

Estimation des charges en nutriments liées aux activités domestiques et industrielles au XIX^{ème} siècle

Claire Billen, Chloé Deline (IGEAT, Université Libre de Bruxelles)

Gilles Billen, Josette Garnier (UMR-CNRS 7619 Sisyphe, Paris)

Dans le but de quantifier l'impact des activités domestiques et industrielles sur la qualité de l'eau et le fonctionnement écologique des cours d'eau aux époques historiques, et tout particulièrement au XIX^{ème} siècle, une première évaluation des charges spécifiques liées à ces activités a été tentée à partir d'une analyse minutieuse d'une part des rares données analytiques disponibles et, d'autre part, des descriptions souvent très détaillées fournies par la littérature technique de l'époque, des processus industriels (ou pré-industriels) en vigueur. Nous proposons ainsi des coefficients de charge spécifique par ouvrier-jour pour différents secteurs d'activité pour la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, et les comparons aux valeurs correspondantes établies à des fins de taxation par les Agences de Bassins. Ces premières estimations indiquent le rôle considérable des activités industrielles par rapport aux sources domestiques dans la charge organique et azotée de l'agglomération parisienne à cette époque.

1. Charge spécifique domestique

Les données que nous avons pu rassembler concernant la charge en azote et en phosphore depuis un siècle sont rassemblées dans la figure 1. En ce qui concerne l'azote, elles montrent une grande constance, autour de la valeur de 10-15 gN/hab/jour, proche de la valeur de l'excrétion physiologique citée par Verbanck et al. (1989). En ce qui concerne le phosphore, les données montrent des valeurs proches de l'émission physiologique (1-1.5 gP/hab/jour) jusqu'au début des années 1960, moment où l'introduction des poudres à lessiver contenant des polyphosphates a très rapidement multiplié par 3 la charge en phosphore par habitant. Une réduction progressive s'observe depuis les années 1980, particulièrement dans les pays où une réglementation très sévère a abouti à la substitution des polyphosphates des lessives par d'autres agents séquestrants.

2. Charge spécifique industrielle

L'examen de la littérature technique du XIX^{ème} siècle permet dans bien des cas soit d'établir de manière approximative un bilan input-output des procédés en vigueur, ou tout au moins d'évaluer les pertes auxquelles donnent lieu les phases de lavage et de rinçage. Quelques exemples d'une telle analyse réalisées à partir des sources que nous avons consultées, sont résumés dans le tableau 1.

Nous nous sommes concentrés sur les secteurs industriels supposés représenter une charge significative en matière organique et en nutriments pour le milieu aquatique. Les secteurs suivants ont ainsi été étudiés: tannerie, chapellerie et industrie du feutre, blanchiment et teinture de la laine et du coton, lavage du linge, boucherie, fabrication de colle et gelatine, de chandelles et de savon, industrie papetière, industrie sucrière, brasserie. Pour beaucoup de ces secteurs, les procédés mis en œuvre à une échelle déjà industrielle dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle sont encore presque identiques à ceux en usage depuis plusieurs siècles à une échelle artisanale. Beaucoup d'entre eux font appel à de longues étapes de macération dans des décoctions de végétaux, voire d'excréments, suivies d'étapes de rinçage abondant dans l'eau courante.

Les valeurs ainsi estimées de charge spécifique par unité de matière première utilisée ou de produits fabriqués sont rassemblées dans le tableau 2.

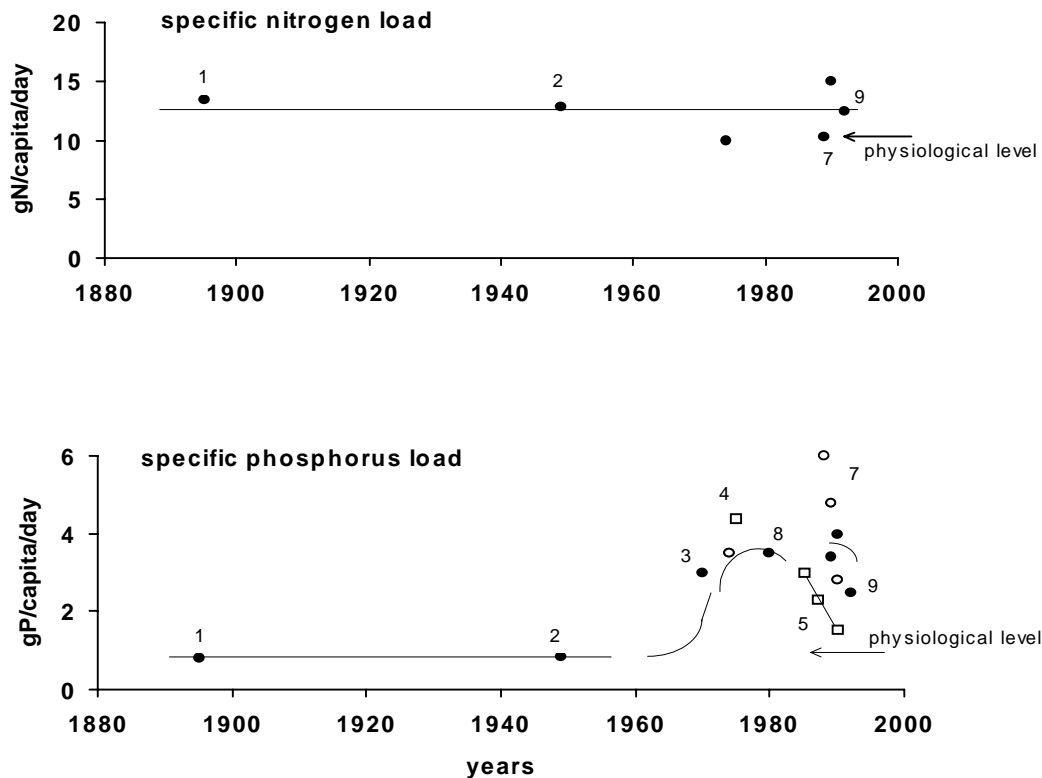


Figure 1. Estimations de la charge journalière en azote (a) et en phosphore (b) dans les rejets d'eau usée domestiques depuis la fin du XIX^{ème} siècle.

1. Vienne, 1895 (Petermann, 1895²); 2. Francfort, 1949 (Imhoff, 1963); 3. OCDE, 1970; 4 & 5. Germany (NUT-Task Team Paris convention, 1991); 6. Bruxelles, 1986 (Petermann, 1899); 7. Belgique, (AR 23 jan 1974) et (DETIC-TRACGRAS pour les années 1990; 8. France (JO 10 dec 1991); 9. Paris, 1994 (Servais et al., in press)

Les valeurs de charges polluantes spécifiques en usage actuellement par les Agences de l'Eau en vue de la taxation forfaitaire des établissements industriels sont définies au Journal Officiel (1975). Elles offrent une base de comparaison pour nos estimations anciennes. Pour certaines activités (comme la brasserie), pour lesquelles aucun changement technologique majeur n'est intervenu, les valeurs trouvées pour le XIX^{ème} siècle sont similaires aux valeurs actuelles (toutes deux exprimées en pollution brute, c'est-à-dire avant toute épuration des effluents). Pour d'autres secteurs, comme la tannerie, les charges spécifiques anciennes sont supérieures d'un ordre de grandeur aux valeurs actuelles.

Pour l'estimation des charges industrielles à l'échelle d'un bassin, les données sur l'emploi sont souvent plus facilement disponibles que celles sur la production industrielle elle-même. C'est la raison pour laquelle nous avons cherché à définir un index de pollution par travailleur-jour. Celui-ci est dérivé de la charge spécifique par unité de production, moyennant la connaissance de la productivité moyenne du secteur industriel correspondant à la même époque. Les chiffres de productivité par secteurs, issus des statistiques nationales fournissant des chiffres globaux de production et d'emploi, sont rassemblés dans le tableau 2, de même que les index de pollution par travailleur-jour qui en dérivent.

Table 1. *Analyse Input-Output de quelques procédés industriels en usage au XIX^{ème} siècle, selon la littérature technique de l'époque. (Figuier, 1872; Laboulaye, 1891;Privat-Deschanel & Focillon, 1908; Daumas, 1968; Onclincx, 1991)*

Opérations	reactif utilisé	perte de mat. organique ds l'eau usée (g).
a. Blanchiment de la laine cycles successifs de lavage et rinçage au savon, à la soude et au dioxyde de soufre, suivis d'une exposition au soleil	(pour 1 kg de laine brute) 30 g de savon (pertes de matière première 36-45%)	400
b. Cotton bleaching cycles successifs de lavage et rinçage à la chaux ou à la soude, à l'acide sulfurique ou chlorhydrique, et à l'hypochlorite.	(pour 1 kg de cotton brute) (perte de matière première 5-15%)	100
c. Teinture au Rouge d'Andrinople lavage à la soude bain d'excrément de mouton, puis séchage bain d'huile, puis séchage dégraissage par lavage à la soude et rinçage impregnation de noix de galle application d'alun coloration à la garance ravivement: ébullition dans la soude, l'huile et le savon brianchage: ébullition en présence de sels d'étain, de savon et d'acode nitrique; rinçage	(pour 1 kg d'étoffe de cotton) 300 g excrement + soude 100 g huile vegetale + soude soude 250 g noix de galle racine de garance + sang animal, 500 g souda, 50 g huile et 100 g savon 150 g savon, sels d'étain, acide nitrique	 300 100 250 500 150 150
	total	1450
d. Tannerie soak dépilation "travail de rivière ": grattage manuel macération de 6 mois dans un bain acide macération d'1 an dans le tan rinçage	(1 kg de peaux brutes fraîches) immersion for 1-2 days in flowing water maceration in lime water for 2-3 months (10-20 % weight loss) décoction d'orge fermenté et d'excrément 800 g d'écorce (recyclée en gde partie)	 50 ?
	total	>50

Tableau 2. Valeurs comparées des estimation des charges polluantes spécifiques par unité de production (en équivalent habitant, défini comme 12.5 gN/jour et/ou 20 gCorg/jour), de la productivité générale du secteur, et de la charge spécifique par ouvrier-jour, pour 1880 et 1980.

secteur industriel	unité de production	charge spécifique habeq/unité ^(a)		Productivité unité/ouvrier-jour ^(b)		index de pollution habeq/ouvr-jour	
		1880	1980	1880	1980	1880	1980
Tannerie	kg peau	2.5	0.9	50	40	125	34
Indust. du feutre	kg peau	1.2	-	22	-	25	-
Blanchiment textile	kg textile	4	-	5	-	20	-
Teinture textile	kg textile	35	-	5	-	175	-
Blanchisserie	kg linge	0.5	0.25	10	10	5	2.5
Graisse et huile	kg produit	5	0.1	60	340	300	34
Savonnerie	kg produit	0.9	0.05	130	265	110	13
Colle & Gélatine	kg produit	140	140	30	-	4200	-
Papeterie	kg pulpe	15	1	30	430	450	430
Sucrierie	hl betterave	0.1	0.1	200	6000	20	600
Brasserie	hl biere	35	30	3	3	105	90
Laiterie	hl lait	-	7.5	-	12	-	90
ø industr. aliment.	ouvrier-jour	-	150	-	1	-	150

(a) Les données originales, exprimées soit en terme de "matière oxydable" (pour les charges spécifiques modernes) (Journal Officiel Rép. Fr., 1975), soit en matière organique (pour nos estimations des charges polluantes au XIXème siècle, voir tableau 1), ont été convertis en équivalent-habitants, défini comme un rejet journalier de 54 g de matière oxydable matter, de 20 g de carbone organique, de 12.5 g d'azote total et de 1.25 g de phosphore total (voir fig. 1).

(b) Déduit des statistiques économiques nationales fournissant en chiffres globaux, par secteur industriel, la production annuelle totale d'une part, et l'emploi d'autre part. On a considéré 300 jour de travail par ouvrier et par an.

Ces valeurs représentent des taux de rejets bruts, puisqu'ils ne tiennent pas compte d'une éventuelle épuration avant rejet dans le milieu. Actuellement, le niveau de traitement de la pollution industrielle dépasse globalement celui de la pollution domestique. Même au XIXème siècle, une certaine réduction de la charge organique et azotée devait avoir lieu par décantation dans les bassins de stockage d'effluents souvent utilisés, et parfois rendus obligatoires, pour une meilleure gestion des rejets en rivière. L'efficacité des bassins de stabilisation pour l'abattement de la matière organique est en général assez bonne pour ce qui concerne la matière en suspension et le carbone organique (jusqu'à 70% d'élimination pour des temps de séjour de quelques jours), mais reste très limitée en ce qui concerne l'azote (moins de 20-30%) (Racault et al, 1993).

3. Estimation des charges domestiques et industrielles dans le bassin de la Seine

A titre d'illustration de la méthode que nous préconisons pour l'estimation des charges domestiques et industrielles anciennes à partir des coefficients de pollution, nous avons risqué une première évaluation pour l'ensemble de l'agglomération parisienne à partir du recensement des ouvriers par secteur industriel en 1896, consigné dans les Archives du Département de la Seine. (Tableau 3). Le secteur de

la graisse et de la fabrication des bougies, l'industrie papetière et les tanneries représentent ensemble la partie la plus importante de la charge industrielle à cette époque. La pollution industrielle représente au moins 3 fois la charge domestique estimée à partir des recensement de population de la même époque (env. 3.35 millions d'habitants dont seulement 30% connectés à un réseau d'égout, Hubert et al., 1998). Même en négligeant la pollution urbaine des villes situées en amont dans le bassin de la Seine, l'activité industrielle doit avoir représenté au moins 35% de l'azote total et 60% du phosphore total transféré par la Seine au milieu marin, alors que les chiffres actuels montrent la prédominance des sources agricoles pour l'azote, et des sources domestiques pour le phosphore.

Tableau 3. Estimation de la charge industrielle, domestique et totale de la Seine (65 730 km²) en 1896 et en 1991-94.

a. charge organique d'origine industrielle et domestique (10³ hab-equivalent) de l'agglomération parisienne.

	1896	1991-94
Charge Industrielle (10³ hab-equ)		
Brasserie	70	
Industrie du sucre	50	
autres industries alimentaires	-	
Chimie	-	
Papeterie	850	
Savonnerie	50	
Graisse, huile et bougies	1960	
lavage du linge	70	
industrie textile	340	
Chapellerie et industrie du feutre	40	
Tannerie	360	
total industrie(10³ hab-equ)	3780	195^(b)
<hr/>		
Charge domestique (10³ hab)	1005^(a)	7540^(b)
<hr/>		
Charge urbaine totale (10³ hab-equ)	5120	7735

^(a) estimation maximale, correspondant à 30% de la population du département de la Seine (3 350 000 hab.), compte tenu du taux de raccordement au réseau d'égout (Hubert et al., 1998).

^(b) A partir du fichier AESN des rejets des collectivités et des rejets directs des industriels.

b. Charges en azote et en phosphore (kg/km².an) pour tout le bassin de la Seine.

	Azote, kgN/km ² .an		Phosphore, kgP/km ² .an	
	1896	1991- 94 ^(d)	1896	1991- 94 ^(d)
rejets industriels	265 ^(c)	73	27 ^(c)	29
rejets domestiques	95 ^(c)	672	10 ^(c)	140
apports diffus par lessivage des sols	400	1150	10	11
total	760	1895	47	180

^(c) Agglomération Parisienne seulement.

^(d) d'après le bilan calculé par le modèle SENEQUE, Billen et al, 1998.)

4. Conclusion

Les résultats présentés ici, quoique tout à fait préliminaires montrent l'importance des activités industrielles comme source de matière organique et de nutriments pour le milieu aquatique dès la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle. Des secteurs comme la fabrication des bougies, du papier, du cuir, qui font appel à des procédés très polluants, sont en expansion très rapide à cette époque, à cause d'une demande croissante, non seulement par le secteur domestique, mais surtout par les autres secteurs industriels. Contrairement à une idée très répandue, et exprimée par exemple par Meybeck et al. (1989), la pollution industrielle semble avoir précédé, plutôt que suivi la pollution domestique dans les pays d'Europe occidentale. Il n'est pas impossible que le secteur industriel, contribuant aujourd'hui de manière relativement limitée à la charge organique et azotée de la Seine, ait pu représenter au début du XX^{ème} siècle un poste majeur dans son bilan de nutriments.

5. Références

- Anonyme, 1765. Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des Sciences, des arts et des métiers. Neuchâtel
- Arrêté du 28 octobre 1975. Annexe 1: Tableau des coefficients spécifiques de pollution pour l'estimation forfaitaire. Journal Officiel de la République Française, 7 nov 1975. Paris.
- Billen G, Garnier J & Meybeck M, 1998. Les sels nutritifs: l'ouverture des cycles. In "La Seine en son bassin: fonctionnement écologique et activités humaines. M.Meybeck, G. de Marsily and E. Fustec, eds. Chapter 12. Elsevier, Paris. In press.
- Briavoine N, 1839. L'industrie en Belgique. Causes de décadence et de prospérité. Sa situation actuelle. Bruxelles.
- Daumas A. 1968. Histoire Générale des Techniques. Paris.
- Figuier L, 1872. Les Merveilles de l'Industrie ou description des principales industries modernes. Furne, Jouvet et Cie, Paris.
- Hubert G, Mouchel J-M & Torrez S, 1998. La pression urbaine dans le bassin de la Seine. In "La Seine en son bassin: fonctionnement écologique et activités humaines. M.Meybeck, G. de Marsily and E. Fustec, eds. Chapter 2. Elsevier, Paris. In press.
- Imhoff K, 1963. Taschenbuch der Stadtentwässerung. Oldenbourg Verlag, München.
- Laboulaye C, 1891. Dictionnaire des arts et manufactures et de l'agriculture. Paris.
- Meybeck M, Chapman DV & Helmer R, 1989. Global Freshwaer Quality: a first assessment. Global Environmental Monitoring System. WHO & UNEP. Blackwell Reference.
- Onclinx F, 1991. Les entreprises de blanchiment, de teinture et d'impression sur étoffes à Anderlecht, Forest et Uccle entre 1830 et 1870. Approche du problème de la pollution industrielle de la Senne et de ses affluents. Thesis. University of Brussels (Belgium).
- Petermann, A., 1895. Le sewage de la ville de Vienne. Ministère de l'Agriculture et des Travaux Publics. Bruxelles.
- Privat-Deschanel & Focillon, 1908. Dictionnaire Général des Sciences Théoriques et Appliquées, Paris.
- Racault Y., Boutin C. et Seguin A. (1993) Waste stabilization ponds in France : a report of fifteen years experience. *In* : International conference on Waste Stabilization Ponds, IAWQ, Oakland, 10 p.
- Servais P, Garnier J, Demartean N, Brion N, Billen G, 1998. Supply of organic matter and bacteria to aquatic ecosystems through waste water effluents. Wat. Res., in press.

Van Ermengem, 1898. Assainissement des villes d'Ostende, Mariakerke et Middelkerke. Rapport présenté le 19.10.1897 à la Commission nommée par le Gouvernement, Gand.

Verbanck M, Vanderborcht J-P, Wollast R, 1994. Major ion content of urban wastewater: assessment of per capita loading. J. Water Poll. Cont. Fed. 61, 1722-1728.

Sommaire  général

**Groupe de travail A :
Analyse rétrospective et prospective
du fonctionnement du système Seine**

**Analyse rétrospective et prospective: le problème des indicateurs
pertinents**

**Estimation des charges en nutriments liées aux activités
domestiques et industrielles au XIXème siècle**

**Annexe : La prise en compte du temps dans l'analyse du
fonctionnement des systèmes fluviaux anthropisés: prospective
et rétrospective . Rapport de l'Atelier de Dourdan (3 - 4
Novembre 1998)**