

# Les pressions anthropiques et leurs impacts sur les situations qualitatives et quantitatives de l'eau dans le Bassin versant de la Seine

Nader Katerji<sup>a</sup>, Paul Hoflack<sup>b</sup>

<sup>a</sup> INRA, UMR Environnement et grandes cultures, 78850 Thiverval-Grignon  
Katerji@bcgn.grignon.inra.fr

<sup>b</sup> INRA-SED, unité Prospective, 147 rue de l'Université, 75338 Paris cedex 07  
paul.hoflack@paris.inra.fr

*Le bassin de la Seine englobe la région Ile-de-France, considérée comme la région la plus riche d'Europe. Il se caractérise par de fortes pressions anthropiques, liées à des densités urbaines localement élevées, et de nombreuses activités industrielles et agricoles qui constituent des menaces pour l'eau.*

*Après avoir brièvement présenté les caractéristiques naturelles du bassin de la Seine, nous mettons en relief les différentes pressions anthropiques qui s'y exercent puis nous analysons leurs incidences sur les situations qualitative et quantitative de l'eau. Enfin, nous exposons et discutons les principales pistes pour préserver ces ressources hydriques.*

## Présentation générale du cadre naturel du bassin

### Positionnement géographique et géologique

Le bassin versant (BV) de la Seine peut être assimilé à un triangle dont les trois sommets se trouvent au Havre, dans le Morvan nord et dans l'Ardenne ouest. Il couvre une surface de 75 000 km<sup>2</sup>.<sup>1</sup>

Le bassin présente une composition lithologique relativement homogène (60% du bassin est composé de sols ou de roches sédimentaires carbonatés). Cette situation est exceptionnelle par rapport aux bassins des autres fleuves français. La majorité des plateaux se situe entre 100 et 300 m d'altitude (1% du BV dépasse l'altitude de 550 m). Ces altitudes modérées expliquent la faible pente naturelle des cours d'eau, une des plus faibles sur le territoire hexagonal, et l'existence des nombreux méandres. Cependant les plateaux de la partie sud-est du bassin ainsi que la bordure du Morvan peuvent atteindre près de 600 m sur le plateau de Langres (sources de la Seine et de ses affluents, l'Aube et la Marne), voire 990 m dans le Morvan, source de l'Yonne, principal affluent de la Seine.

Les principaux affluents de la Seine sont l'Yonne, l'Aube, la Marne, l'Aisne et l'Oise. La longueur du fleuve est de 780 km. La ville de Paris constitue

approximativement la limite entre la Seine amont et la Basse Seine.

### La situation hydrologique

#### Les écoulements

Le bassin versant de la Seine se présente comme une grande cuvette évasée aux reliefs modérés et peu contrastés, et au climat tempéré marqué par une circulation atmosphérique d'ouest dominante.

Les précipitations atmosphériques sur le bassin varient de 550 mm/an sur la Beauce à 1 200 mm/an sur les sommets du Morvan avec une médiane de 700 mm/an.

Les débits moyens annuels de la Seine à Poses, la station la plus aval avant l'estuaire (la surface du bassin à ce niveau est de 67 500 km<sup>2</sup>), sont estimés à 435 m<sup>3</sup>/s, soit un écoulement spécifique de 6,4 l/s/km<sup>3</sup> ou 203 mm/an.

Le déficit d'écoulement est donc de l'ordre de 500 mm/an. Il est attribué principalement à l'évapotranspiration.

Si on considère, les écoulements spécifiques des autres fleuves français<sup>2</sup>, on peut constater que l'écoulement de la Seine est le plus faible.

À Poses, les moyennes annuelles de débit varient de 230 à 650 m<sup>3</sup>/s. Au cours d'une année, la gamme des variations se situe entre 60 et 2 000 m<sup>3</sup>/s. Les

<sup>1</sup> L'Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN) gère un territoire de 100 000 km<sup>2</sup> réparti sur 25 départements comprenant 9 000 communes. Ce territoire inclut les cours d'eau suivants : Risle, Touques, Orne... qui se jettent directement dans la Manche et ne font pas partie du BV de la Seine proprement dit.

<sup>2</sup> 238 mm/an pour la Loire, 369 mm/an pour la Garonne, 558 mm/an pour le Rhône, 804 mm/an pour le Rhin à la frontière franco-allemande.

débits les plus élevés et les plus bas sont observés respectivement en janvier et août. Enfin, à titre de comparaison, le débit moyen de la Seine mesuré à Paris est de 260 m<sup>3</sup>/s.

#### *Les eaux souterraines*

À part environ 2 000 km<sup>2</sup> correspondant à la haute vallée de l'Yonne dans le Morvan cristallin, le bassin de la Seine se situe dans l'ensemble sédimentaire du Bassin parisien caractérisé par un empilement de couches de différentes roches. La nappe phréatique se trouve entre 38 et 137 m de profondeur. Les aquifères les plus importants sont situés dans des roches-réservoirs carbonatés (calcaire et craie) ou détritiques (sables et grès).

Le bassin de la Seine est particulièrement bien pourvu en eaux souterraines. Certains aquifères sont actuellement exploités pour répondre aux différents usages : alimentation en eau potable, irrigation, prélèvements pour l'industrie, réserve d'eau stratégique...

Outre la nappe de la Beauce, on peut citer :

- la nappe de la craie de l'ouest du bassin qui assure l'alimentation en eau potable de la majorité des collectivités de l'Eure et de la Seine-Maritime ;
- la nappe des calcaires de Champigny, qui alimente la quasi-totalité des communes de Brie ainsi qu'une partie de l'agglomération parisienne ;
- l'aurole orientale de la nappe de la craie, et les calcaires du Jurassique qui sont des nappes à circulation karstique. Ces nappes sont essentiellement exploitées pour l'alimentation en eau potable ;

- la nappe captive de l'Albien qui se situe sous les deux tiers du bassin. Cette nappe est considérée comme une ressource stratégique en eau ;

- les nappes alluviales, développées surtout dans la partie inférieure des cours d'eau et qui fournissent la majeure partie des volumes exploités pour l'alimentation en eau des collectivités.

La nappe située dans la Beauce (capacité estimée entre 10 et 20 milliards de m<sup>3</sup>), dont le système aquifère s'étend sur 9 000 km<sup>2</sup> entre Loir, Loire, Loing, Seine et Orge, constitue l'un des plus grands réservoirs d'eau douce de France. Cette nappe remplit plusieurs fonctions : réserve d'eau stratégique pour l'alimentation en eau potable, principale source d'eau pour l'irrigation de la Beauce.

De 1988 à 1992, le niveau des nappes, particulièrement en Beauce, a connu une baisse exceptionnelle avec des conséquences considérables sur l'environnement (assèchement de cours d'eau) et sur l'irrigation (limitation des pompages).

La tendance à la hausse des nappes au sein du bassin a été amorcée en 1997 ; elle s'est poursuivie jusqu'à l'automne 2001 où l'ensemble des piézomètres a atteint les niveaux les plus hauts jamais mesurés. Rappelons, en effet, que les précipitations des années 1999, 2000 et 2001 ont dépassé la normale de 15, 18 et 27%, respectivement.

Durant la période allant de septembre 2002 à août 2003, le cumul pluviométrique accuse au contraire un déficit de l'ordre de 20 à 40% par rapport à la normale sur la majeure partie du bassin. Ce déficit atteint 50% sur

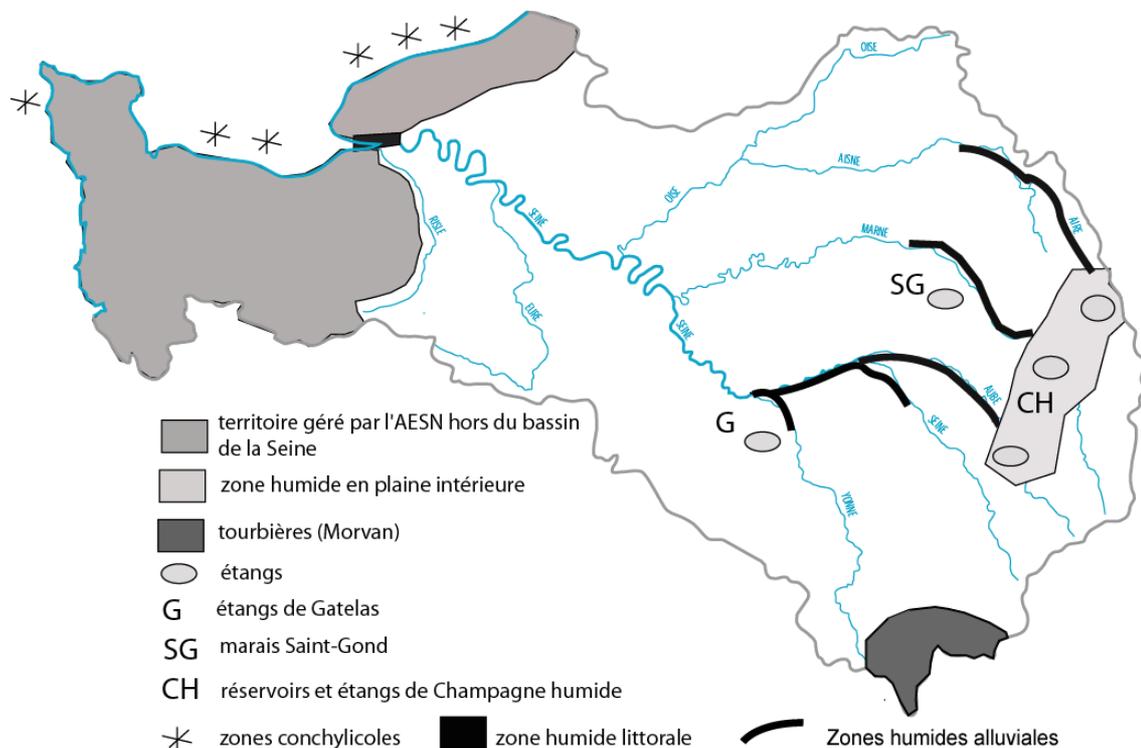


Figure 1. Principales zones humides du bassin de la Seine

la frange sud-est du bassin. Les nappes sont ainsi revenues, durant l'été 2003, à un niveau inférieur à celui d'une saison estivale moyenne. La situation n'est cependant pas préoccupante, sauf dans le bassin de la Marne, grâce aux très fortes recharges des derniers hivers.

#### *Les zones humides*

Elles se rattachent principalement au complexe estuarien naturel de la Basse Seine qui s'étend de Tancarville au Havre, sur la rive droite, et de Quillebeuf-sur-Seine à Trouville, sur la rive gauche : la superficie totale est de 23 000 ha. En Île-de-France et Champagne-Ardenne, elles s'étendent sur une superficie de 20 000 ha, situées entre La Bassée, délimitée à l'ouest par la ville de Montereau, et la confluence avec l'Aube, à l'est.

Les zones humides sont très diverses et on peut les regrouper en trois grandes catégories (fig. 1, ci-dessus) :

- les zones humides côtières concernent les baies, les estuaires et les marais côtiers ;
- les zones humides liées aux eaux courantes : c'est le cas, par exemple, de la Marne et de l'Aube ;
- les zones humides liées aux eaux stagnantes : c'est le cas des tourbières du Morvan.

Leur rôle est aujourd'hui reconnu et conduit à la mise en place d'une politique de protection de ces zones au sein du bassin. Les processus physico-chimiques, biologiques et hydrologiques qui s'y manifestent leur confèrent des fonctions spécifiques vis-à-vis de la rétention des polluants et de la régulation des écoulements. Par ailleurs, les zones humides servent d'habitats temporaires ou permanents à un grand nombre d'espèces de poissons, d'oiseaux et d'insectes, assurant ainsi des fonctions d'alimentation, de reproduction et de protection.

Deux exemples de fonctions particulièrement importantes assurées par les zones humides au sein du bassin Seine-Normandie sont soulignés ici :

- les zones humides situées en amont de Paris contribuent à ralentir le déplacement de la crue et à écrêter sa pointe protégeant des inondations les zones situées en aval. C'est le cas des zones humides bordant l'Aube et la Marne. Ces deux zones représentent une capacité de stockage de l'ordre de 295 millions de m<sup>3</sup> dont la destruction se traduirait forcément par la construction de barrages supplémentaires ;
- le bassin Seine-Normandie constitue un important lieu de passage des voies migratoires pour un nombre important d'oiseaux d'eau. Par ailleurs, le bassin abrite, principalement dans les zones humides, 74% des espèces d'oiseaux d'eau recensées comme nicheuses régulières en France et 81 % des espèces d'oiseaux d'eau hivernantes recensées en France.

Tableau I. Évolution de la population parisienne, de son agglomération et du bassin de la Seine entre 1800 et 2000 (en milliers d'habitants).

Année	1800	1900	1990	2000
Bassin de la Seine	4 900	8 000		16 000
Agglomération	1 000	2 500		10 000
Paris <i>intra muros</i> (INED)	546,9 (1801)	2 714,1 (1901)	2 175,2	2 107,8 (1999)

## Les pressions anthropiques

L'occupation et l'urbanisation des bassins fluviaux par l'homme le conduit à mobiliser le cycle de l'eau pour satisfaire ses différents usages. Ceux-ci couvrent une gamme large incluant les usages domestiques, agricoles, industriels, la production d'énergie, la navigation...

Ces différents usages entraînent des conséquences qualitatives et quantitatives sur les ressources hydriques, et une modification de la structure et du fonctionnement des systèmes vivants associés aux milieux aquatiques. Certains de ces usages peuvent être favorisés davantage que d'autres, cela dépend de la nature de l'activité dominante au sein du bassin (agricole, urbaine, industrielle...).

### La population

La population urbaine représente actuellement 86% du total de la population (environ 16 millions selon les données de l'année 2000, cf tab. I, ci-dessus), qui vit dans le bassin alors qu'en 1711, elle n'en représentait que 13%. La répartition actuelle de la population est très déséquilibrée : 10 millions d'habitants vivent sur les 2 500 km<sup>2</sup> de la région parisienne. Les gradients de densité varient d'1 habitant/km<sup>2</sup> (cas des forêts du Morvan, de Rambouillet et de Compiègne) à 1 000-10 000 habitants/km<sup>2</sup> (cas de Paris et de la Petite Couronne).

La ville de Paris est devenue progressivement la principale ville du bassin, puis de la France. En 862, sa population est estimée à 4 000 habitants. Elle atteint 50 000 habitants vers 1220. En 1328, Paris est la ville la plus peuplée de l'Occident avec 200 000 habitants. Vers la moitié du XVI<sup>e</sup> siècle, la population est proche de 350 000 habitants. À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, Paris compte 600 000 habitants. De 1872 à 1990, la population est multipliée par 3,4, alors que celle de la France entière n'augmente que d'1,5.

Depuis 1990, la population de la ville de Paris s'est stabilisée autour de 2,1 millions d'habitants.

L'agglomération parisienne au contraire, continue de se développer. Sa population a été multipliée par 4 au cours du XX<sup>e</sup> siècle.

### Le traitement des eaux usées

Le parc total des stations d'épuration (STEP) du bassin versant de la Seine est d'environ 1 500 ouvrages (environ 2 000 pour le territoire couvert par l'agence de l'eau Seine-Normandie), essentiellement de petite taille : 90% ont une capacité inférieure à 10 000 équivalents-habitants et plus de 50% ont une capacité inférieure à 1 000 éq.-hab. La capacité totale de traitement au sein du bassin était en 1997 de 19 536 600 éq.-hab. Les stations d'épuration produisent des déchets, ce sont les boues brutes.

Le Syndicat intercommunal d'assainissement de l'agglomération de Paris (SIAAP), dont le territoire d'action se situe sur la zone la plus peuplée de l'agglomération parisienne, en Marne aval (Noisy-le-Grand), en Seine amont (Valenton), en Seine centre (Colombes) et en Seine aval (Achères), a produit, en 2000, 253 032 t ; en 2001, 265 652 t ; et, en 2002, 261 000 t de boues brutes.

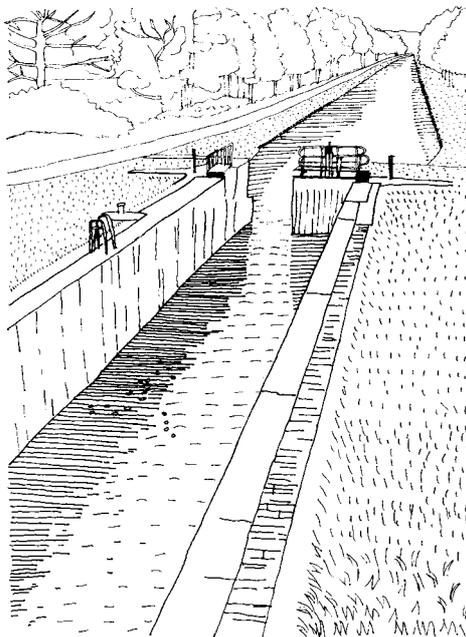
Lorsque l'on sait que l'épandage de ces boues donne lieu à de multiples précautions sanitaires et, parfois même, suscite de fortes oppositions de mouvements écologiques, il est utile d'examiner le devenir de ces boues.

En Marne aval, la station d'épuration de Noisy-le-Grand a produit, en 2002, (estimation) 9 000 t de boues brutes d'une siccité allant de 28 à 30%. Cette production a été incinérée à 100%.

En Seine amont, la station de Valenton qui a produit, en 2002, (estimation) 64 000 tonnes de boues brutes d'une siccité d'environ 28%, a incinéré 50% de sa production, le reste étant valorisé en agriculture (après chaulage), sur 2 départements.

En Seine centre, la station de Colombes a produit, en 2002, (estimation) 64 210 tonnes de boues brutes d'une siccité finale d'environ 30%. Ces boues ont été incinérées à 100%.

En Seine aval, la station d'Achères a produit, en 2002, (estimation) 123 750 tonnes de boues brutes d'une siccité finale située entre 50 et 55%. La valorisation agricole a été assurée pour environ 60 à 65% de la production. L'épandage s'est effectué sur 12 départements, auprès de 340 agriculteurs et sur environ 43 000 ha au total. La partie restante a été stockée en



centre d'enfouissement technique de déchets industriels banals (CET de classe 2).

### Les activités industrielles

Sur le bassin de la Seine sont concentrées 40% des activités industrielles de la France dont 79% de la production sucrière, 75% de la production de corps gras, 60% de la construction automobile, 30% du raffinage du pétrole.

La distribution géographique de ces industries, en partie liée au transport fluvial, est la suivante :

- les industries agro-alimentaires sont réparties sur le bassin mais prédominent largement, par rapport aux autres

industries, dans les bassins Seine amont, Marne en amont de l'Île-de-France et sur toute la Basse-Normandie ;

- l'industrie chimique-pétrole est fortement représentée en Haute-Normandie, en bordure de Seine ainsi que dans le bassin Oise-Aisne ;

- les industries mécaniques et métallurgiques sont essentiellement implantées en Île-de-France et en Seine aval, de même que les industries papetières ;

- le lit de la Seine est considéré comme principale source de matériaux de construction (sable et granulats) dans la région parisienne (8,62 millions de tonnes de granulats alluvionnaires ont été extraits du bassin de la Seine en 1997) ;

- on note enfin l'existence d'une forte activité hydroélectrique en amont du bassin (en particulier sur l'Yonne et ses affluents), sur le cours aval de la Seine et sur l'Eure. Il existe également une unité de production d'électricité d'origine nucléaire située dans l'Aube.

### Les activités agricoles

La part des agriculteurs exploitants dans la population active ayant un emploi est de 2%. Le nombre d'exploitations a diminué en moyenne de 30 à 40% entre 1970 et 1988 mais la superficie moyenne de celles-ci est passée de 42 à 55 ha au cours de la même période. Cependant, sur près de 60 000 km<sup>2</sup>, soit 80% du bassin, l'activité agricole est importante et très diversifiée.

Au cours de la période 1970-2000, le système de production agricole dans le bassin a connu des changements qui se sont traduits par des modifications importantes des surfaces agricoles utiles (SAU) attribuées aux différentes activités agricoles (tab. II).

Les grandes tendances de ces changements sont les suivantes :

Tableau II. Répartition des surfaces agricoles utiles selon les différentes activités agricoles dans le bassin de la Seine de 1970 à 2000

Dénomination de 1970 à 1988	% de SAU en 1970	% de SAU en 1979	% de SAU en 1988	Dénomination en 2000	% de SAU en 2000
Céréales	23,7	27,9	19,7	Céréales et oléoprotéagineux	48,7
Grandes cultures	24	26,5	42,6	Culture générale	15
Maraîchage	0,2	0,1	0,2	Maraîchage	1,2
Viticulture	0,7	0,9	1	Viticulture	1,1
Fruits	0,4	0,3	0,3	Fruits	0,6
Bovins Lait	8,9	8,5	5,9	Bovins Lait	5,7
Bovins Viande	4,2	5,2	5,6	Bovins Viande	5,4
Bovins Lait-Viande	5,3	4,9	3,5	Bovins Lait-Viande	2,7
Ovins	2,6	2,5	2,2	Ovins	2
Granivores	0,2	0,3	0,2	Granivores	0,1
Polyculture	2,7	2,4	2,2	Polyculture	1,7
Polyculture-élevage	26,7	19,7	16	Grandes cultures et herbivores	15,3
Autres	0,3	0,5	0,6	Autres combinaisons	0,5

- l'abandon de l'élevage dans la majeure partie du centre du Bassin parisien. Ce recul se traduit par une érosion continue des surfaces en prairies permanentes (-25% en trente ans). La raison principale est la pénibilité du travail et l'astreinte quotidienne du métier d'éleveur ;

- le recul de l'élevage est corrélé à la céréalisation croissante du bassin. Les surfaces de blé sont en augmentation continue dans l'ensemble du bassin (+50% en trente ans). Toutefois le maïs grain subit un recul depuis les années 1970-1980 et est progressivement remplacé par les oléoprotéagineux. Parmi ceux-ci, le colza est certainement le plus répandu sur toute la zone et, notamment, sur l'est du bassin où il est devenu la principale tête de rotation ;

- dans le nord du bassin, les cultures industrielles rassemblées dans la rubrique « culture générale » du tableau II se sont développées. Parmi ces cultures, la betterave sucrière domine notamment en Picardie et en Champagne. Les autres cultures, comme la pomme de terre et les légumes de plein champ, présentent une importance particulière à cause des liens

avec les industries agro-alimentaires.

Le changement du paysage agricole dans le bassin n'est pas sans conséquences sur l'environnement.

La céréalisation accrue du bassin a été réalisée dans le cadre d'une agriculture productive et très performante. Celle-ci est très exigeante en intrants, notamment en engrais et pesticides. Par ailleurs, les cultures annuelles, contrairement au cas des prairies, occupent l'espace pendant une partie de l'année seulement. Les reliquats d'azote, de pesticides après les récoltes et le ruissellement accru des pluies sur les sols contribuent, d'une façon très significative, à la pollution chimique de l'eau de surface et de la nappe.

### Le transport fluvial

Le bassin de la Seine compte 1 427 km de voies navigables (fig. 2), dont 550 à grand ou moyen gabarit et le trafic dépasse 3,2 milliards de tonnes. Cela représente 25% du réseau fluvial français en longueur et plus de 50% du trafic. La Seine est la 2<sup>e</sup> voie navigable

Tableau III. Trafic annuel des principaux produits (chargements et déchargements en tonnes) du port autonome de Paris (année 2001)

Nature du trafic	Produits agricoles (céréales)	Denrées alimentaires et fourrages	Minéraux bruts ou manufacturés et matériaux de construction	Engrais
Chargement	942 448	216 170	5 451 835	4 553
Déchargement	344 588	16 646	9 423 197	17 700
Total	1 287 036	232 816	14 875 032	32 253

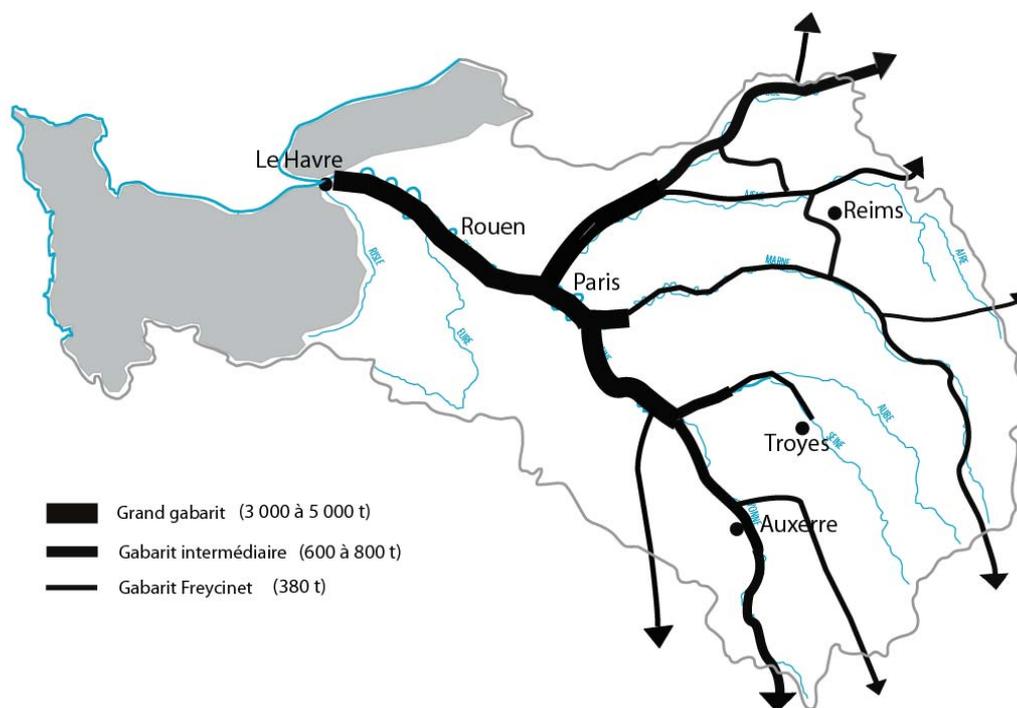


Figure 2. Voies navigables du bassin de la Seine

européenne après le Rhin. Le trafic fluvial (tab. III) du port autonome de Paris (18,5 millions de tonnes en 2001) en fait le 2<sup>e</sup> port fluvial d'Europe. Le gabarit européen (3 000 t) s'étend sur la Seine, de son embouchure jusqu'à Bray, en amont de Montereau, et sur l'Oise, jusqu'à Compiègne. Le trafic fluvial du port de Paris a connu, en 2001, un tassement de 6,4% par rapport à 2000. Les produits agricoles et alimentaires ont été victimes de conditions climatiques défavorables ayant entraîné une très mauvaise récolte de céréales.

On note (*cf* tab. III) que les transports de minéraux bruts et de matériaux de construction constituent l'essentiel de ce trafic. Le reste est constitué de produits liés aux activités agricoles.

### Le système de régulation

Le programme de régulation de la Seine a été entamé dans les années 1930. Il permet aujourd'hui (fig. 3, ci-après) un stockage de 860 millions de m<sup>3</sup> d'eau. Les ouvrages existant contrôlent, à l'amont de la ville de Paris, le débit de 17% de la surface du bassin de la Seine. Des capacités de 800 millions de m<sup>3</sup> peuvent être mobilisées pour le soutien des étiages et 820 millions de m<sup>3</sup> pour l'écroulement des crues (tab. IV, ci-dessous).

Trois barrages (Seine, Marne et Aube), qui présentent une capacité totale de stockage de 725 millions de m<sup>3</sup> d'eau, assurent l'essentiel du stockage ; leur gestion est confiée à l'Institution interdépartementale

Tableau IV. Caractéristiques générales des réservoirs de Champagne

Caractéristiques générales	Lac-réservoir Marne Lac du Der-Chantecocq en dérivation de la Marne	Lac-réservoir Aube Lacs Amance et du Temple en dérivation de l'Aube	Lac-réservoir Seine Lac d'Orient en dérivation de la Seine	Lac-réservoir de Pannecière sur l'Yonne
Date de mise en service	1974	1989/1990	1966	1949
Bassin versant contrôlé	2 900 km <sup>2</sup>	1 650 km <sup>2</sup>	2 300 km <sup>2</sup>	220 km <sup>2</sup>
Superficie	48 km <sup>2</sup>	25 km <sup>2</sup>	24 km <sup>2</sup>	5,2 km <sup>2</sup>
Capacité normale	350 millions de m <sup>3</sup>	170 millions de m <sup>3</sup>	205 millions de m <sup>3</sup>	80 millions de m <sup>3</sup>
Capacité exceptionnelle	364,5 millions de m <sup>3</sup>	185 millions de m <sup>3</sup>	217 millions de m <sup>3</sup>	82,5 millions de m <sup>3</sup>
Débit maximal de prélèvement	408 m <sup>3</sup> /s	135 m <sup>3</sup> /s	180 m <sup>3</sup> /s	82 m <sup>3</sup> /s en février 1999 à l'entrée du réservoir
Débit maximal de soutien d'étiage	50 m <sup>3</sup> /s	35 m <sup>3</sup> /s	35 m <sup>3</sup> /s	14 m <sup>3</sup> /s

des barrages du bassin de la Seine (IIBRBS).

La capacité du système de régulation actuel ne permet pas cependant d'endiguer des crues « centennales » comparables à celles que Paris a connues en janvier 1910. À cette date, la cote d'alerte au pont d'Austerlitz a atteint 8,62 m et la quantité d'eau passée au-dessus de la cote d'alerte de 3,20 m (qui correspond actuellement à la fermeture des voies sur berges) était de 2,5 milliards de m<sup>3</sup>. Les changements intervenus dans les activités agricoles, l'urbanisation, les infrastructures routières seraient des facteurs aggravant dans le cas des crues exceptionnelles comparables à celles de 1910.

Parmi les moyens mis en œuvre actuellement pour faire face à des crues exceptionnelles, on peut relever la modification du lit des rivières du fait de la suppression d'un certain nombre de ponts à piliers - ce qui facilite l'écoulement -, une meilleure gestion des lacs réservoirs et l'augmentation de la capacité de stockage sur la plaine de la Bassée grâce à l'utilisation des gravières de la plaine comme zone inondable.

### Les activités de loisirs

Tous les milieux aquatiques sont le lieu d'activités de loisirs. On note cependant que les sports nautiques sont en plein essor, tandis que la pêche en eau douce tend à régresser. Ces différentes activités de loisirs sont soutenues par des schémas régionaux du tourisme fluvial et par des plans départementaux de randonnées nautiques. Le littoral est concerné par différentes activités (hôtellerie, baignade, pêche à pied...) très sensibles aux pollutions générées par certains modes d'occupation des sols qui peuvent entraîner des conflits avec les acteurs locaux.

### L'impact de la pression anthropique sur les situations quantitatives et qualitatives de l'eau

#### La situation quantitative

Les volumes prélevés actuellement (données agence de l'eau Seine-Normandie 1997 à 2001) sont de l'ordre de 2 900 millions de m<sup>3</sup>. La répartition de ce prélèvement est présentée dans le tableau V, ci-dessous.

Elle concerne essentiellement l'industrie et la consommation en eau urbaine. Les prélèvements restent très raisonnables comparés aux ressources hydriques

Tableau V. Prélèvements d'eau dans le bassin de la Seine de 1997 à 2001

(sont exclus les départements de la Manche, de l'Orne, du Calvados et de la Seine-Maritime).

	Prélèvements collectivités en millions de m <sup>3</sup>					% / 2001
	1997	1998	1999	2000	2001	
Albien	15,3	15,3	15	15,5	15,3	0,9
Nappe	816,7	808,3	814	813,7	831,5	51,4
Surface	793,2	775	774	774,5	772,5	47,7
Total	1625,2	1598,6	1603	1603,7	1619,3	
	Prélèvements industriels en millions de m <sup>3</sup>					% / 2001
	1997	1998	1999	2000	2001	
Albien	3,7	3,8	3,8	4	4,4	0,3
Nappe	210	204,6	196	187,4	183	15
Surface	865	1359,7	1103	972,3	868	72,3
Indéfini	231	118,7	139	139	148,6	12,4
Total	1309,7	1686,8	1441,8	1302,7	1200	
	Prélèvements irrigation en millions de m <sup>3</sup>					% / 2001
	1997	1998	1999	2000	2001	
Albien	0,23	0,13	0,14	0,24	2	2 %
Nappe	101	98	101,5	74	88	90,7 %
Surface	11,5	10	9,2	6,7	7	7,3 %
Total	112,73	108,13	110,84	80,94	97	
Part annuelle irrigation	3,7 %	3,18 %	3,5 %	2,7 %	3,3 %	

Données Agence de l'eau Seine Normandie.

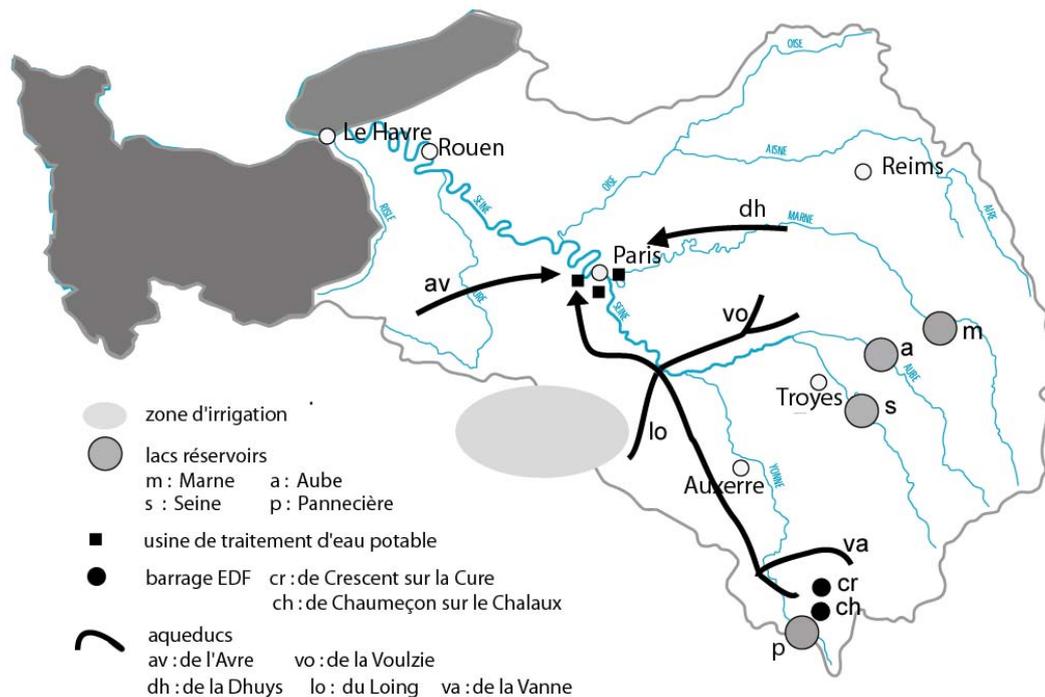


Figure 3. Les systèmes de régulation, de distribution et de prélèvement d'eau du bassin de la Seine

superficielles et souterraines disponibles dans le bassin de la Seine.

Les faits marquants sont :

- l'industrie utilise principalement l'eau de surface, alors que l'eau destinée à l'usage domestique a une double origine superficielle et souterraine. Les usines de traitement de l'eau superficielle sont localisées dans le sud de Paris. L'eau souterraine est puisée en nappes situées en zone rurale hors Île-de-France puis acheminée vers Paris par un réseau d'aqueducs (fig. 3, ci-dessus) ;
- la grande partie de l'eau prélevée par l'industrie l'est par EDF. Cette eau retourne dans l'hydrosystème sans grande modification. En revanche, l'eau prélevée pour la distribution urbaine est rejetée sous une forme imparfaitement traitée ;

- les prélèvements d'eaux pour l'agriculture sont faibles. Ils sont cependant concentrés dans la plaine de la Beauce et utilisent principalement l'eau souterraine<sup>3</sup> ;

- à partir de 1990, on note une diminution des prélèvements d'eau (le niveau actuel est voisin de celui de 1970) pour différentes raisons : la diminution des

prélèvements industriels, la mise en place des centrales nucléaires, la diminution des pertes en réseau (10% actuellement au lieu de 48% avant la Seconde Guerre mondiale), et enfin les facteurs économiques (coût de l'eau).

Tableau VI. Niveaux de concentration des nutriments dans les eaux de rivières non polluées et dans la Seine à Poses

	N-NH4+	N-NO3-	P-PO4-3	COP
Niveaux, en mg/l, fleuves non pollués				
Max	0,04	0,2	0,025	
Min	0,005	0,05	0,002	
Moyennes mondiales non polluées (pondérées par les débits)				
	0,015	0,1	0,01	3
La Seine à Poses (étude pilote)				
	2,41	4,38	0,7	2,05

Source : Cossa *et al.*, 1994.

### La situation qualitative

La qualité de l'eau dans le bassin peut être appréciée à partir des observations sur la présence de nutriments, d'éléments contaminants et des bactéries présentes dans le fleuve et la nappe souterraine.

<sup>3</sup> Les surfaces irriguées pour les départements du bassin de la Seine (ne sont pas comptabilisés : le Calvados, la Manche, l'Orne, la Seine-Maritime qui sont hors du bassin versant) en 1996, sont de 105 800 ha (source : agence de l'eau Seine-Normandie).

### La qualité des eaux de la Seine

*Les nutriments.* La présence de ces éléments dans les eaux de rivières est en grande partie liée aux activités anthropiques. Les phosphates sont, en général, issus de rejets ponctuels des stations d'épuration des eaux usées et des industries. L'ammoniaque provient essentiellement des rejets domestiques et plus spécialement à la suite de débordements d'égouts. Les nitrates sont issus en grande partie des terrains agricoles par l'épandage des engrais et atteignent les rivières par lessivage direct des sols ou via les eaux souterraines. Le tableau VI montre les niveaux de concentrations, mesurés dans certains fleuves non contaminés, et ceux des concentrations dans la Seine, issus des mesures de l'étude pilote réalisée dans le cadre du programme PIREN-SEINE et publiée en 1994. Elles confirment la contamination de la Seine en  $PO_4$  (70 fois les niveaux naturels), en  $NO_3$  (44 fois les niveaux naturels) et en  $NH_4$

Tableau VII. Concentrations moyennes en éléments particuliers et en éléments dissous dans la Seine à Poses

Éléments particuliers	CLP	Étude pilote
Cd ( $\mu g/g$ )	5 à 6	4,95
Cu ( $\mu g/g$ )	80 à 360	177
Hg ( $\mu g/g$ )	2 à 5	1,22
Pb ( $\mu g/g$ )	100	184
Zn ( $\mu g/g$ )	300	611
Éléments dissous	CLP	Étude pilote
Cd ( $\mu g/g$ )	100	30
Cu ( $\mu g/g$ )	< 2	1,89
Hg ( $\mu g/g$ )	10	2,8
Pb ( $\mu g/g$ )	200	458
Zn ( $\mu g/g$ )	10	11,54

Source : Cossa *et al.*, 1994.

CLP : aval du barrage, données de la Cellule de lutte contre la pollution pour l'année 1990

(170 fois les niveaux naturels). Par contre, les teneurs en carbone organique particulaire (COP) sont de l'ordre de ceux des rivières non contaminées.

*Les éléments contaminants.* Le tableau VII, ci-dessus, donne, d'après les études réalisées dans le cadre du programme PIREN-SEINE, des ordres de grandeurs des concentrations moyennes en éléments particuliers et dissous dans la Seine à Poses. Ces éléments résultent très souvent des activités industrielles.

Si l'on compare les teneurs en métaux et arsenic de la Seine, aux concentrations rencontrées dans le Changjiang, la Huanghe, l'Amazone, la Krka et la Léna,

pris comme fleuves de référence préindustrielle qui sont peu affectés par les rapports anthropiques, la contamination de la Seine peut alors s'estimer à :

- pour les teneurs particulières : 2 fois plus élevées en zinc, 5 fois plus en cuivre, 6 fois plus en plomb, 10 fois plus en cadmium ;
- pour les concentrations des formes dissoutes : 4 fois plus en mercure, 6 fois plus en cadmium, 10 fois plus en plomb, 30 fois plus en zinc.

Les nutriments et les éléments contaminants présentent des variations avec le débit. En général les nitrates augmentent, alors que les autres nutriments diminuent avec l'augmentation du débit.

*La contamination bactérienne.* L'eau véhicule des micro-organismes pathogènes, en particulier des bactéries dont le suivi et le contrôle sont des éléments majeurs pour la préservation de la santé publique. Actuellement, dans l'Union européenne, les contrôles sanitaires des eaux de surface sont généralisés pour les eaux de baignades et pour celles utilisées pour la production de l'eau potable.

Dans le cadre du programme Seine aval, un suivi régulier de la qualité sanitaire de l'eau a été réalisé entre 1977 et 1996. Les prélèvements concernent la station La Pouille, située à l'aval de la ville de Rouen dans l'estuaire de la Seine. Les résultats soulignent l'abondance des bactéries d'origine fécale dont le nombre est quasiment toujours supérieur à celui fixé par les normes européennes comme valeurs guides pour les eaux de baignade.

Les auteurs notent, par ailleurs, que la teneur en bactéries fécales présente une variabilité spatiale le long de la Seine. Les pics sont observés à l'aval des villes. Des observations réalisées à Conflans (70 km en aval de Paris) et à Poses ont permis de constater que sur 130 km entre Conflans et Poses, les dénombrements des bactéries d'origine fécale chutent d'environ 480 fois.

### La qualité des eaux souterraines

Les principales sources de contamination proviennent des nitrates et des produits phytosanitaires. On ne dispose pas encore de données concernant la pollution bactérienne.

*Les nitrates.* Selon les observations obtenues par le réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines mis en place en 1997 par l'agence de l'eau Seine-Normandie (300 captages sur 15 départements répartis sur l'ensemble des nappes) : 50% des captages présentent une bonne qualité (< 25 mg/l), 10% une teneur entre 40 et 50 mg/l et 10% une teneur supérieure à 50 mg/l.

*Les produits phytosanitaires.* Les deux principaux produits qui sont à l'origine des contaminations sont l'atrazine et la triazine. Les nappes

les plus touchées sont la nappe de Champigny et la nappe du Perthois, dans la Marne.

### Les conséquences

De 1993 à 1998, sur 25 départements, 148 captages ont été abandonnés pour cause de pollution par nitrates et 22 pour cause de pollution par pesticides.

En 1998, 15 captages ont été abandonnés à cause des nitrates et 5 du fait des pesticides.

En 2001, sur 21 départements, 13 captages ont été abandonnés pour cause de nitrates et 5 pour cause de pesticides.

La fermeture régulière de captages d'eau (208 entre 1993 et 2001), du fait de la présence de nitrates ou de pesticides, est pour le moins inquiétant. Elle souligne l'urgente nécessité de revoir d'une manière fondamentale les pratiques employées, par tous les acteurs concernés par les usages de l'eau, si l'on ne veut pas assister, dans un bref délai, à la pollution des nappes souterraines.

### Conclusion

L'analyse précédente fait apparaître que la situation quantitative dans le bassin ne présente pas actuellement de risques majeurs. Cela n'exclut pas cependant des incidents quantitatifs locaux conduisant à la mise en place des plans d'économie d'eau. C'est le cas dans le bassin de la Marne suite à la sécheresse estivale de l'année 2003. C'est également le cas dans la Beauce durant les années 1988-1992. La situation qualitative est en revanche préoccupante d'autant plus que les normes européennes deviennent de plus en plus strictes.

Pour réaliser des améliorations significatives dans le domaine qualitatif, des avancées doivent être réalisées dans les 6 domaines suivants.

#### 1) La réduction des pollutions organiques

La maîtrise des rejets urbains ne doit pas faire oublier l'importance des flux de pollutions mobilisées puis transportées par les eaux pluviales. Celles-ci sont largement moins bien maîtrisées et participent de façon très significatives à la dégradation du milieu.

Le rendement général d'abattement de la pollution organique de l'agglomération parisienne est voisin de 50%. Ce chiffre moyen englobe des situations diverses :

- les rejets domestiques par temps sec : des progrès ont été réalisés, 90% de l'ammoniaque est actuellement éliminé ;
- les rejets domestiques par temps pluvieux : ils arrivent directement dans la Seine sans traitement.

#### 2) La réduction des pollutions industrielles

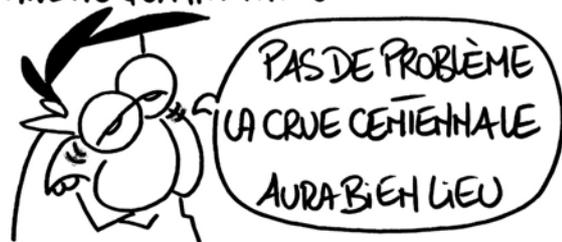
Les rejets industriels dans les eaux du bassin présentent une tendance à la baisse grâce à l'amélioration des procédés d'épuration. Cette amélioration concerne particulièrement les quantités de « métaux lourds » (cuivre, zinc, nickel, cadmium).

Les rapports de la Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE) d'Île-de-France laissent penser que des progrès notables dans la réduction des pollutions industrielles sont encore possibles, pour les raisons suivantes : deux entreprises sur trois contrôlées en 2002 et 2003 ne respectent pas les normes de rejets ; sur cette même période 2002-2003, 18% des contrôles débouchent sur des sanctions administratives et pénales, et enfin de nombreux industriels ont une maîtrise insuffisante du pilotage de leurs installations de dépollution.

#### 3) La réduction des pollutions d'origine agricole

Des observations récentes permettent d'évaluer les rejets en nitrates, phosphore et pesticides. Actuellement les solutions mises en œuvre du type agro-environnementales (opérations Ferti-mieux et maîtrise des effluents d'élevages) pour limiter ces rejets sont très

#### NIVEAU QUANTITATIF :



#### NIVEAU QUALITATIF :



timides. Il devient de plus en plus urgent d'examiner certaines pratiques agricoles et environnementales associées à la pollution d'origine agricole. Celles-ci concernent principalement :

- le drainage agricole ;
- l'utilisation des intrants dans l'agriculture intensive (dont la viticulture) ;
- la gestion des sols nus entre les récoltes annuelles céréalières ;
- la gestion et la protection des zones humides ;
- la réimplantation des bandes enherbées sur les berges de rivières.

L'absence de progrès notables dans la réduction de pollutions d'origine agricole pourrait conduire, dans le futur, à envisager la maîtrise de la gestion agricole du territoire des bassins d'alimentation en eau de la ville de Paris et de son agglomération, pour préserver la qualité de l'eau potable.

#### 4) *La réduction de l'épandage des boues urbaines*

L'usage des boues de stations d'épuration, dans le milieu agricole, est de plus en plus contesté. D'autres solutions techniques de substitution à l'épandage sont utilisées telles que :

- l'incinération des boues après séchage, dans des centres spécialisés ;
- le compostage : les boues mélangées à des déchets végétaux broyés sont fermentées, le compost qui en est issu est utilisé en horticulture, maraîchage... (une norme NF est en préparation) ;
- la méthanisation des boues urbaines et l'utilisation des résidus (réduits de 30%), en recyclage agricole.

#### 5) *La lutte contre la pollution du littoral*

Cette lutte a pour objectif de sauvegarder les activités économiques liées au tourisme et à la production conchylicole.

#### 6) *La protection des milieux aquatiques*

Les menaces affectant l'intégrité des milieux aquatiques ont une double origine : d'une part, la modification des propriétés physiques et chimiques de l'eau suite aux différents usages (industriels, agricoles et domestiques) et, d'autre part, les systèmes de régulation des flux d'eau mis en place pour faciliter la navigation ou pour assurer la protection contre les inondations.

Les six champs d'actions développés ci-dessus ne constituent évidemment pas l'unique domaine d'activité de préservation de la qualité de l'eau. Ils ont été mis en relief car ils apparaissent à chaque fois que le dialogue s'instaure entre les gestionnaires du bassin, les usagers et les chercheurs concernés par les problèmes de qualité de l'eau ■

Cette étude a été entreprise dans le cadre de la prospective eau INRA-CEMAGREF animée par Michel Sebillote. Les auteurs remercient Luc-André Leclerc et Marc Benoît pour les suggestions et les remarques apportées au manuscrit.



## Annexe : Les principaux acteurs du bassin

### 1. Les observatoires de mesures

Ils sont pris en charge (cf tab. IX) par l'agence de l'eau Seine-Normandie (AESN), le Conseil supérieur de la pêche (CSP) ou les ministères chargés de l'environnement (ME) et de l'industrie (MI).

Tableau IX. Les réseaux de mesure en 1997

Réseaux	Points de mesures	Paramètres mesurés	Banques de données	Maîtrise d'ouvrage
Pluviométrie <sup>a</sup>	170 pluviomètres 20 pluviographes 50 postes multi-paramètres	hauteurs des précipitations (enregistrements manuels ou automatiques)	PLUVIO	AESN
Hydrométrie	368 stations	hauteurs d'eau et débits des rivières (enregistrements)	HYDRO	ME
Piézométrie	224 piézomètres dont 58 sont télétransmis	niveaux des nappes	banque du sol et du sous-sol (BRGM) <sup>b</sup>	MI
Eaux souterraines <sup>c</sup> (qualité)	304 captages AEP	physico-chimie, produits phytosanitaires (prélèvements manuels 1 à 4 fois/an)	base en cours d'élaboration	AESN
Eaux de surface (qualité)	380 points	physico-chimie, métaux (142 sites), micropolluants organiques (87 sites), hydrobiologie (283 sites) (prélèvements manuels, 6 à 24/an)	banque de données AESN	AESN <sup>d</sup>
Réseau Hydrobiologique et Piscicole <sup>e</sup>	147 points	inventaire des populations piscicoles, pêche électrique (3 à 4 fois/an)	Banque hydrobiologique et piscicole (CSP)	CSP
Eaux littorales gisements coquillers (qualité)	87 sites eau + 19 sites coquillages	analyses bactériologiques, micropolluants métalliques (coquillages)	néant	AESN
Réseau national de surveillance des ports maritimes	24 ports	physico-chimie et bactériologie pour l'eau, micropolluants pour les sédiments	RNDE	ME

Source : Agence S-N. bilan 1998.

<sup>a</sup> Le Réseau pluviométrique complémentaire conforte le réseau Météo France.

<sup>b</sup> Données AESN consultables via Internet ([agences\\_eau.brgm.fr/accueil\\_sn.dbc](http://agences_eau.brgm.fr/accueil_sn.dbc)).

<sup>c</sup> Réseau de points fixes.

<sup>d</sup> L'AESN a la maîtrise d'ouvrage déléguée du Ministère chargé de l'Environnement pour le RNB et la maîtrise d'ouvrage du réseau complémentaire.

<sup>e</sup> Réseau hydrobiologique et piscicole (RHP). A débuté en 1995.

### 2. La gestion du bassin

Elle concerne principalement le Service de navigation de la Seine, l'Institution interdépartementale des barrages du bassin de la Seine et l'agence de l'eau Seine-Normandie.

### 3. La distribution de l'eau

Elle est répartie entre trois structures : la Société anonyme de gestion des eaux de Paris, le Syndicat des eaux d'Île-de-France et le Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne.

### 4. Les secteurs privés

Ce sont l'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction, les chambres d'industries et les chambres d'agriculture.

## Références bibliographiques

- ANONYME, 2000. *La nappe des calcaires de Beauce*. Note DIREN Centre et Île-de-France. *La houille blanche*, 7-8..
- ANONYME, 1994. *Les zones humides, rapport d'évaluation*. Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques. Premier Ministre, Commissariat général du Plan. La documentation française, 391 p.
- ANONYME, 1996. *Analyses et modélisations des systèmes fluviaux anthropisés (PIREN-Seine)*. Vol. 1 : Bassins versants ruraux ; vol. 2 : Corridor fluvial ; vol. 3 : Bassins versants urbains ; vol. 4 : Axe fluvial. Laboratoire de géologie appliquée, université P. et M.-Curie, np.
- ANONYME, 1997. *Les zones humides du bassin Seine-Normandie*. Agence Seine-Normandie, 36 p.
- ANONYME, 1998. *Agence Seine-Normandie : rapport d'activité 1998-2001*. Agence Seine-Normandie, 63 p.
- ANONYME, 1998. *Tableaux de bord : suivi des orientations du schéma directeur d'aménagement des eaux du bassin Seine-Normandie*. Agence Seine-Normandie, 63 p.
- ANONYME, 2002. *L'environnement en France*. IFEN, 605 p.
- ANONYME, 2002. *Rapport d'activités 2001*. Port autonome de Paris.
- ANONYME, 2002. *Réseau piézométrique de la région Centre, Annuaire 2001*. Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM 2002-Eau-247. Février 2002, BRGM/RP-51593-FR
- COSSA D., MEYBECK M., IDLAFKIH Z., BLOMBLED B., 1994. *Étude pilote des apports en contaminants par la Seine*. Rapport final d'un projet financé par l'agence de bassin Seine-Normandie, le ministère de l'Environnement et l'IFREMER, 151 p.
- MEYBECK M., DE MARSILY G., FUSTEC E., 1998. *La Seine en son bassin. Fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé*. Elsevier, 749 p.
- NOUZILLE C., NICOUILLAUD B., DUVAL O., GOLAZ F., COUTURIER A., BRUAND A. 1999. *Étude de l'alimentation naturelle de la nappe de Beauce. Elaboration d'un modèle de calcul de l'infiltration efficace*. Centre de recherche d'Orléans, np
- PETIT O., 2002. *De la coordination des actions individuelles aux formes de l'action collective : une exploration des modes de gouvernance des eaux souterraines*. Thèse de doctorat, université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, 410 p.
- SERVAIS P., CASTIGNOLLES N., PETIT F., GEORGES I., BUFFET-JANVORESSE C., FICHT A., 1999. *Programme scientifique Seine-aval. Contaminations bactérienne et virale*. IFREMER, Paris, 26 p.
- VNF, 2001. *Statistiques annuelles de la navigation intérieure 2001*. Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement.
- Autres sources  
PIREN - SEINE, rapports de synthèse 1998-2001  
Les Lacs réservoirs. Institution interdépartementale des barrages-réservoirs du bassin de la Seine. [www.iibrbs.gouv](http://www.iibrbs.gouv)  
*Rapport sur les Rejets d'eaux industrielles 2003. Résultats des contrôles inopinés réalisés par la DRIRE Ile-de-France*. DRIRE, [www.ile-de-france.drire.gouv.fr/environnement/index.html](http://www.ile-de-france.drire.gouv.fr/environnement/index.html)

De nombreuses cartes et banques de données sont disponibles à [www.eau-seine-normandie.fr/](http://www.eau-seine-normandie.fr/) sur le site de l'agence de l'eau Seine-Normandie.

