présentés dans le Tableau 9.

3.2.3 *Autres aliments destinés à la consommation humaine connus par l'octroi*

- Volaille et gibier

Tableau 10 : Importations de volaille et gibier, Paris, 1817 (Benoiston de Châteauneuf 1820, p. 61).

	Nombre	Poids unitaire		Poids total (t)
		Livres, onces	Kg	
Dindons gras et autres	549 000	6 livres	2,94	1 612
Chapons et poulardes	251 000	3,50 livres	1,71	430
Oies	328 000	4,00 livres	1,96	642
Canards	174 000	1,75 livres	0,86	149
Poulets	2 289 000	1,75 livres	0,86	1 961
Pigeons	931 000	4,00 onces	0,12	114
Perdrix	131 000	4,00 onces	0,12	16
Lapins	177 000	4,00 livres	1,96	347
Lièvres	29 000	5,00 livres	2,45	71
Total	4 859 000			5 342

- Marée, saline, poisson d'eau douce

Les statistiques de l'octroi auxquelles nous avons eu accès ne comprennent pas le détail des ventes de poissons et autres animaux aquatiques, mais uniquement le produit global en termes de taxe. Nous nous reporterons aux travaux de Philippe (1961) et de Benoiston de Châteauneuf pour une première évaluation.

En ce qui concerne le poisson d'eau douce, les importations des années 1780 sont reprises par Benoiston de Châteauneuf. Ce sont elles qui ont permis à Philippe (1961) d'estimer la consommation, en évaluant le poids moyen de la carpe à 2 kg, celui des autres poissons et crustacés à 0,4 kg. Benoiston de Châteauneuf signale en outre que la consommation des années 1810 représente le tiers de celle des années 1780 : « la destruction des communautés religieuses, la cessation de l'observance des jours maigres, a rendu l'usage de cet aliment moins fréquent. » (Benoiston de Châteauneuf 1820, p. 63). C'est sur cette base que nous établissons la consommation de 1817 (Tableau 11).

Tableau 11 : Importation de poisson d'eau douce, Paris, années 1780, et estimation pour 1817.

	nombre	1789	poids total (t)	1817	poids total (t)
		poids unitaire (kg)		nombre	
Carpes	800 000	2	1 600	266 667	533
Brochets	30 000			10 000	
Anguilles	56 000			18 667	
Tanches	30 000	0,4	79	10 000	27
Perches	6 000			2 000	
Écrevisses	75 000			25 000	
Total	997 000		1 679	332 333	560

En outre, Benoiston de Châteauneuf signale que la marée (poisson frais) et la saline (poisson importé tout salé) est restée stable. Nous reprendrons donc les estimations de Philippe pour celles-ci.

Tableau 12 : Importation de poisson, Paris, estimation pour 1817.

	Poids (t)	Remarque
Poisson d'eau douce	560	Un tiers de la consommation des années 1780
Marée	1 200	Même consommation que dans les années 1780
Saline	3 900	Même consommation que dans les années 1780
Total	5 660	

• Œufs, beurre et fromage

Tableau 13 : Importation d'œufs, beurre et fromage, Paris, 1817.

	D'après l'octroi	Poids (t)	Remarque
Œufs	74 000 000 unités	3 700	Sur la base de 20 œufs au kg
Beurre	6 233 240 livres	3 051	
Fromage	1 380 125 kg	1 380	Frais ou sec ?

• Liquides (hors eau et lait)

Il s'agit des vins, cidre, poiré, bière, eau de vie. Le Tableau 14 montre que notre année 1817 n'est à ce titre guère représentative, puisqu'elle est caractérisée par une chute de la consommation de vin au profit des autres boissons, et en particulier de l'eau-de-vie. Comme le note Benoiston de Châteauneuf « avec la cherté du vin, on en voit diminuer l'usage, tandis que celui de la bière et surtout du cidre, augmente. Ni l'une ni l'autre de ces deux boissons n'est habituelle au peuple, et quand le vin lui manque, c'est à l'eau-de-vie qu'il a recours ; fatale habitude qui n'accroît que le gain du débitant, sans accroître les forces du consommateur. » (Benoiston de Châteauneuf 1820, p. 57) Nous retiendrons néanmoins les chiffres de 1817 pour plus de cohérence⁶.

Tableau 14 : Alimentation liquide (hors eau et lait), Paris, 1809-1817, 1822-1824.

	Vin (hl)	Cidre et poiré (hl)	Bière (hl)	Eau-de-vie (hl)
1809	992 201	11 850	60 542	20 276
1810	968 831	12 083	94 819	33 701
1811	941 008	17 436	96 764	39 927
1812	886 608	14 076	62 375	41 625
1813	811 103	27 448	52 607	41 358
1814	722 419	30 612	71 238	58 818
1815	510 387	20 873	79 334	45 714
1816	588 346	29 886	72 813	52 274
1817	413 184	38 368	44 135	80 000
1818				
1819				
1820				
1821				
1822	838 513	8 955	176 759	42 764
1823	915 958	11 465	130 069	51 416
1824	967 465	12 022	154 405	53 313

En outre, si le vin peut être considéré comme entièrement importé — la production locale, non comprise dans le Tableau 14, s'élèverait à 760 muids par an soit 2 090 hl/a selon Benoiston de Châteauneuf — les statistiques comprennent une partie de production locale pour les autres boissons. Pour le cidre, il s'agirait d'« une petite quantité » (Benoiston de Châteauneuf 1820, p. 54), mais plus épineux sont les cas de la bière et de l'eau-de-vie.

Pour la première, les *Recherches statistiques...* nous indiquent, pour 1823, que le département de la Seine comprend 45 fabricants, dont 35 à Paris. La production du département s'élève alors à 136 842 hl de bière, dont 129 102 hl consommé *intra muros*, pour lesquels des droits ont été perçus. Pour la même année, le volume de bière soumis à l'octroi parisien se monte à 130 069 hl ; en d'autres

⁶ L'effet en termes de flux d'azote est par ailleurs limité.

termes, on peut en conclure que l'intégralité de la bière consommée par les Parisiens est produite par l'industrie alimentaire locale, et résulte des importations de houblon et d'orge. Nous verrons que si la bière pèse peu dans le bilan d'azote des Parisiens, il n'en va pas de même de son industrie, qui sera abordée ultérieurement.

Pour la seconde, les mêmes *Recherches statistiques...* nous donnent, pour 1821, 32 fabricants, tous situés dans Paris. Leur production s'élève alors à 14 000 hl d'eau-de-vie, quand le volume soumis à l'octroi atteint 42 784 hl. Nous ne savons pas encore s'il comprend cette production locale. Tant que nous ne nous intéressons qu'au bilan d'azote des Parisiens, cette inconnue est sans effet puisque la teneur en azote de l'eau-de-vie est nulle. En revanche, l'industrie de l'eau-de-vie met en jeu de grandes quantités d'azote dont l'effet est probablement loin d'être négligeable pour le milieu aquatique, auxquelles nous nous intéresserons au chapitre de l'industrie alimentaire.

3.2.4 *Autres aliments destinés à la consommation humaine non connus par l'octroi*

Tout n'est pas taxé, comme nous l'avons vu dans le cas de la farine. Il en va de même d'autres produits, qui peuvent être évalués soit par le mouvement des halles et marchés, soit de manière plus indirecte.

• Légumes et fruits

En nous reportant à Benoiston de Châteauneuf, nous accédons aux consommations de légumes et pommes de terre. Ces données devront être affinées, sachant que Benoiston de Châteauneuf lui-même affirme ne pas avoir trouvé d'informations accessibles concernant les légumes et fruits dans leur ensemble.

Tableau 15 : Importations de légumes secs et pommes de terre, Paris, 1817.

	setiers	hl	t
Haricots secs	66 600	103 896	
Lentilles	40 000	62 400	
Pois secs	36 000	56 160	
Pommes de terre	216 000	336 960	24 741

• Café, cacao, sucre

Tableau 16 : Consommation de café, cacao et sucre, Paris, 1817.

	Livres	Tonnes	Remarque
Café	5 000 000	2 448	Soit le double des années 1780
Cacao	500 000	245	
Sucre	11 000 000	5 385	

Si la teneur en azote du sucre est nulle, son raffinage n'est pas neutre du point de vue du bilan d'azote. En effet, celui-ci a essentiellement lieu à Paris. Nous y reviendrons lorsque nous traiterons de l'industrie alimentaire.

• Pâtes et riz

Le produit des pâtes d'Italie et du riz est estimé à un million de francs par Benoiston de Châteauneuf.

• Lait

La consommation de lait est inconnue. Benoiston de Châteauneuf signale que « Des conjectures très-vagues et qui ne reposent que sur quelques faits particuliers, nous donneraient à penser que la vente ne va pas en dessous de six à huit millions [de francs] par an. C'est supposer que les 225,000 ménages que l'on compte dans Paris, consomment pour deux sous de lait chacun, par jour, et cette supposition n'a rien que la sévérité du raisonnement ne puisse admettre. » (Benoiston de

Châteauneuf 1820, p. 87). Une partie du lait consommé est produite par les nourrisseurs locaux, l'autre est importée des environs. Afin d'en évaluer la quantité, nous avons considéré les chiffres fournis par Husson (1856) pour l'année 1843 : on aurait alors importé 63 145 000 litres de lait. En supposant l'importation unitaire constante (64 l/hab/an), on évalue l'importation pour 1817 à 45 500 000 litres.

3.2.5 Aliments et litière des chevaux

On estime, en 1829, que l'intégralité des fourrages importés à Paris est destinée aux chevaux, que ce soit pour leur alimentation ou pour leur litière, nous ferons la même hypothèse pour notre année de référence. Nous avons vu que c'est d'ailleurs sur la base des consommations d'avoine et de foin qu'est calculé le nombre de chevaux.

Tableau 17 : Importations de fourrage, Paris, 1817.

	D'après l'octroi	Tonnes
Foin, luzerne	8 369 118 bottes	41 846
Paille	11 066 211 bottes	55 331
Avoine	858 010 hl	42 901

3.2.6 Chevaux morts

Jusqu'au Second Empire, la viande de cheval est interdite à la consommation humaine, et sert notamment à l'alimentation des chiens, sachant qu'un cheval moyen donne 164 kg de chair musculaire (Parent-Duchâtelet 1832). Or, les chantiers d'équarrissage de la ville de Paris n'accueillent pas que les chevaux résidant dans la capitale, mais reçoivent aussi « des chevaux amenés des pays environnants pour être abattus en raison de leur vieillesse, ou de leurs infirmités » (*Recherches...* 2 1823), et qui représentent les trois quarts des chevaux qui y sont abattus. Il est donc nécessaire de quantifier cette importation. D'après les *Recherches...*, 35 chevaux sont abattus chaque jour en moyenne à Paris. Comme le montre le Tableau 18, les quantités d'azote concernées sont négligeables, que l'on considère l'hypothèse basse (abattage 300 jours par an) ou l'hypothèse haute (moyenne donnée par les *Recherches...* calculée sur la base de l'abattage annuel et ne prenant pas en compte les jours non travaillés).

Tableau 18 : Importations de viande de cheval

		hypothèse basse	hypothèse haute
Chevaux	abattus	10 500	12 775
	dont importés	7 875	9 581
Viande	poids unitaire (kg/cheval)	164	164
	poids total (t)	1 722	2 095
	dont importée (t)	1 292	1 571
	%N	3,4	3,4
total N (tN)		59	71
dont importé (tN)		44	53

3.2.7 Bilan

Nous pouvons ainsi dresser un premier bilan des apports alimentaires, que nous diviserons en quatre postes :

- les aliments issus de l'industrie alimentaire locale,
- la viande,
- les autres aliments destinés à la consommation humaine,
- les fourrages.

Le Tableau 19 résume ces résultats, et propose une première évaluation des quantités d'azote mises en jeu. Les teneurs en azote sont essentiellement issues des précédents travaux de Gilles Billen

(Barles *et al.* 2002), et ont été complétées par d'autres sources, essentiellement puisées dans la littérature agronomique du XIXe siècle.

Les entrées dans la chaîne alimentaire se montent ainsi à près de 4 300 tN pour l'alimentation humaine, 1 400 tN pour l'alimentation équine, soit près de 5 700 tN au total. L'alimentation et la litière des chevaux — et par conséquent le transport — représentent ainsi un quart des apports en azote alimentaire. Ramenés à l'habitant, ses apports s'élèvent à 16 gN/hab/j pour l'alimentation humaine, et 22 gN/hab/j au total.

Tableau 19 : Bilan des entrées alimentaires, Paris, 1817.

	t	%N	tN
Alimentation humaine			
Industrie alimentaire locale			
Bière	4 414	0,05	2
Eau-de-vie	8 000	0	0
Sucre	5385	0	0
Sous-total	17 799		2
Viande issue du bétail			
Sous-total	32 238	3,4	1 096
Autres aliments			
Pain	131 213	1,444	1 895
Volaille et gibier	5 342	3,4	182
Poisson	5 660	3,4	192
Œufs	3 700	2,1	78
Beurre	3 051	0,14	4
Fromage	1 381	3,7	51
Lait	45 539	0,5	228
Café	2 448	0,17	4
Cacao	245	0,17	0
Haricots secs (m ³)	10 390	2,1	218
Lentilles (m ³)	6 240	2,1	131
Pois secs (m ³)	5 616	2,1	118
Pommes de terre	24 741	0,3	74
Vin	41 318	0,034	14
Cidre	3 837	0,05	2
Sous-total	245 182		3 191
Total alim humaine	295 219		4 290
Fourrages			
Foin	41 846	0,8	335
Paille	55 331	0,45	249
Avoine	42 901	1,92	824
Total fourrages	140 077		1 407
TOTAL ALIMENTATION HUMAINE + ÉQUINE			
TOTAL	435 296		5 697

3.3. La transformation des aliments

3.3.1 Avant consommation

Une fois les aliments entrés dans la ville, ils subissent pour certains d'entre eux quelques transformations (par exemple fabrication de chocolat à partir du cacao), la plupart sont amenés sur les marchés, puis vendus aux détaillants ou aux citadins. Ceux-ci les transformeront à nouveau avant des les consommer.

Cette étape se traduit par un certain nombre de pertes. Les marchés fournissent en effet d'abondantes boues, très chargées en matières organiques — et pour cette raison très prisées des cultivateurs —, les bouchers, tripiers, et autres charcutiers, les citadins rejettent sur la voie publique et les matières dont ils n'ont que faire, et, pour ces derniers, leurs eaux ménagères, dont le rejet à l'égout est interdit jusqu'en 1852 à Paris. Il est probable que les animaux tels que chiens, chats, basse-cour, rongeurs se nourrissent d'une partie de ces excréta (voir ci-dessus pour le pain). Par ailleurs, les chiffonniers en récupèrent aussi une partie, et notamment les os, très utilisés par l'artisanat et l'industrie. Toujours est-il que la formation de la boue de rue résulte en partie du métabolisme alimentaire urbain.

3.3.2 Après consommation

Les urines et excréments des Parisiens sont recueillis dans des fosses d'aisances par l'intermédiaire des latrines sèches. Ces fosses sont périodiquement vidangées et les matières extraites, les vidanges, apportées par voitures à la voirie de Montfaucon, vaste espace situé au pied de la butte Chaumont dans lequel elles sont transformées en poudrette, engrais pulvérulent très en vogue commercialisé auprès des cultivateurs. Comprendre la partie aval du cycle humain de l'azote nécessite donc une étude précise de ces processus de transformation.

Par ailleurs, les chevaux provoquent la formation de fumiers dans les écuries, fumiers eux aussi très prisés, vendus et exportés vers la couronne maraîchère et agricole. Ils contribuent par ailleurs à la formation de la boue de rue, elle aussi exportée vers les zones agricoles et maraîchères.

Nous devons donc prendre en compte deux sources d'azote : les excréta humains et équin, qui se trouvent sous diverses formes dans trois composés solides, les fumiers, les boues et les vidanges, sachant qu'à chaque étape de leur stockage, collecte ou transformation, il faudra identifier des pertes atmosphériques, vers le milieu aquatique (ruissellement) et vers le sol (infiltration).

3.3.3 L'engrais humain

Afin de déterminer cette partie du cycle humain de l'azote, nous reprendrons un calcul précédemment effectué pour l'année 1815 (Barles 2002), années choisie pour l'abondance des sources, en le corrigeant de la population de 1817 (Tableau 20).

Tableau 20 : Métabolisme humain : azote produit par les parisiens, azote collecté, azote valorisé, Paris, 1815 et 1817.

Azote		1815	1817
Produit	Population	689 993	716 421
	gN/hab/j	10	10
	tN/an	2 518	2 615
Collecté	Vidanges extraites (m ³)	45 000	46 274
	kgN/m ³	20	20
	tN/an	900	934
Valorisé	Poudrette (m ³)	9 000	9 345
	kgN/m ³	13	13
	tN/an	117	121

Pour 1815, nous avons supposé un rejet d'azote de 10 grammes par habitant et par jour, soit environ 2 500 tonnes par an pour la capitale. Connaissant les volumes extraits des fosses d'aisances (45 000 m³), et en faisant l'hypothèse d'une teneur en azote de 20 kg/m³, nous pouvons en déduire la quantité d'azote contenue dans les vidanges, soit 900 t. Le rendement en poudrette est alors estimé à 20 %, c'est-à-dire que 100 m³ de vidange permettent la production de 20 m³ de poudrette, dont la teneur en azote est estimée à 13 kg/m³. On aurait donc produit, en 1815, 9 000 m³ de poudrette contenant 120 tN.

Compte tenu de l'accroissement de la population (+ 3,8 % entre 1815 et 1817), et en considérant que les teneurs en azote sont restées stables, hypothèse valable compte tenu de la faible

durée écoulée⁷, ces chiffres sont portés à 2 615 tN pour l'azote produit, 934 tN pour l'azote collecté, 121 tN pour l'azote valorisé.

Les pertes sont donc considérables — le rendement total n'atteint pas 5 % —, et interviennent d'une part lors du stockage dans les fosses d'aisances, d'autre part lors de la fabrication de l'engrais. Le séjour dans les fosses d'aisances induit en effet la perte des deux tiers de l'azote expulsé, en grande partie en raison des infiltrations dans le sous-sol, les fosses étant rarement étanches. La contamination des sols et de la nappe superficielle (et par conséquent des puits) est d'ailleurs longuement et souventes fois dénoncée par les contemporains. La transformation en poudrette, opération longue, se traduit quant à elle non seulement par l'infiltration et le ruissellement d'eaux ammoniacales qui rejoignent la Seine, mais aussi et surtout par une importante dissipation atmosphérique. Ce faible rendement de la fabrication de la poudrette (13 % en azote) est d'ailleurs dénoncé dès les années 1850, le chimiste Maxime Paulet soulignant les « graves défauts de cette méthode, qui fait perdre dans l'atmosphère la plus grande partie des produits utiles à la végétation. » (Paulet 1853, p. 127).

3.3.4 L'engrais équin

La production d'azote liée aux chevaux est plus difficile à évaluer et à localiser. Leurs excréta se trouvent à la fois dans la rue, mêlés aux boues, et dans l'écurie puis dans le fumier — et l'on peut supposer que le ruissellement est non négligeable —, ce qui signifie considérer aussi l'apport d'azote imputable à la paille.

La consultation de la littérature agronomique contemporaine nous donne quelques analyses des excréta de chevaux. Parmi celles-ci, nous avons retenu celles de Girardin et Du Breuil, les plus complètes (Tableau 21), sachant qu'elles ne s'éloignent guère des résultats d'autres savants.

Tableau 21 : Rejets azotés des chevaux (16 500 animaux), Paris, 1817 (Girardin, Du Breuil 1885).

	kg/cheval/j	%N	gN/cheval/j	t/an	tN/an
Crottin	14,2	0,55	78	85 177	468
Urine	1,33	2,61	35	7 978	208
Total	15,53	0,73	113	93 155	677

Reste à savoir où vont ces déjections. Faisant l'hypothèse d'une collecte méticuleuse, dans l'écurie et dans la rue, compte tenu de la haute valeur du fumier de cheval et de la pénurie d'engrais caractéristique de cette période, nous supposons que seul un cinquième de celles-ci sont abandonnées (provisoirement) à la rue, le reste étant soit émis à l'écurie, soit à l'extérieur, mais récupéré. Nous en tirons les résultats présentés dans le Tableau 22. En supposant une perte de 25 % pour le fumier, ce sont 593 tN qui sont exportées à l'engrais.

Tableau 22 : Localisation des déjections de chevaux (16 500 animaux), Paris, 1817.

	kg/cheval/j	%N	gN/cheval/j	t/an	tN/an
Émis dans l'écurie ou récolté dans la rue	12,42	0,73	90	74 524	541
Paille	9,22	0,45	42	55 331	249
Ensemble écurie et assimilé	21,65	0,61	132	129 855	790
Abandonné dans la rue	3,11	0,73	23	18 631	135
Total	24,75	0,62	154	148 486	926

3.3.5 Les boues

Les déjections équines abandonnées dans la rue se trouvent mêlées à la boue avec les autres excréta que nous avons mentionnés plus haut. Le ruissellement, les pertes atmosphériques appauvrissent celle-ci, bien qu'elle trouve un débouché agricole, faute d'une offre d'engrais suffisante. En 1825, elles représentent 700 m³/j, chiffre que nous conserverons pour notre année 1817. Les analyses de boues sont rares, et nous retiendrons celle qui est mentionnée par Paul Vincey en 1896,

⁷ La tendance des vidanges est à la liquéfaction, donc à une diminution de la teneur en azote.

certes tardive, mais faute de mieux. Bref, selon l'agronome, la boue parisienne titrerait 0,38 % d'azote en poids, pour une densité de 0,5 (Vincey 1896).

Tableau 23 : Les boues, Paris, 1817.

	m ³ /j	m ³ /an	t/an	%N	tN/an
Boue	700	255 500	127 750	0,38	485

3.3.6 Bilan

Au total, les sorties sous forme de matières solides destinées à l'agriculture sont résumées dans le Tableau 24.

Tableau 24 : Bilan des sorties à destination de l'agriculture (engrais), Paris, 1817.

	tN/an	%
Poudrette	121	10
Fumier	593	49
Boue	485	40
Total	1 473	100

3.4. Le cycle de l'azote dans la chaîne alimentaire

La Figure 4 présente la circulation de l'azote alimentaire à Paris vers 1820 d'après les premiers résultats que nous avons pu obtenir. On constate l'importance de l'alimentation des chevaux (donc le poids du secteur des transports) dans les apports et dans la fourniture d'engrais. Par ailleurs, les sorties se font avec des ordres de grandeur voisins vers le sous-sol, l'eau, l'air et l'agriculture.

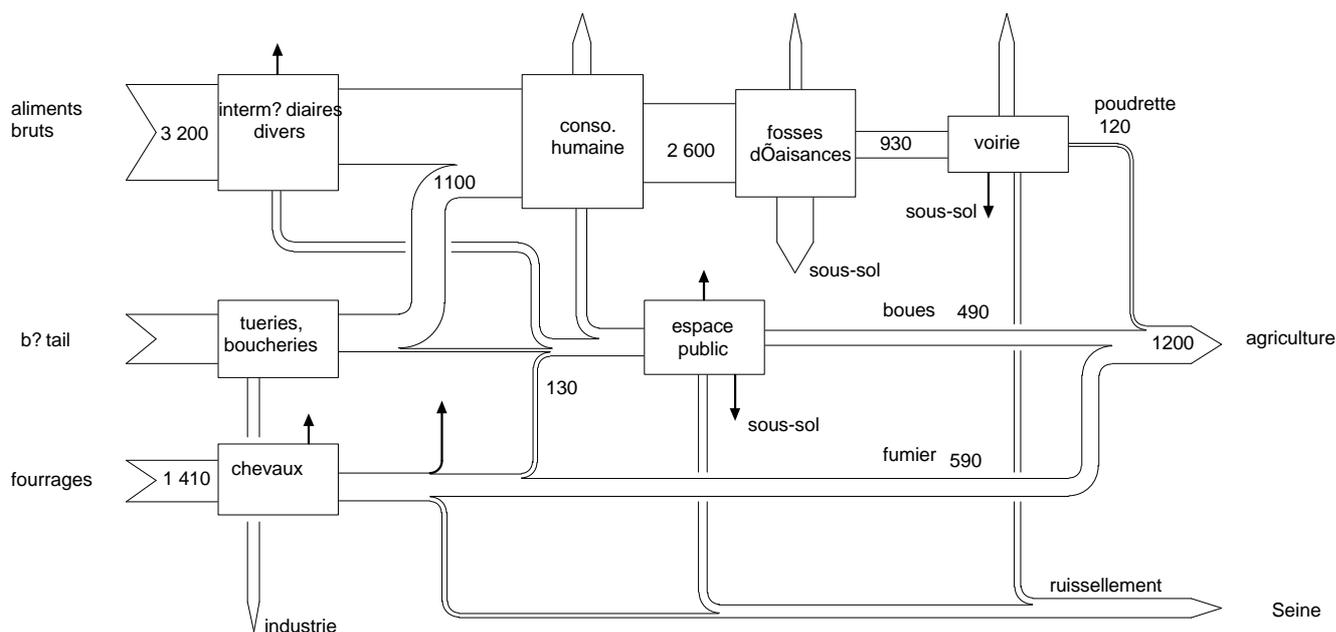


Figure 4 : Cycle de l'azote alimentaire, Paris, 1820.

4. Conclusions et perspectives

Les travaux engagés pour 1820 montrent la faisabilité d'une analyse rétrospective du métabolisme urbain, au moins dans le cas de l'azote. Pour l'avenir, les travaux pourraient s'orienter dans trois directions complémentaires :

- poursuivre les recherches sur le métabolisme de l'azote alimentaire en précisant les résultats obtenus et en étudiant d'autres années. On peut d'ores et déjà retenir le début des années 1850 et le début des années 1870, grâce au travail d'Armand Husson (1856 et 1875), l'exploitation étant en cours pour 1850. La fin des années 1880 est envisageable compte tenu des sources (exploitation en cours). Il faudrait y ajouter au moins une année dans l'entre-deux-guerres, puis une à deux autres après la seconde guerre mondiale. La comparaison sera néanmoins difficile compte tenu de l'hétérogénéité des sources (à partir de 1947, nous pouvons utiliser les données de l'INSEE, mais elles ne donnent pas la même information que l'octroi).
- analyser le lien entre Paris et les espaces ruraux qui la nourrissent et qu'elle fournit en engrais. On peut d'ores et déjà noter trois spécificités de la demande alimentaire parisienne. D'une part, la population est importante, croissante (jusqu'aux années 1920) et concentrée. D'autre part, à l'échelle nationale, c'est à Paris que l'on consomme le plus de viande et ce depuis le XVIII^e siècle au moins⁸ (Figure 5). De ce fait, la pression parisienne est très forte. Enfin, l'agriculture qui alimente Paris est celle qui présente les plus forts rendements nationaux, ce qui limite les surfaces mobilisées pour l'approvisionnement de la capitale. Ces tendances contradictoires méritent d'être explicitées, explorées et pesées.
- Compléter le métabolisme alimentaire par le métabolisme industriel. L'exploitation est en cours pour 1820. Pour les autres dates, il nous faut compléter les données recueillies sur l'industrie de l'azote (voir rapport d'activité 2002, sachant que le dépouillement a été poursuivi depuis).

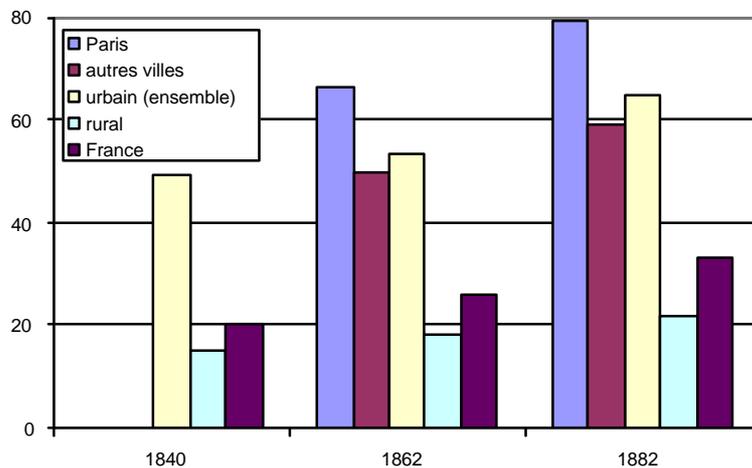


Figure 5 : Consommation unitaire de viande, France, 1840, 1862, 1882 (kg/hab/an) (Foville 1890).

5. Bibliographie

- Arnould J. (1889). *Nouveaux éléments d'hygiène*. 2^e éd. Paris.
- Aymard M. (1997) Les pratiques de l'alimentation carnée en France. Paillat M. (ed.). *Le mangeur et l'animal. Mutations de l'élevage et de la consommation*. Autrement, Paris.
- Barles S. (2002). L'invention des eaux usées : L'assainissement de Paris de la fin de l'Ancien Régime à la Seconde guerre mondiale. Bernhardt C. et Massard-Guilbaud G. (eds). *Le Démon moderne. La pollution dans les sociétés urbaines et industrielles d'Europe / The Modern Demon. Pollution in Urban and Industrial European Societies*. Presses de l'Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand. pp. 129-56.
- Barles S., Benoit P., Berthier K., Billen G., Boët P., Boyer F., Brunstein D., Garnier J., Guillaume A., Lestel L., Meybeck M. (2002). *Analyse rétrospective du système Seine*. Rapport de synthèse dans le cadre du programme PIREN-Seine 1998-2001. UMR CNRS 7619 Sisyphe, Paris.

⁸ Comme le note Maurice Aymard (1997, p. 91) : « Tous les chiffres, même dispersés et parfois difficiles à interpréter, concernant la France du XIX^e siècle et des siècles précédents, confirment la corrélation à la fois étroite et ancienne entre consommation de viande et fait urbain. »

- Barles S. (2004). A metabolic approach to the city: nineteenth and twentieth century Paris. Luckin B., Massard-Guilbaud G., Schott D. (eds.). *Urban Environment: Resources, Perceptions, Uses [titre provisoire]*. Ashgate pub. À paraître.
- Barles S., Lestel L. (2003). The nitrogen question: urbanisation, industrialisation and river quality, Paris (France), second half 19th century. *Dealing with Diversity*. Actes de la 2^e conférence internationale de l'European Society for Environmental History (ESEH), Prague, sept. 2003. Charles University in Prague. pp. 176-179
- Benoiston de Châteauneuf (1820-1821). *Recherches sur les consommations en tout genre de la ville de Paris en 1817 comparées avec ce qu'elles étaient en 1789*. Paris. 2 vol.
- Dromel J. (1875). *L'assainissement de Paris et la société provisoire de Bondy*. Paris.
- Dumas J. B. (1844). *Essai de statique chimique des êtres organisés*. 3^e éd. Paris.
- Durand-Claye A. (1872). Assainissement municipal : quantité de matière azotée expulsée chaque jour de Paris. *Annales des ponts et chaussées*, 1er sem. : 410-12.
- Figuier L. (1873-1876). *Les merveilles de l'industrie*. Paris. 3 vol.
- Foville A. de (1890). *La France économique. Statistique raisonnée et comparative. Année 1889*. Paris.
- Gérardin A.-C. (1875). Altération de la Seine aux abords de Paris, depuis novembre 1874 jusqu'en mai 1875. *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 80: 1326-28.
- Girardin J, Du Breuil A. (1885). *Traité élémentaire d'agriculture*. 4^e éd. Paris. 2 vol.
- Henry O., Henry O. (1858). *Traité pratique d'analyse chimique des eaux minérales, potables et économiques*. Paris.
- Husson A. (1856). *Les Consommations de Paris*. 1^{ère} éd. Paris.
- Husson A. (1875). *Les Consommations de Paris*. 2^e éd. Paris.
- Jas N. (2001). *Au carrefour de la chimie et de l'agriculture : les sciences agronomiques en France et en Allemagne, 1840-1914*. Éd. des Archives contemporaines, Paris.
- Mille A. A. et Durand-Claye A. (1869). *Compte rendu des essais d'utilisation et d'épuration*. Paris.
- Napias H. (1882). *Manuel d'hygiène industrielle*. Paris.
- Napias H., Martin A. J. (1882). *L'Étude et les progrès de l'hygiène publique en France de 1878 à 1882*. Paris.
- Parent-Duchâtelet A. J. B. (1832). Des chantiers d'écartissage de la ville de Paris. *Annales d'hygiène publique et de médecine légale* 8: 60-91, 151.
- Pascal P. (1932). *Traité de chimie minérale*.
- Paulet M. (1853). *L'engrais humain*. Paris.
- Payen A. (1877). *Précis de chimie industrielle*. 6^e éd. Paris. 2 vol.
- Philippe R. (1961). Une opération pilote : l'étude du ravitaillement de Paris au temps de Lavoisier. *Annales Économies, Sociétés, Civilisations*, 16(3):564-568.
- Vincey P. (1896). *Les gadoues de Paris et l'agriculture du département de la Seine*. Paris.
- Vincey P. (1901). *Projet de régime nouveau pour les ordures ménagères de Paris*. Paris.
- Recherches statistiques sur la ville de Paris et le département de la Seine*. (1823-1860). Paris. 6 vol.