

LE MÉTABOLISME URBAIN ET LA QUESTION ÉCOLOGIQUE

Quels rapports la ville entretient-elle avec son milieu et son environnement ? Force est de constater que l'intrusion de la durabilité dans les recherches relevant peu ou prou de l'écologie urbaine conduit à renouveler le regard porté sur ces rapports, notamment parce qu'elle introduit une nouvelle dimension, peut-être négligée par le passé, celle du temps, qui apparaît dans la notion de solidarité intergénérationnelle. En d'autres termes, l'approche ne peut plus se contenter d'être statique, puisqu'il nous faut envisager le devenir du milieu urbain, et agir en fonction d'un futur que nous maîtrisons mal. Si la dimension prospective des travaux à engager s'impose, de plus en plus s'impose aussi celle de la rétrospective comme un moyen de situer l'instant présent dans la dynamique des rapports sociétés-milieus.

La ville gaspille la nature

Initiée aux États-Unis après la seconde guerre mondiale avec les travaux d'Eugen P. Odum (1963) et d'Abel Wolman (1965), l'analyse des rapports de la ville et de l'environnement a particulièrement été développée dans les années 1970 et 1980 dans le cadre du programme MAB (*man and biosphere*) de l'UNESCO et notamment de son projet 11 « Établissements humains » qui visait à une approche globale et systémique de l'environnement urbain intégrant les dimensions naturalistes et sociales. En France, les travaux de recherche sont restés relativement dispersés comme l'a montré Francis Beaucire, l'écologie urbaine étant définie très différemment selon les disciplines et restant tiraillée entre une conception sociologique héritage de l'école de Chicago et naturaliste caractérisation de l'écosystème urbain sans que la liaison soit opérée entre les deux (Beaucire, 1985).

Parallèlement à l'écologie urbaine, se développait un autre champ de recherche, très voisin dans ses principes mais dont la portée scientifique, opérationnelle, voire médiatique s'avère plus grande, celui de l'écologie industrielle¹, dont l'objectif général est la détermination des « transformations susceptibles de rendre le système industriel compatible avec un

Entrées (t/j)		Sorties (t/j)	
Eau	625 000	Eaux usées	500 000
Nourriture	2 000	Déchets	2 000
Énergie fossile	9 500	Polluants atmosphériques	950

fonctionnement « normal » des écosystèmes biologiques » (Erkman, 1998), et qui repose sur l'identification du métabolisme industriel, l'étude de l'ensemble des composants biophysiques du système industriel. « Cette démarche, essentiellement analytique et descriptive, vise à comprendre la dynamique des flux et des stocks de matière et d'énergie liés aux activités humaines, depuis l'extraction et la production des ressources jusqu'à leur retour inévitable, tôt ou tard, dans les processus biogéochimiques » (Erkman, 1998). Il peut être établi dans le cas d'un établissement

Lac		Ville	
Constituants vivants (kg/ha)			
Poissons	100	Habitants	900
Autres animaux	30	Animaux familiers	50
		Autres animaux	30
Plantes (parties vertes)	50	Plantes (parties vertes)	1 800
Plantes (parties ligneuses)	0	Plantes (parties ligneuses)	36 000
Entrées (taux annuels/acres)			
Lumière solaire	5 10 ⁹ calories	Lumière solaire	5 10 ⁹ calories
Combustible	0	Combustible	10 10 ⁹ calories
Aliments (MO)	102 calories	Aliments (MO)	1,5 10 ⁷ calories
Eau	7,56 10 ⁹ m ³	Eau	19 10 ⁹ m ³
Sorties (taux annuels/acre)			
Eau	3,78 10 ⁹ m ³	Égouts	1,9 103 m ³
		Polluants atmosphériques	3,63 t
		Ordures	9,1 t

1. Pour une analyse de l'émergence et de l'évolution récente de l'écologie industrielle, voir (Fischer-Kowalski,)

industriel, d'une filière de production (la papeterie), d'une matière précise (cycle du phosphore, du plomb), d'un territoire (une région industrielle, une ville).

Le contexte dans lequel ces travaux ont émergé et se sont développés n'est pas neutre. Marina Fisher-Kowalski retient ainsi six enjeux fondamentaux qui les sous-tendent : l'épuisement des ressources, la pollution, l'entropie des activités humaines, l'inefficacité des services, l'ouverture des cycles biogéochimiques, la croissance des débits métaboliques (Fischer-Kowalski, 1998b). Dans le contexte urbain, c'est avant tout de gaspillage qu'il s'agit. Dans la ville entrent de l'énergie, de l'eau (propre ou rendue telle), des aliments, de l'air (relativement propre), des matières premières et biens de consommation divers. De la ville sortent des polluants atmosphériques, des eaux usées et des déchets. Ce « gaspillage urbain » est-il consubstantiel à l'industrialisation et les schémas de Wolman et Odum sont-ils valables pour l'ensemble des deux siècles écoulés ?

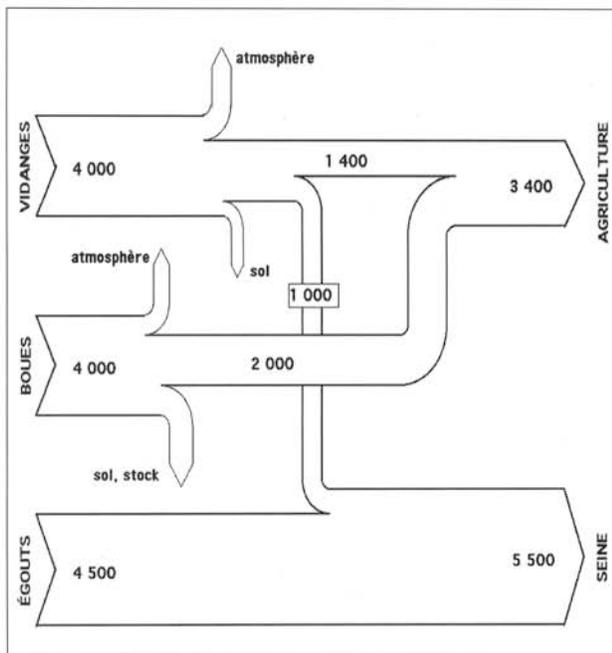


Figure 1. La ville « gaspilleuse » et « dissipatrice » : flux simplifié de matières (tonnes/habitants/an) dans la ville de Saint-Gall, Suisse (70 000 habitants), d'après (Erkman, 1998).

Les deux derniers siècles peuvent être scindés en deux voire trois périodes se traduisant par les relations très différentes entre la ville et son environnement. La première correspond à la première industrialisation, et est caractérisée par une imbrication très forte entre ville, industrie et campagne, et, partant, par une limitation tant de la production de déchets que de l'ouverture des cycles biogéochimiques. La deuxième, dont les bornes sont extrêmement difficiles à établir, possède des caractéristiques inverses : divorce ville-industrie-campagne, « création » des déchets urbains, ouverture généralisée des cycles. La troisième enfin, qui correspondrait aux toutes dernières années et qui n'a peut-être pas encore réellement débuté, se

traduirait par une remise en cause de la deuxième et par la recherche d'une nouvelle forme de complémentarité visant à limiter les usages dissipatifs des matières et de ce fait la pression sur les ressources et la production de déchets inutiles.

Les matières premières urbaines au XIX ^{ème} siècle : Un premier inventaire.		
Matériau	Utilisation industrielle	Utilisation agricole (engrais)
Co-produits de la viande, équarrissage	Suif	
	Tableterie	
	Colle et gélatine	Marc de colle
	Sulfate d'ammoniaque (alun)	Sulfate d'ammoniaque
	Produits ammoniacaux divers	
	Colle et gélatine	Engrais composés
	Charbon animal	Noir animal (après 1822)
Vieilles chaussures		
Chiffons de laine	Fabrication de drap (effilochage)	Engrais (emploi direct)
	Papier (petites quantités)	
Chiffons de chanvre, lin, coton	Papier	
Vieux papiers	Carton	
Verre cassé	Verre	
Cendres	Potasse factice	Cendres lessivées ou charrées
	Blanchisserie	
	Savonnerie	
	Salpêtre	
Matériaux de démolition	Épuration du gaz d'éclairage	
Boues et gadoues		Gadoues noires
Urines et excréments humains et animaux		Poudrette
		Fumiers
		Urate
		Engrais composés
		Sulfate d'ammoniaque
Co-produits de la fabrication du gaz d'éclairage	Sulfate d'ammoniaque (alun)	
	Alcali volatil	
	Goudron	
	Coke	

N. B. bilan provisoire

Le cycle ville-industrie-agriculture

Dans le premier XIX^{ème} siècle l'industrie est spatialement indissociable de la ville en 1823 par exemple, on compte 102 usines et établissements

établis sur les bords de la Bièvre dans le département de la Seine, dont 90 dans Paris, bien que l'industrie se développe aussi aux portes des villes. Par conséquent, établir le métabolisme urbain signifie, si la ville est déterminée par sa couverture spatiale, qu'il faut prendre en compte non seulement celui des ménages (option souvent retenue dans les travaux contemporains) mais aussi celui de l'industrie. Mais la proximité spatiale n'est pas seule à justifier ce choix : l'examen des différentes matières premières et des réactifs utilisés dans l'industrie chimique en plein essor montre qu'ils sont, en partie du moins, constitués de ce que nous avons choisi d'appeler des « matières premières urbaines » et qui constituent aujourd'hui, pour une grande partie d'entre elles, les déchets urbains.

La mobilisation des produits de la ville n'est pas nouvelle : l'exemple du salpêtre (en plein déclin au XIX^{ème} siècle car concurrencé par le salpêtre exotique) en témoigne (Barles, 1999). Cependant, cette période est marquée par une intensification du recours à ces matières. L'industrie ne recherche pas seulement une meilleure complémentarité entre les filières et de meilleurs rendements de production, mais aussi un équilibre entre besoins urbains, industriels et agricoles. En effet, parallèlement à l'industrie, qui repose en partie sur l'exploitation de matières organiques que seule la ville peut lui fournir en quantités suffisantes du fait de sa population et de ses activités aussi nombreuses que denses, l'agriculture est confrontée à la pénurie de fumier et à la croissance de la demande alimentaire et va chercher, de plus en plus, ses fertilisants en ville, laquelle apparaît comme une mine d'engrais. La complémentarité que nous décrivons n'est donc pas uniquement un héritage préindustriel, mais bien significative de cette première industrialisation, et la ville n'impose pas ses résidus à l'agriculture et à l'industrie : celles-ci lui en

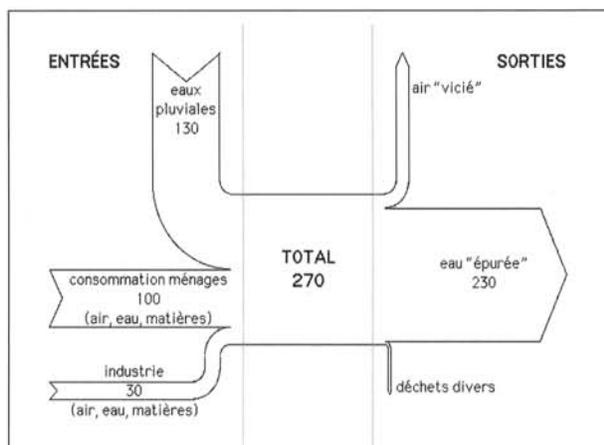


Figure 2. Une tentative de quantification : devenir de l'azote contenu dans les excreta urbains, Paris, fin des années 1860 (Barles, 2002). On voit que, si la Seine reçoit la plus grande partie de l'azote émis (l'épandage agricole est alors en phase expérimentale), la valorisation agricole en capte 40 %.

font une pressante demande. Le bouclage des cycles de matières² apparaît en outre de manière de plus en plus explicite tout au long du XIX^{ème} siècle comme un enjeu de gestion urbaine, au même titre que la salubrité et l'hygiène. Nombreux sont les scientifiques et les intellectuels qui militent pour la restitution de ces « matières dont les villes doivent compte à la terre » (Enquête..., 1865-1866)³, i. e. les urines et les excréments humains. Le titre de l'article publié par Alfred Durand-Claye en 1872 est révélateur : « Assainissement municipal : quantité de matière azotée expulsée chaque jour de Paris ». Au-delà de la description, Durand-Claye se demande comment boucler le cycle de l'azote ; l'enjeu est de taille, puisque de ce bouclage dépend la capacité de nourrir une population en pleine croissance.

Le renouvellement des sources de matières premières

Le divorce a cependant bien eu lieu, mais finalement très tardivement. L'industrie semble la première à s'éloigner de la ville et à trouver ailleurs ses matières premières. L'exemple de l'industrie papetière est à ce titre révélateur. Si la mécanisation a permis, au cours des deux premiers tiers du XIX^{ème} siècle, une augmentation sans précédent de la capacité de production, celle-ci atteint ses limites en raison de la pénurie de matière première le chiffon d'origine végétale (André, 1996). Alors que jusqu'aux années 1860 (et au-delà), il a fallu que les hommes et les femmes s'habillaient pour que la production de papier fût possible, la mise au point des succédanés du chiffon (à base de paille, de sparte, puis de bois) a progressivement permis à l'industrie papetière de s'affranchir de cette contrainte. On pourrait ainsi multiplier les exemples de matières premières urbaines devenues, au tournant des XIX^{ème} et XX^{ème} siècles, inutiles et rejoignant les ordures ménagères⁴.

Cependant, lorsque les services techniques locaux ont pris à bras le corps la gestion des excreta urbains (urines, excréments, boues, ordures ménagères), ils n'ont pas choisi la voie du rejet direct - bien que les circonstances les y aient parfois contraints - mais ont tenté de maintenir, aussi longtemps que possible, la filière de valorisation agricole, puis ont placé de grands espoirs dans la valorisation énergétique. À partir des années 1870 en France (et plus tôt dans

2 La notion de cycle de matière émerge au XVIII^{ème} siècle, notamment chez Lavoisier (Drouin, 1991), (Barles, 1999).

3. Cette idée n'est pas exclusive à la France, et largement répandue en Angleterre et aux États-Unis (Tarr, 1988), (Goddard, Sheail, 2001).

4. Au début du XX^{ème} siècle, l'industrie du chiffonnage dans Paris et sa banlieue donne un produit final de l'ordre de 8 à 9 millions de francs ; elle est encore pratiquée en France dans les années 1940.

circonstances les y aient parfois contraints - mais ont tenté de maintenir, aussi longtemps que possible, la filière de valorisation agricole, puis ont placé de grands espoirs dans la valorisation énergétique. À partir des années 1870 en France (et plus tôt dans certaines villes anglaises), on ne parle plus, dans le milieu des techniciens de l'assainissement, que d'irrigation agricole par les eaux d'égout (que l'on ne considère pas encore comme usées), car « une tonne d'eau d'égout vaut 0f.10, ou si l'on veut, coûterait 0f. 10 à fabriquer, rien qu'en achat de matière première » (Mille, Durand-Claye, 1869). Au début du XX^{ème} siècle, on souligne encore le rôle capital qu'ont joué les boues de Paris pour la fertilisation du département de la Seine aux terres naturellement peu productives ; on s'émerveille de l'usage qui est fait de la vapeur issue de l'incinération des ordures ménagères de Liverpool, qui fournit l'électricité nécessaire aux tramways, soit près de 10 millions de kwh en 1907 ; quelques années plus tard, l'incinération des ordures ménagères parisiennes permet la production d'électricité, elle-même destinée à mouvoir les camions de ramassage si bien que « la gadoue se transporte elle-même » (Bréchet, 1924).

Ce n'est finalement que dans l'entre-deux-guerres et surtout après le second conflit mondial que la gestion des excreta urbains a été réduite à sa seule fonction hygiénique, la valorisation ne faisant plus partie des objectifs des services urbains (ce qui était le cas auparavant). Ils constituent désormais « une charge inéluctable » (Joulot, 1946), mais intervenant éventuellement et de manière accessoire et ne contribuant plus à une quelconque rentabilité, notamment parce que la concurrence des engrais industriels s'est faite plus vive, et que les exigences de rendement et de rationalisation des activités agricoles n'ont plus permis à la ville de répondre à la demande de la campagne.

Héritages et *Path dependence*

On le voit, les techniques conçues comme le médium entre les villes et leurs milieux - comme le note Martin Melosi, qui conçoit la « *technology [...] as a key variable in the urban environment insofar as it helps to explain changes in the form and structure of the physical city as well as impacts on health and quality of life* » (Melosi, 2000)⁵ - jouent un rôle considérable dans cette affaire.

Outre le fait que la connaissance des techniques employées est indispensable à la caractérisation du métabolisme à l'instant T, celles-ci sont durablement inscrites dans l'espace contemporain et, en contribuant au « présent invisible » évoqué par Christian Lévêque (2001), en conditionnent en partie l'avenir. Nous faisons ici référence à la notion de *path dependence* telle qu'empruntée par Melosi à l'historien

de l'économie Louis P. Cain : « *Choices made in the first generation eliminate some alternatives (yet to be discovered) that will be available [...] in the second generation* » (Cain, 1977). Cette *path dependence* (parfois traduite en français par l'expression « dépendance du chemin »), qui traduit finalement la faible marge de manœuvre dont nous disposons aujourd'hui pour réformer et renouveler la ville est multiforme et est à rapprocher de la notion plus large d'héritage.

Des stocks de polluants

Celui-ci peut prendre la forme de stocks de polluants⁶. Si nous considérons le plomb par exemple, force est de constater que les apports s'inscrivent dans la longue durée. Laurence Lestel a pu chiffrer à 13 millions de tonnes les apports totaux de plomb anthropique en France depuis le début du XIX^{ème} siècle. Un tiers de ces apports a eu lieu avant 1914, un petit quart pendant l'entre-deux guerres (1918-1945), le reste correspondant à la période récente, période de forte augmentation de la consommation mais aussi d'efforts, manifestes depuis les années 1970, d'économies de matières premières, par recyclage et par réduction des pertes lors des traitements industriels (Lestel, 2002). Ce stock très urbain est actuellement localisable dans différents compartiments de l'anthroposystème : dans les produits finis en cours d'utilisation (canalisations, peintures, etc.), dans des objets mis au rebut, dans l'air, l'eau, et le sol, si bien que la situation actuelle reflète bien moins la production présente de ce métal que ses usages passés, fait d'autant plus important que non seulement nous avons vu qu'un tiers des apports est antérieur à 1914 mais aussi que les procédés de transformation et les usages se traduisent différemment en termes de pression anthropique. Ici, le recours à l'histoire et à l'histoire des techniques notamment semble essentiel à la compréhension des évolutions futures.

De même, une récente étude portant sur le métabolisme du mercure à Stockholm montre-t-elle que les apports, après avoir crû jusqu'aux années 1970, n'ont cessé de diminuer depuis, comme les émissions, en raison de la législation, des changements techniques (substitution par un autre produit ou mutations industrielles) et d'une meilleure prévention dentaire. Mais les stocks, eux, sont bien là, en particulier dans les sédiments (Jonsson, Svidén, 1999).

5. Cf. aussi la définition du génie civil donnée par la Société des Ingénieurs Civils britannique en 1818 : « L'art de diriger les grandes sources d'énergie naturelle pour l'usage et la commodité des hommes ».

6. Sur les enjeux des stocks en termes de perspectives environnementale, voir par exemple (Theys, 1999).

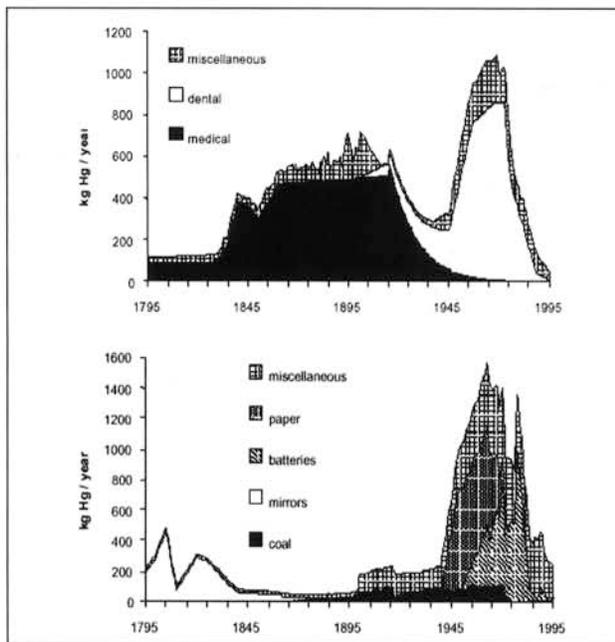


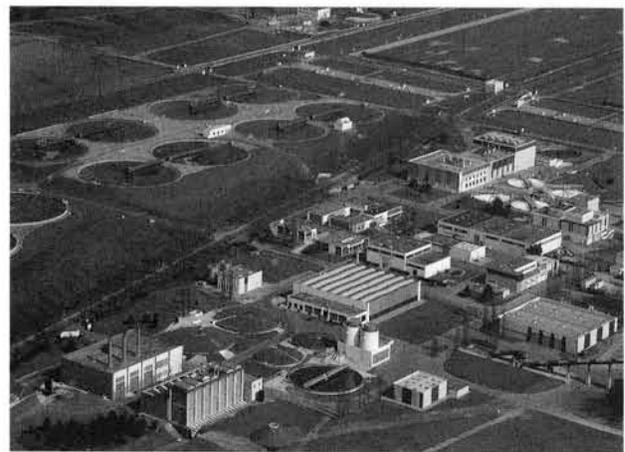
Figure 3. Estimation des émissions de mercure de la ville de Stockholm vers l'eau et les sols (en haut) et l'air (en bas), 1795-1995 (Svidén, Jonsson, 1999).

Mercuré et plomb font encore partie du métabolisme urbain contemporain. Mais d'autres matières ont aujourd'hui disparu : c'est le cas du gaz de ville, dont les usines de production ont été quasiment rayées du paysage urbain français voire européen. Pourtant, le développement des réseaux gaziers a eu des effets multiples et durables. D'une part, la production du gaz a entraîné, dès le XIX^{ème} siècle, celle de deux sous-produits bientôt recherchés : le goudron, qui a d'abord revêtu les trottoirs et contribué à l'imperméabilisation des sols, et le sulfate d'ammoniaque (issus de la distillation des eaux ammoniacales), d'abord destiné à l'industrie (fabrication de l'alun), puis à l'agriculture. D'autre part, il a entraîné une contamination durable des sols dont on mesure à peine aujourd'hui l'ampleur. Enfin, on constate, pour les villes équipées et à la fin du XIX^{ème} siècle, une résistance à l'électricité, qui semblait faire double emploi avec le gaz et contre la distribution de laquelle s'élevaient les producteurs de ce même gaz : la *path dependence* est ici déterminante. De ce fait, certaines petites villes ont distribué l'électricité avant les grandes (Paris entre autres) (Citadins..., 1994)⁷. On mesure ici l'importance des contextes locaux quant à l'état présent et futur des milieux.

La longue durée des infrastructures

La pérennité des infrastructures - relative dans le cas du gaz - constitue une autre forme d'héritage et de dépendance. Examinons maintenant la distribution de l'eau. En France, les exigences du service public amènent à distribuer de l'eau potable, quel qu'en soit l'usage. Quand les préparations alimentaires et la boisson nécessitent environ quatre litres d'eau potable

par habitant et par jour, les réseaux urbains en fournissent trois à cinq cents, dont un bon quart est destiné aux chasses d'eau, une partie non négligeable au nettoyage des rues ou à l'arrosage des jardins. Cette situation quelque peu absurde et très coûteuse est de longue date dénoncée sans trouver de solution de remplacement : les équipements ont été conçus de telle manière qu'il est impossible d'envisager une solution alternative, sauf à la marge (lors de constructions neuves, avec des systèmes de recyclage des eaux à l'échelle du bâtiment ou, plus rarement, du quartier). La seule ville en France à posséder deux réseaux de distribution d'eau, l'un d'eau potable, l'autre d'eau claire, est la capitale. Pourquoi ? Parce qu'un premier réseau a été conçu au début du XIX^{ème} siècle, avant tout pour assurer le nettoyage et l'embellissement de l'espace public (canal de l'Ourcq) et parce que dès le Second Empire ce réseau s'est avéré non seulement insuffisant pour assurer la desserte domestique mais aussi peu perfectible, d'où la construction d'un second réseau, indépendant du premier. L'existence de ces deux réseaux, qui constitue une forme de « dépendance positive », ne résulte pas tant de l'imprévoyance des ingénieurs du début du XIX^{ème} siècle, que de l'évolution des objectifs de la distribution d'eau (de l'espace public à l'espace domestique) et à la durée de la réalisation des réseaux (un grand siècle), qui accompagne



Station d'épuration d'Achères en région parisienne - © Urba Images -

l'augmentation de la population urbaine et celle de la demande.

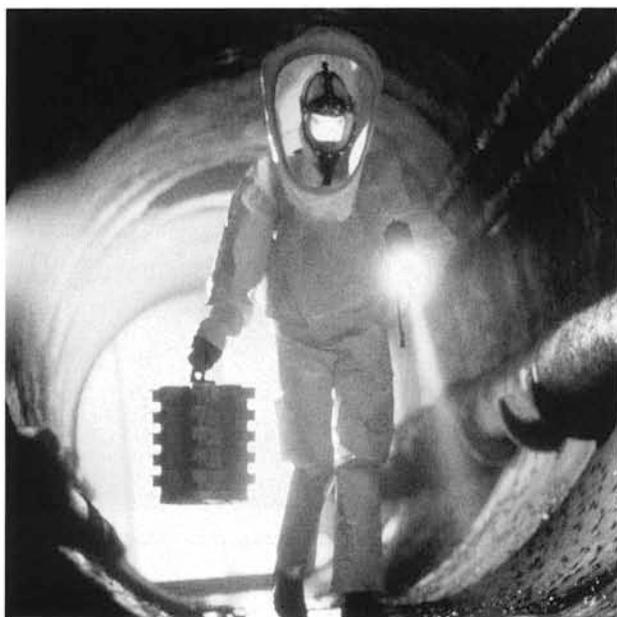
Le cas de l'assainissement est tout aussi révélateur. La structure actuelle du réseau d'égout de l'agglomération parisienne dépend largement des options prises au Second Empire (réseau arborescent, exutoire unique) et n'a été marquée que par un changement d'échelle (d'un réseau municipal à un réseau départemental puis interdépartemental ; d'un exutoire relativement voisin de Paris - Clichy - à un exutoire plus lointain - Achères). Si le procédé de

7. Sur cette question des conditions locales de la transition énergétique et de son effet sur l'environnement, voir (Svidén, Lohm, Tarr, 1999).

traitement des eaux usées a connu une transformation radicale dans l'entre-deux-guerres (passage progressif des champs d'épandage à une d'abord unique station d'épuration), la station d'épuration d'Achères a précisément été installée à l'emplacement des champs d'épandage, et pour critiquée qu'elle soit en termes d'efficacité, est inscrite durablement dans le paysage francilien. En d'autres termes, et trivialement, il faut faire avec le monstre d'Achères. Le programme d'assainissement en cours de réalisation traduit bien cette dépendance puisque, partant du constat des limites de l'infrastructure géante - sept millions d'équivalents-habitant signifient, même avec un hypothétique rendement de 90 %, un rejet ponctuel équivalent à 700 000 habitants -, il ne peut se permettre qu'une réduction de capacité de la station de 30 % (Barles, 2002).

La naissance des services urbains

La pérennité de ces infrastructures tient tant à leur nature d'équipements lourds (donc coûteux, et dans une certaine mesure indestructibles à court terme, en particulier dans leur composante souterraine) qu'aux institutions qui les ont portées. Toujours dans le cas de



Nouvel équipement pour le travail dans les canalisations - © Télé ciné doc -

l'assainissement parisien, celles-ci sont pour l'essentiel mises en place au XIX^{ème} siècle, avec la constitution et la structuration progressives des services techniques (dont la forme aboutie est due au baron Haussmann, mais celui-ci a déjà bénéficié des rapprochements entrepris au cours du premier XIX^{ème} siècle). Les transformations ultérieures n'ont consisté qu'à procéder, comme dans le cas du réseau lui-même, à un changement d'échelle (Schéma général d'assainissement de la Seine, 1929 ; Syndicat interdépartemental d'assainissement de l'agglomération parisienne, 1971)

sans véritable remise en cause des principes ni des acteurs.

Le cas parisien est évidemment singulier compte tenu du rôle de cette ville. Cependant, les services urbains français et notamment de l'eau et de l'assainissement, sont très généralement marqués par la longue durée (Scherrer, 1995). Il ne s'agit pas d'en conclure un quelconque déterminisme mais d'en tirer les conséquences en termes de gestion urbaine et des milieux. Dans un autre registre, une comparaison des situations londonienne et parisienne respectivement montrerait probablement que la contamination de la Tamise par les excréta humains a été beaucoup plus précoce, au XIX^{ème} siècle, que celle de la Seine. Là-bas, le tout-à-l'égout (ou plus justement le tout-à-la-Tamise) s'est très rapidement imposé (dès le début du XIX^{ème} siècle), d'une part parce que la distribution d'eau à domicile y était très répandue du fait d'une gestion privée tournée vers la rentabilisation du réseau, d'autre part parce que l'industrie des engrais ne reposait pas uniquement sur les excréta humains, tandis que la situation parisienne était rigoureusement opposée.

Le poids de la culture scientifique et technique est par ailleurs considérable et s'est traduit, en France, par un primat de la solution technique (et hydraulique, pour ce qui est de la gestion du cycle urbain de l'eau), sur d'autres qui auraient pu être envisagées face à tel ou tel dysfonctionnement. Jusque très tard au XX^{ème} siècle, l'augmentation de la consommation d'eau n'est pas remise en question, les ingénieurs des Ponts et Chaussées semblant admettre que la ressource est illimitée et qu'il suffit de se donner les moyens de se la procurer (dérivation de sources, projets de prélèvements dans le lac Léman et les vals de Loire). Quand dans l'entre-deux-guerres les prélèvements en Seine sont devenus tels que la rivière ne coulait pour ainsi dire plus à l'étiage, et qu'au même moment les rejets industriels et urbains faisaient craindre pour la potabilité de l'eau du fleuve, ils ont imaginé rapidement et à nouveau une réponse technique : construire des barrages-réservoirs à l'amont du bassin destinés à stocker l'eau et à la restituer en période d'étiage, selon le principe de dilution de la pollution⁸ (Barles, 2002). À un problème de qualité de l'eau et d'excès des prélèvements a été donnée une solution hydraulique.

La ville durable reste à penser

D'autres pistes de réflexion auraient pu être abordées⁹ sur les rapports qu'entretiennent la ville et

8. Les barrages-réservoirs sont aussi destinés à la navigation et, en particulier pour les barrages de deuxième génération, à la protection de la capitale contre les inondations.

9. Par exemple, les apports récents de l'histoire de l'environnement en France. Voir : Tarr, 1996 ; Melosi, 2000 ; Bernhardt, 2001 ; Bernhardt, Massard-Guilbaud, 2002.

son environnement et leur évolution. Force est de constater que nous savons encore peu de ceux-ci, qu'il s'agisse du passé ou du présent. Il est en effet remarquable de constater que, si l'écologie industrielle (et notamment sa traduction sous forme de métabolisme) a déjà fourni un certain nombre de résultats pertinents (Erkman, 1998 ; Ayres, Simonis, 1994 ; Ayres, Ayres, 2002) qui la tire vers les science de l'action, l'écologie urbaine et scientifique en est encore à des balbutiements et à des actions expérimentales plus qu'à des théories opératoires (Theys, Emelianoff, 2001). Alors qu'en 1999, Jacques Theys considérait "la ville durable [comme] un enjeu majeur du prochain siècle" (Theys, 1999), celle-ci ne constitue toujours pas

le champ principal d'investigation de l'écologie industrielle : le tout nouveau Handbook of Industrial Ecology ne consacre, sur un total de 46, que deux chapitres à la ville (Ayres, Ayres, 2002). Le champ reste ouvert pour l'écologie urbaine.

Sabine Barles

10. Chap. 28. « Material flows due to mining and urbanization », chap. 44. « Municipal solid waste management ».

RÉFÉRENCES

- André, L., (1996), *Machines à papier. Innovations et transformations dans l'industrie papetière, 1798-1960*, Paris, éd. de l'EHESS.
- Ayres, R. U., Ayres, L. W., eds., (2002), *A Handbook of Industrial Ecology*, Cheltenham/Northampton, Edward Elgar.
- Ayres, R. U., Simonis, U. E., eds., (1994), *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, Tokyo, United Nations University Press.
- Barles, S., (1999), *La ville délétère : Médecins et ingénieurs dans l'espace urbain, XVIII^{ème}-XIX^{ème} siècles*, Seyssel, Champ Vallon.
- Barles, S., ed. (2002), *Analyse rétrospective du système Seine*, rapport de synthèse dans le cadre du programme PIREN-Seine 1998-2001, Paris, UMR CNRS 7619 Sisyphe.
- Beaucire, F., (1985), *Enquête sur la notion et les pratiques de l'écologie urbaine*, rapport de recherche pour le compte du PIREN du CNRS.
- Bernhardt, C., éd. (2001), *Environmental Problems in European Cities in the 19th and 20th Century*, Münster/New York, Waxmann Verlag.
- Bernhardt, C., Massard-Guilbaud, G., eds. (2002), *Le Démon moderne. La pollution dans les sociétés urbaines et industrielles d'Europe*, Clermont-Ferrand, Presses de l'UBP.
- Bréchet, A., (1924), *Hygiène publique et industrielle*, Paris.
- Cain, L. P., (1977), « An economic history of urban location and sanitation », *Research in Economic History*, n° 2, pp. 337-389.
- Drouin, J. M., (1991), *Réinventer la nature : L'écologie et son histoire*, Paris, Desclée de Brouwer.
- Durand-Claye, A. (1872), « Assainissement municipal : quantité de matière azotée expulsée chaque jour de Paris », *Annales des ponts et chaussées*, 1er sem., pp. 410-412.
- Erkman, S., (1998), *Vers une écologie industrielle*, Paris, éd. Charles Léopold Mayer.
- Fischer Kowalski, M., (1998a, 1998b), « Society's metabolism : The intellectual history of materials flow analysis, part I, 1860-1970 », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 2, n° 1, pp. 61-78 ; « Society's metabolism : The intellectual history of materials flow analysis, part II, 1970-1998 », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 2, n° 4, pp. 107-136.
- Goddard, N., Sheail, J., (2001), « Victorian sanitary reform : where were the innovators? », in : Bernhardt, C., ed., *Environmental Problems in European Cities in the 19th and 20th Century*, Münster/New York, Waxmann Verlag, 2001, pp. 87-103.
- Jonsson, A., Svidén, J., (1999), « 200 Years of Mercury Metabolism in Stockholm and its Impact on Aquatic Environment », communication au colloque international Nature, Society, History : Long Term Dynamics of Social Metabolism, Vienne, Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities, 30 sept.-2 oct. 1999.
- Joulot, A., (1946), *Les ordures ménagères : composition, collecte, évacuation, traitement*, Paris, Berger-Levrault.
- Lestel, L., (2002), « Le plomb », in : Barles, S., ed., *Analyse rétrospective du système Seine*, rapport de synthèse dans le cadre du programme PIREN-Seine 1998-2001, Paris, UMR CNRS 7619 Sisyphe, pp. 26-30.
- Lévêque, C., (2001), « Les temps de l'environnement : de l'analyse rétrospective à la prospective », *En petit comité*, bulletin du Comité pour l'histoire du CNRS, n° 7, pp. 10-12.
- Melosi, M. V. (2000), *The Sanitary City : Urban Infrastructure in America from Colonial Times to the Present*, Baltimore / Londres, The Johns Hopkins University Press.
- Mille, A. A., Durand-Claye, A. (1869), *Compte rendu des essais d'utilisation et d'épuration*, Paris.
- Odum, E. P. (1963), *Ecology*, New York.
- Scherrer, F. (1995), « Lyon : une histoire séculaire entre gestion publique et privée », in : Lorrain, D., ed. *Gestions urbaines de l'eau*, Paris, Économica, pp. 43-56.
- Svidén, J., Lohm, U., Tarr, J. A. (1999), « Energy transitions and heavy metal emissions in Stockholm and Pittsburgh, 1920-1973 », communication au colloque international Nature, Society, History : Long Term Dynamics of Social Metabolism, Vienne, Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities, 30 sept.-2 oct. 1999.
- Tarr, J. A. (1988), « Sewerage and the Development of the Networked City in the United States, 1850-1930 », in : Tarr, J. A. Dupuy, G., eds., *Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America*, Philadelphie, Temple university Press, pp. 159-185.
- Tarr, J. A. (1996), *The Search for the Ultimate Sink : Urban Pollution in Historical Perspective*, Akron, The University of Akron Press.
- Theys, J. (1999), « L'environnement au XXI^{ème} siècle. Entre continuités et ruptures », *Futuribles*, n° 239-240, pp. 5-21.
- Theys, J., Emelianoff, C. (2001), « Les contradictions de la ville durable », *Le Débat*, n° 113, pp. 122-135.
- Wolman, A. (1965), « The Metabolism of Cities », *Scientific American*, vol. 213, n° 3, pp. 179-188, 190.
- Citadins, techniques et espaces urbains du XVIII^{ème} siècle à nos jours*, actes du colloque organisé par l'IHMC, Paris, janv. 1994, à paraître.
- Enquête sur les engrais industriels*, Paris, 1865-1866. 2 vol.

Sabine Barles est maître de conférences à l'Institut Français d'Urbanisme (Université de Paris 8) et chercheur au Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines (FRE CNRS 2408 Cité). Ses travaux portent notamment sur l'histoire des techniques et de l'environnement urbain. sabine.barles@univ-paris8.fr