

Le problème des descripteurs pertinents

M. Meybeck (janvier 1999)

A la suite des présentations et des discussions du séminaire de Dourdan une première réflexion sur la nature et la variabilité des données présentée peut être menée.

L'analyse de l'évolution d'un grand bassin hydrographique nécessite la connaissance d'un très grand nombre de descripteurs de toute nature à des échelles de temps et d'espace très diverses. La consultation de l'index thématique de "La Seine en son bassin" illustre bien cette grande diversité. Il se pose alors des problèmes de : (i) nature des données par rapport au système fluvial, (ii) d'échelles spatio-temporelles des données recueillies ou souhaitées, (iii) de désagrégation et d'agrégation des données. Les champs concernés vont des sciences sociales (psycho-sociologie des comportements vis à vis de l'environnement) jusqu'aux sciences physiques (hydrologie) en passant par le Droit, les Sciences Politiques, la démographie, l'économie agricole, l'économie industrielle, tous les domaines de la géographie, auxquelles il faut ajouter l'ensemble des sciences de l'environnement plus classiquement considérées telles que l'hydrobiologie, la géochimie, la pédologie, l'hydrologie, etc... Des disciplines nouvelles sont aussi apparues plus récemment comme l'analyse prospective et l'écologie industrielle, elles sont particulièrement pertinentes à l'étude des bassins fluviaux.

Les modèles biogéochimiques développés par le Piren-Seine sont validés ou comparés aux données du Présent (1990 – 2000), ils utilisent généralement comme variables d'entrée des flux d'eau, de matières organiques, de nutriments et comme paramètres de base des relations morphologiques dans les ordres des cours d'eau, des distributions statistiques des zones humides, de population, de rejets urbains, d'industries etc...

Dans le "passé proche", défini ici entre 1990 et 1950, le "passé moyen" (1950-1900 ou 1850) et le "passé lointain" (avant 1850) la population, l'occupation industrielle et agricole du bassin, l'aménagement du lit fluvial ont considérablement changé et ces évolutions doivent être prises en compte dans une reconstitution générale du fonctionnement du bassin fluvial aux époques antérieures et sa modélisation.

Lorsqu'on projette l'évolution du fonctionnement du bassin vers le futur et sa modélisation on est confronté au même problème que pour l'évolution passée, à savoir une incertitude croissante à partir du présent puis la disparition progressive de certaines données de base. Mais ce parallélisme entre l'analyse rétrospective et prospective est trompeur car, si on dispose de critères de validation de l'analyse rétrospective (par exemple analyses d'eau anciennes, documents historiques, archives sédimentaires, données archéologiques, etc...) certes de plus en plus flous au fur et à mesure qu'on s'éloigne du présent, on n'en dispose d'aucune pour le futur. L'analyse prospective ne se valide qu'à postériori.

1. Nature des descripteur pertinents aux bassins fluviaux

1.1. Données "humides" et "sèches"

Les descripteurs sont ici classés en trois catégories : les "données humides" (wet data des anglo-saxons) qui se rapportent essentiellement au milieu aquatique lui même, sa distribution, sa qualité, ses flux, les "données sèches" (dry data) qui concernent le territoire occupé par le bassin fluvial, telles que l'occupation des sols, les activités économiques, la démographie, enfin des "données mixtes" qui se rapportent aux deux ensembles comme les cartes ou les données satellitaires, l'occupation du lit fluvial, les événements fluviaux et leurs impacts (tels que les inondations). Le tableau 1 ci-dessous présente un premier classement de telles données.

Tableau 1 Type de descripteurs pertinents

Descripteurs		
Humides	Mixtes	Secs
A : couverture météo	F : cartes	
B : couverture hydro	F1 : de La Vigne	
C : surveillance qualité grands tributaires	F2 : chasses du Roi	K : classement des Etablissements industriels (1810)
D : inventaire qualité	F3 : Cassini	L : inventaires grandes usines de France
E : consommation d'eau	F4 : Cuvier, Brongniart	M : inventaire OCRPI (1942-49)
	F5 : Turquam	N : données INSEE (1946)
	G : archives sédimentaires	O : données RGA (1955, 70, 79, 88, 2000)
	H : imagerie satellitaire	
	I : archives communales Départementales Paris	
	J : événements remarquables (ex : Seine à Paris)	

1.2. Echelles spatiales des descripteur et problèmes d'agrégation

Plusieurs échelles doivent être distinguées : l'échelle de l'étude (le cadre de la photo) ici c'est bien l'ensemble du bassin (67 000 km² à Poses, ordre hydrologique 8), l'échelle de description (le grain de la photo) ici l'échelle optimale est typiquement celle du canton (100 à 200 km², ordre hydrologique 3, soit 302 sous bassins).

Certaines données obtenues à des échelles plus fines (recensement communal ; données satellitaire à l'hectare ou moins) devront donc être agrégées. Inversement les données disponibles à des échelles plus grossières (départements, grands tributaires,...) devront être désagrégées si on veut conserver une résolution similaire. Dans certains cas (passé lointain) cette désagrégation ne sera pas possible et on devra se limiter à une information d'ensemble du bassin (couleur dominante de la photo).

Il existe, en plus, deux échelles supérieures à celle du bassin et qui sont nécessaires pour comprendre son évolution : tout d'abord une échelle nationale qui intervient sur le bassin au niveau de la réglementation des milieux aquatiques mais aussi industrielle et agricole et, une échelle européenne, celle de la réglementation de l'Union Européenne en matière d'environnement (assainissement) d'industrialisation, de la politique agricole commune (fertilisants, pesticides, mise en friche), de transports (liaisons fluviales), etc... Enfin, si on considère l'évolution passée du bassin et l'évolution sur le prochain siècle, il faudra prendre en compte les changements climatiques régionaux à l'échelle de l'Europe de l'Ouest.

Si on considère les données du Présent couramment utilisées dans le Piren-Seine, elles sont disponibles à des échelles spatiales très variées : recensement INSEE et recensements agricoles à l'échelle des communes, données statistiques sur les Petites Régions Agricoles, données météorologiques en général cantonales, mais seulement régionales pour certaines variables comme l'énergie lumineuse reçue, données dé débits à partir des ordres 3, données mensuelles de qualité des eaux à partir de l'ordre 4. Tous les grands aménagements fluviaux (barrages, écluses) sont facilement identifiables et placés dans un SIG. Mais les très nombreux moulins, en service il y a 200 ou 300 ans et dont les seuils structurent encore le linéaire des cours d'eau d'ordre 2 à 4, ne sont pas encore répertoriés sur des S.I.G. pour l'ensemble du bassin.

La couverture cartographique IGN actuelle sur le bassin est au 1/25 000 et les données cadastrales sont en général au 1 / 5 000.

Actuellement le modèle numérique de terrain (MNT) développé par l'IGN fournit une donnée d'altitude tous les 75 m. Certaines données satellitaires sont fournies avec une résolution encore plus

fine. Ces échelles locales à très fines résolutions ne sont utilisées dans le Piren-Seine que pour des études de cas (par exemple impact des rejets urbains par temps de pluie, ou fonctionnement de certaines zones humides).

Enfin il faut noter que certaines “données humides“ sont par nature intégratrices de l’ensemble du bassin en amont de la station comme le débit, la qualité des eaux ou de la matière particulaire. L’évolution à long terme sur des station-clés telles qu’Austerlitz (44 000 km²) pour les débits, Issy les Moulineaux ou Poses (67 500 km²) pour la qualité des eaux nous renseigne donc sur des territoires étendus.

1.3. Echelles de temps des descripteurs

L’échelle d’étude du passé n’est pas limitée. Dans certains programmes internationaux comme le Programme Géosphère – biosphère (IGBP) plusieurs périodes de référence ont ainsi été définies : derniers 200 000 ans, derniers 20 000 ans, derniers 2 000 ans, derniers 200 ans. La résolution temporelle ciblée est alors de plus en plus fine au fur et à mesure que la durée de la période diminue mais dans certains cas exceptionnels on peut disposer d’enregistrement au pas de temps annuels sur des centaines voire des milliers d’années (dendrochronologie ; vases lacustres ; dépôts glaciaires, etc...).

Une approche semblable concernant des échelles de temps emboîtées peut être conçue dans le Piren-Seine : (i) évolution du bassin à l’échelle annuelle depuis le début de la surveillance systématique de la qualité des eaux en 1971, (ii) évolution du bassin pour les 100 ou 150 dernières années au pas de temps de 10 ans, (iii) évolution générale sur les 10 ou 20 dernier siècles au pas de temps de 100 ans. Pour reprendre la métaphore précédente le défilement des images du film s’accélère en se rapprochant du présent.

La réalité sera sans doute différente : nous disposerons en fait de parties d’images à certaines époques, souvent non synchrones suivant les paramètres considérés, à partir desquelles il faudra reconstituer une image générale qui sera donc floue par nature. Seule la première série d’images annuelles de qualité des eaux (INP / RNB) pourra être obtenue au pas de temps requis mais la définition spatiale restera grossière puisque les petits cours d’eau (ordres 1 à 3) qui font explicitement partie de modèles du Piren-Seine échappent à ces inventaires.

1.4. Variabilités temporelle et spatiale des descripteurs

Certains descripteurs sont extrêmement variables, dans le temps ou l’espace, parfois les deux : par exemple la concentration en ammoniacque (NH₄⁺) des eaux lors d’un orage sur Paris peut augmenter de plus de cinq fois en quelques heures et, entre les petits ruisseaux non pollués et certains cours d’eau péri-urbains, les valeurs moyennes annuelles s’étalent sur près de deux ordres de grandeurs. A l’opposé certains descripteurs du bassin sont identiques sur tout le bassin, par exemple une norme de qualité des eaux, ou constants à l’échelle historique (relief) (voir tableau 2)

Les échelles de variabilité représentées ici correspondent en fait aux échelles optimales d’optention des données : si certaines d’entre elles doivent être acquises à des pas de temps quasi-journaliers pour d’autre on peut se contenter de mises à jour tous les 10 ans ou même moins.

Tableau 2 : Exemples des variabilités de certains descripteurs du bassin de la Seine.

Variabilité	Echelle de temps	Variabilité temporelle	Echelle spatiale	Variabilité spatiale
Très forte	< 0,1 an	Ammoniaque horaire MES journalier Ensoleillement Débits	< 10 km ²	Densité de population
Forte	0,1 – 1 an	Humidité du sol Nitrates	10 – 100 km ²	
Moyenne	1 – 10 ans	Pratiques culturales Piézométrie Réglementation Drainage agricole	100 – 1 000 km ²	Pratiques culturales superficie forestière
Faible	10 – 100 ans	Aménagement fluviaux Superficie forestière Démographie	1 000 – 10 000 km ²	Types de morphologie fluviale
Très faible	100 – 1 000 ans	Morphologie fluviale Pédologie	10 000 – 100 000 km ²	Régime hydrologique, type de relief
Nulle		lithologie	>> 100 000 km ²	Réglementations nationale et européenne

Certains descripteurs fondamentaux pour comprendre l'évolution du bassin, présentent une variabilité importante sur les deux plans par exemple l'humidité du sol, la matière organique, une partie du cycle de l'azote, la formation des écoulements de surface. La plupart des descripteurs ont des variabilités temporelle ou spatiale bien différentes, par exemple la réglementation.

Pour la plupart des descripteurs l'échelle du canton ou, mieux, de la Petite région Agricole, semble suffire. Cependant l'échelle de la commune serait la plus appropriée. Un bon exemple est le drainage agricole documenté à l'échelle communale (voir :Le bassin de la Seine, figure 1.13) qui est directement liée à la lithologie sous-jacente, l'échelle cantonale gommerait sans doute la mise en évidence des auréoles sédimentaires. Le bassin de la Seine étant particulièrement homogène (La Seine en son bassin, chap. 1), pour d'autres bassins fluviaux plus hétérogènes les variabilités de certains descripteurs pourraient être différentes.

2. Evolution chronologiques des données disponibles sur le bassin de la Seine

2.1. Données générales

Les données disponibles sur le bassin de la Seine sont très représentatives de l'évolution de la connaissance des systèmes fluviaux en Europe occidentale. Avant 1750 les données sont essentiellement qualitatives et doivent être trouvées dans les archives historiques à divers niveaux, paroisses, abbayes, siège épiscopaux et bien sûr, Paris. Entre 1750 et 1850 la quantification qui accompagne et suit le siècle des Lumières se développe partout : premiers suivis des débits, du climat, souvent à des pas de temps journaliers, premières analyses de l'eau de la Seine, notamment par Sainte Claire Deville, premier recensement général de population, premières listes d'établissements industriels classés en 1810.

De 1860 à la fin du XIX^{ième} siècle se mettent en place les premières études scientifiques consacrées à l'environnement : analyse journalière de la Seine et de la Marne des niveaux de MES et de leur teneurs en nutriments (azote, phosphore, carbone) par Mangon (1860) sous l'impulsion de Belgrand, analyses chimiques systématiques des rejets industriels et de la qualité des rivières par Weigelt en 1887 (publié en 1903), mise en place en 1880 des premiers contrôles réguliers de qualité des eaux par la Ville de Paris à sa prise d'eau d'Issy les Moulineaux.

En ce qui concerne les "données humides" les chroniques les plus anciennes, au pas de temps journalier concernent les débits depuis 1870 à Isle sur Serein, la couverture générale du bassin s'est

mise en place par la suite (1876). Pour la qualité des eaux, on dispose d'une chronique (O_2 , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^-) depuis 1883 aux prises d'eau de la ville de Paris à Issy les Moulineaux, puis à partir de 1900 sur plusieurs stations sur la Seine et la Marne (St Maur) et d'un suivi en région parisienne généralisé à partir de 1935 par la création du Laboratoire de Contrôle des eaux de la Ville de Paris. De telles chroniques séculaires sont rarissimes sur les fleuves, elles devraient permettre une comparaison entre les modèles rétrospectifs et les suivis du milieu sur une période d'une longueur exceptionnelle pour quelques variables majeures de la qualité des eaux.

Au XX^{ième} siècle apparaissent les grands inventaires nationaux systématiques, tout d'abord celui des industries concernées par la défense nationale en 1914/15, réactivé lors de la Deuxième guerre mondiale par la création (1942 – 1949) de l'Office Central de la Répartition des Produits Industriels pour toutes les entreprises de plus de 5 salariés. L'INSEE, créé en 1946, reprendra ces statistiques industrielles en 1960. Le premier recensement général de l'agriculture dans sa forme actuelle a eu lieu en 1955 et fut répété en 1970, 1979, 1988. Le prochain aura lieu en 2000. Le recensement de 1955 a mis en place les Petites Régions Agricoles conçues comme des unités spatiales relativement homogènes pour l'occupation des sols et les pratiques agricoles. Ce siècle a vu aussi la couverture systématique du territoire par photos aériennes suivie dans les années soixante dix par l'imagerie satellitaire, dont la banque de données d'occupation du sol, Corinne Land Cover, est un des produits les plus utilisés. En même temps la base de données Teruti, créée en 1972, fournit pour 17 000 points par département une description extrêmement fine des successions culturales.

En ce qui concerne la surveillance générale du réseau hydrographique du bassin elle date déjà d'un siècle pour les stations de mesure de débits les plus anciennes mais n'existe que depuis 1971 pour la qualité des eaux. Il faut remarquer que la surveillance de la qualité des eaux n'est faite qu'au pas de temps bimestriel ou mensuel. Les analyses en continu de la qualité des eaux n'apparaissent qu'il y a une dizaine d'année et ne concernent que quelques stations (prises d'eau potable essentiellement) et des variables très spécifiques (O_2 , conductivité, température, pH, etc...).

2.2. L'écologie industrielle et l'analyse rétrospective

En l'absence de toute activité humaine le fleuve n'évacue que les produits de l'activité biogéochimique naturelle des bassins : apports atmosphériques d'aérosols marins et de produits de l'érosion éolienne, lessivage des sols non agricoles, érosion chimique, érosion mécanique. Ainsi sont produits et évacués les nutriments, la matière organique, les sels dissous, les métaux et même des hydrocarbures naturels. Une partie d'entre eux sont ensuite l'objet de cycles internes au milieu aquatique (cycles biogéochimiques, sédimentation, volatilisation,...).

Dans un bassin très fortement anthropisé, comme la Seine, les flux naturels de nutriments ; de métaux, de certains ions majeurs, deviennent très minoritaires et le fleuve joue alors un rôle majeur dans ce qu'on pourrait appeler l'excrétion du métabolisme de notre société industrialisée, ce terme comprenant ici les flux de matière liées aux activités industrielles, minières, agricoles, domestiques. La description fine de ces flux sur un territoire donné est une des démarches fondamentales d'une nouvelle discipline : l'écologie industrielle. Le fleuve est alors considéré à la fois comme un mode d'excrétion du métabolisme industriel, avec les sols, le sous-sol et l'atmosphère et un indicateur privilégié de ce métabolisme.

L'étude quantitative du fleuve (flux exportés) et qualitative (nature des matériaux) peut être mise en relation avec les différentes circulations des matériaux issus du métabolisme industriel : il convient alors de connaître les distributions de la population, de la production industrielle, des activités agricoles, etc... sur le bassin hydrographique et les productivités, telles que quantités de matières brutes utilisées par tonne de produit fini, les rejets dans le milieu (sol, fleuve, air) par tonne manufacturée, les intrants agricoles à l'hectare, les charges *per capita* rejetées par un habitant rural ou urbain moyen, les quantités lessivées par km^2 de surface urbaine ruisselante... Toutes ces données peuvent être mesurées sur le bassin ou bien tirées de données bibliographiques prises sur d'autres bassins. On fait alors l'hypothèse

de transférabilité des données. Par exemple les charges urbaines *per capita* mesurées dans les effluents urbains de Paris et de Montréal sont très proches.

Les recherches historiques permettent de retrouver les procédés industriels et prévoir parfois les quantités rejetées par tonne de produits manufacturés (Weigelt, 1903). Pour certaines activités passées comme le rouissage du lin dans les ruisseaux ou les activités minières, les quantités de polluants seront sans doute difficile à estimer. Par contre il existe des bilans de vidange des fosses d'aisances pour l'agglomération parisienne au Second Empire assez précis fait par Mangon.

3. La prospective et les données de base

Une fois les données de base établies pour le Présent, leur utilisation pour les analyses de prospective n'est pas un problème majeur. On peut conserver beaucoup de ces données qui sont peu ou pas variables (distribution des aquifères, des sols, du relief, etc...). Comme les changements apportés font explicitement partie de la construction des scénarios [comment le milieu répond-t-il à une augmentation de population définie au préalable et couplée à tel scénario d'épuration ? Comment le bassin répond-t-il à une mise en jachères de x % de la SAU en 10 ans, etc... ?] les données correspondantes seront entrées directement dans les scénarios. On peut également introduire en scénario des changements brusques résultants de nouveaux procédés industriels, de saut technologique, de nouvelle réglementation, etc...

L'utilisation d'un SIG général sur le bassin devrait permettre d'accepter des scénarios très spatialisés tels que l'implantation d'un nouveau barrage - réservoir ou d'une nouvelle liaison fluviale.

4. Premier corpus de références pertinentes au thème transversal : Rétrospective – Prospective

Les présentations au Séminaire de Dourdan et les premières recherches bibliographiques entreprises en 1998 nous conduisent à une première liste de références sur l'évolution passée du bassin et/ou des activités humaines. Dans certains cas les cotes renvoient au catalogue de la bibliothèque de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC, Champs sur Marne).

Références

???, 1865. Quelle eau boivent les parisiens ? *Compte Rendus Acad. Sci. Paris* 60, 237-238.

AESN, 1972-1978. Les bassins de la Seine et les cours d'eau normands. Vol. 10. *Qualité des Eaux Superficielles*, p. 132-140. Agence Eau Seine Normandie, Nanterre. Vol. 4. *Qualité Physico-chimique des Eaux du Bassin et son évolution*, p. 61-90.

Annales de l'Observatoire de Montsouris 1900-1912

Annales des Services Techniques d'Hygiène de la Ville de Paris 1920-1937

Annuaire de l'Observatoire de Montsouris 1872-1899

Barles S., 1999. *Terres urbaines : médecins et ingénieurs au chevet de la ville (1760-1900)*. Ed Champ Vallon.

Bechmann M., Launay, 1895. Notice sur l'état actuel de l'assainissement à Paris. *Ann. Ponts et Chaussées*, 7^{ième} série, tome IV, p. 257-326.

- Belgrand E., 1872. La Seine, Etude Hydrologique, Dunod 622p. (ENPC cote 10253 ;11874 ; 11608)
- Belgrand, 1862. Statistique des égouts de Paris 1800-1861 (ENPC 4501 et 1087)
- Belgrand, 1869-78. Ses œuvres (ENPC 11 608).
- Belgrand, 1875-77. Les travaux souterrains de Paris (ENPC 16 182)
- Belgrand, 1879. Histoire des eaux anciennes (ENPC 12 792 et C719)
- Belgrand, 1887 idem (ENPC 18 113)
- Billen G., 1993. The Phison river system : a conceptual model of C, N and P transformation in the aquatic continuum from land to sea. In : Wollast R., Mackenzie F.T., Chou L., (eds). Interaction of C, N, P and S in biogeochemical cycles and global change. NATO ASI series 14, Springer, 141-161.
- Billen G., Garnier J., 1996. Les modifications historiques du cycle de l'azote aux échelles régionale et globale. N. S. T., 14, 4, 129-140.
- Billen G., Garnier J., 1997. The Phison river plume : coastal eutrophication in response to changes in land use and water management in the watershed. Aquatic Microbiol. Ecol., 13, 3-17.
- Chartier M.M., 1959. Les eaux naturelles courantes du Bassin de la Seine. Bull. Ass. Géographes Français, Juin 1959, 20-32.
- Cun C., Bousquet G., Vilaginès R., 1997. A 90 year record of water quality data of Paris Seine and Marne rivers. J. Water S.R.T.-Aqua 46, 3, 150-164.
- Cun C., Vilaginès R., 1997. Etude de la pollution des eaux des rivières Seine et Marne, en amont et aval de Paris. Techn. Sci. Munic. 9, 59-68.
- Cun C., Vilagines R., 1997. Time series analysis on chloride, nitrates, ammoniac and dissolved oxygen concentrations of the Seine river near Paris. Sci. Tot. Environment, 208, 59-69.
- Cun C., Vilagines R., 1998. Etude statistique de séries chronologiques de données concernant certains polluants de la Marne. J. Européen Hydrologie 29, 1, 65-78.
- De Vanssay B., Ratiu E., Moser G., 1998. Dimension temporelle et différenciation des rapports à l'eau dans la perspective du développement durable. Rapport, Centre Henri-Pieron, CNRS, Univ. Paris V.
- Erkman S. 1997. Industrial ecology : an historical view. J. Cleaner Prod. 5, 1-2, 1-10.
- Erkman S., 1998. Vers une écologie industrielle. Coll. "Dossier pour un débat", ed. Charles Leoplod Mayer, Genève, 147 pp.
- Guillerme A., Claude V., 1986. L'Orge et ses syndicats, ENTPE ; Nov. 1986, 156p.
- Guillerme A., Hubert G., Tsuchiya M., 1991. Aquosité urbaine. Cergrene-IFU, Juin 1991, 132p.
- Hubert G., 1990. Approches méthodologique pour la mise en valeur des rivières urbaines. Thèse INSA, Lyon 496p. (dir. B. Chocat).
- IAHS (1977). Urbanization and industrialization impact on hydrological regime and water quality. Int. Ass. Hydrol. Sci. Publ. 123, 572p.
- IASH (1990) Hydrological process and water management in urban areas. Int. Ass. Hydrol. Sci. Publ. 198.
- Johannes B., 1998. L'économie de l'eau, c'est nouveau. Ann. Ponts et Chaussées.
- Mangerel P., 1969. La pollution urbaine des eaux de la région parisienne. Bull Section de Géographie 80, p. 133-156.
- Mangon H., 1856. Compte Rendus Acad. Sci. Paris et Annales Ponts et Chaussées, tome VII, p. 394 [Analyse des égouts de Paris]
- Mangon H., 1859. Valorisation des produits de la Voirie de Paris. Annales des Ponts et Chaussées, tome XVII, p. 241.
- Mangon H., 1864. Expériences sur les limons charriés par les cours d'eau. Paris, Eugène Lacroix ed. 32 p. (ENPC C.202-3851)
- Mangon H., 1869. Expériences sur l'emploi des eaux en irrigation, Dunod, 131 p. (ENPC 4004).

- Meybeck M., 1998. Man and river interface : multiple impacts on water and particulates chemistry illustred in the Seine river basin. *Hydrol.* 373-374 ; 1-20.
- Ministère de l'Agriculture, (1847sic). Atlas de statistique agricole. Résultat généraux des statistiques agricoles décennales de 1882. Imprimerie Nationale.
- Ministère de l'Agriculture, 1878. Statistique forestière : atals/ Ministère de l'Agriculture.
- Moreau de Jonnes A., 1849. Statistique de l'Agriculture de la France : comprenant : la statistique des céréales. Ed Guillaumin, Paris ?
- Naves J., Bousquet G., Leroy P., Hubert P., Villagines R., 1990. Evolution de la qualité de l'eau de la Seine à Ivry sur Seine 1887-1986. In : Application des modèles mathématiques à l'évaluation des modifications de la qualité de l'eau. ENIT, Tunis , 7-12 Mai 1990.
- Ramon S., Benoit M., 1998. L'évolution de la nature des cultures en Lorraine et en Alsace : une menace pour les nappes. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 33, 98-100.
- Renard D., 1988. Eaux de ruissellement et qualité. In : Climat pollution et santé à Paris et en Ile de France. In : Cahiers C.P.E.P.IF. n° 22, mars 1988, 183p.
- Tardy E. , 1996. Les modifications du cycle de l'eau dans les petits bassins de l'agglomération parisienne. DEA Géographie et Aménagement (sous le direction de J.P. Bravard).
- Thibault M., 1995. La rivière et l'homme, qualité des eaux courantes et activités humaines : l'exemple des rivières a Saumon de Bretagne depuis l'Ancien Régime. In : Actes Conf. 1994, Université d'été des Enclos et des Monts d'Arrée : Des ressources et des hommes, Ed. Pays touristique des Enclos et des Mont d'Arrée, 29400 Landivisian, p. 22-57.
- Thibault M., 1996. Le saumon atlantique entre méthode expérimentale et opinion. *Penn or Bed* 163, 1-12.
- Tixeront J. (1974 ?). La couverture végétale et les débits solides des cours d'eau dans le Bassin de la Seine. *Int. Ass. Hydrol. Sci. Publ (?)*, 28-35.
- Vincey P., 1897. Ministère de l'agriculture. Préfecture de la Seine. Album de statistique agricole et carte agronomique du département de la Seine. Résultats généraux de l'enquête décennale de 1892, révisée en 1894.
- Weigelt C., 1903. L'assainissement et le peuplement des rivières. Mem. Couronnés de la Classe des Sciences. Acad. Royale de Belgique, tome 64.

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)**