

Thème Transversal A

Analyse rétrospective et prospective du fonctionnement du système Seine

Introduction générale

Responsable: Michel Meybeck (UMR Sisyphe, Paris)

Les systèmes fluviaux non influencés par l'homme sont en général à l'équilibre avec les conditions du milieu naturel et n'évoluent que très lentement au rythme des changements climatiques ou géologiques. Leur fonctionnement n'en est pas moins très dépendant d'événements exceptionnels de fréquence de retour décennale ou séculaire. Le temps est donc une dimension essentielle à prendre en compte dans l'étude des systèmes fluviaux naturels.

L'anthropisation des fleuves et de leur bassin versant conduit à d'autres changements, à des échelles de temps et d'espace très variées et souvent interdépendantes, qui interfèrent avec la dynamique temporelle déjà complexe des systèmes naturels.

En Europe de l'Ouest, ces changements concernent dès le Néolithique l'occupation du sol sur le bassin versant. L'aménagement hydraulique du réseau hydrographique, avec la création d'étangs et de moulins sur les plus petits cours d'eau est maximum dès les XII et XIIIe siècles. Dès cette époque, les procédés proto-industriels sont déjà générateurs d'une pollution ponctuelle organique et toxique proportionnellement très importante par rapports aux productions, dans les centres urbains, sans qu'une estimation quantitative en soit disponible. L'accroissement démographique des villes et l'accroissement de la production industrielle, qui se fait tout d'abord selon les mêmes procédés artisanaux, conduit à une augmentation considérable de la pollution urbaine au début du XIXe siècle. La «révolution sanitaire» menée à Paris par Belgrand amène la collecte des eaux usées pour un déversement ponctuel en aval de la capitale d'abord sans épuration puis avec un traitement progressif. Cette phase du « tout à la rivière » durera jusque vers les années soixante à partir desquelles les traitements et/ou le recyclage des eaux usées domestiques puis industrielles se mettent en place. Les premières réglementations généralisées liées à la qualité du milieu aquatique se développent avec la mise en place des Agences de Bassin au début des années 1970. En matière de production agricole, les grands changements ne s'amorcent que vers les années 1950 avec la généralisation du recours aux engrais de synthèse, puis aux pesticides. La prise de conscience de l'impact de l'agriculture moderne sur la qualité des eaux, et la mise en place de programmes d'action en ce domaine, ont aussi été beaucoup plus tardives que celles relatives aux problèmes causés par les rejets urbains.

Durant les 150 dernières années, parallèlement aux grandes vagues de pollutions suivies de prise de conscience et d'action pour gérer la qualité des eaux des fleuves, l'hydrographie fluviale a été profondément modifiée: aux multiples étangs et moulins établis à la fin du Moyen Age surtout sur les cours d'eau d'ordre 2 à 5, ont succédé les travaux de canalisation des cours d'eau d'ordre 6 à 8 à des fins de navigation, l'extractions de granulats dans le lit mineur puis dans le lit majeur des grandes rivières, la construction de barrages et de réservoirs destinés à la production hydroélectrique, à la régulations des crues ou au soutien des étiages.

La rapidité de ces changements et l'inertie de la réponse du système empêche désormais de considérer les écosystèmes fluviaux comme à l'équilibre par rapport aux contraintes anthropiques auxquelles ils sont soumis.

1. L'approche du PIREN-Seine

Dans ses deux premières phases (de 1989 à 1997) le Programme PIREN-Seine s'est attaché à mettre en évidence l'importance actuelle de ces impacts anthropiques sur le fonctionnement du système fluvial et à mettre au point des outils méthodologiques pour les comprendre. Des approches typologiques descriptives de l'évolution du milieu, prenant en compte la taille des bassins, voire leur localisation (rurale ou périurbaine), ont été développées. Mais le programme doit surtout son originalité au développement d'outils de modélisation permettant de relier le fonctionnement du système aux contraintes que lui imposent le climat, la morphologie de son réseau hydrographique (la structure du paysage) et l'activité humaine dans son bassin versant. Le point de vue qui a été privilégié est celui, au sens large, du fonctionnement biogéochimique: le fonctionnement du système fluvial, comme celui de l'écosystème formé par son bassin versant, est décrit par la manière dont s'organisent et se structurent en son sein les flux et les stocks de matière.

L'application de ces modèles s'est limitée jusqu'ici à la période sub-actuelle (typiquement 1970-1998), et la notion de temps long, au delà du cycle saisonnier, n'a guère été prise en compte dans le programme. Les recherches réalisées ne permettent pas d'aborder une réflexion sur *l'avenir du fonctionnement du système à l'horizon de plusieurs décennies*. De telles réflexions sont pourtant nécessaires pour fonder les décisions d'aménagements qui doivent être prises dans les années proches, et qui auront des conséquences à long terme. Par ailleurs, peu d'intérêt a été porté jusqu'ici à la *reconstitution rétrospective* du fonctionnement biogéochimique du bassin dans le passé, qui, outre son intérêt intrinsèque, peut constituer un moyen efficace de valider la démarche de modélisation sur le long terme.

Dans sa troisième phase (1998-2001), le programme PIREN-Seine s'est donc donné le projet *d'étendre la dimension temporelle de son approche du fonctionnement du système fluvial et de son bassin versant*.

Les difficultés d'un tel projet sont considérables :

(i) le milieu aquatique réagit à des modifications extérieures avec des temps de réponses variés: de quelques jours pour les eaux de surface, à plusieurs semaines voire dizaines d'années pour les nappes phréatiques. La modélisation des aquifères, par exemple, nécessitera de prendre en compte l'évolution de l'usage du sol durant les 50 dernières années. Les zones humides, quant à elles, forment des tampons efficaces aux fluctuations à court terme, et modifient les flux qu'elles reçoivent (dénitrification, alluvionnement, etc...)

(ii) Le développement des apports en polluants (nutriments, matières organiques, toxiques) est propre à chaque catégorie de produits. Dans certains cas, il y a des effets retard considérables comme le stockage des nitrates dans les nappes souterraines, et celui des micropolluants dans les sols.

(iii) La durée des grands aménagements est de l'ordre du siècle et au dessus: à l'échelle humaine on peut les considérer comme permanents. Par contre, des aménagements fluviaux plus modestes ont des durées de vie courtes ou peuvent être facilement supprimés si le besoin s'en fait sentir.

(iv) A ces inerties du milieu aquatique s'en ajoutent d'autres au moins aussi fortes dans le domaine socio-politique et dans le domaine économique. Dans un fleuve très anthropisé le principe de précaution est souvent difficile à mettre en oeuvre. La gestion de la qualité du milieu résulte plutôt du jeu des pressions des divers groupes sociaux et de la réponse qu'en font les acteurs politiques et économiques.

La prédiction de l'évolution du milieu à ces échelles de temps doit donc maîtriser ou prendre en compte ces différents relais, temps de latence, temps de réponse. Le poids du passé sur la contamination des sols, des nappes, sur l'artificialisation du réseau, l'évolution des zones humides etc... est également

très important. Pour cela la connaissance qualitative et parfois la quantification de l'évolution passée (analyse rétrospective) est précieuse voire indispensable dans les systèmes fluviaux.

Dans la Seine, on dispose d'excellentes chroniques de surveillance, et d'études repères sur beaucoup de descripteurs du milieu aquatique depuis 50, 100 ou 150 ans, qu'il s'agisse de variables de qualité de l'eau (des analyses de teneur en oxygène et nitrates existent dès le milieu du XIXe siècle!) ou de relevés de faune piscicole. Les recensements de population, enquêtes agricoles ou industrielles disponibles permettent d'établir et de cartographier à l'échelle du bassin ou sur des secteurs pilotes, les modes d'occupation des sols, les rejets, les modifications du réseau fluvial. Le bassin de la Seine constitue donc assurément un espace idéal pour mener à bien un tel projet.

Il est clair cependant, que l'exploitation de cet abondant 'matériel', et la réalisation de ce projet, même s'il reste essentiellement structuré autour d'une approche 'biogéochimique', privilégiant la description en terme de flux de matière, nécessite d'étendre le champ des disciplines déjà impliquées dans le programme à l'histoire des techniques et du paysage, à l'économie, à la sociologie...

2. L'Atelier de Dourdan (Novembre 1998)

Le compte rendu complet de l'Atelier est donné en Annexe. Il a été suivi par 25 chercheurs de tous les horizons, les questions qui ont été posées se rapportent essentiellement aux points suivants :

Q₁* Quels **descripteurs ou indicateurs** sont disponibles dans chaque discipline (indicateurs hydrologiques, chimiques, halieutiques, écologiques, économiques, sociaux, socio-politiques, techniques, juridiques, etc...) pour décrire l'évolution du milieu fluvial et des rapports de l'Homme au Fleuve? Quelle est leur nature (qualitative vs quantitative), à quelles échelles de temps et d'espace s'adressent-ils?

Q₂* Des approches empiriques ou de modélisation sont actuellement en plein développement pour analyser le lien entre l'activité agricole, la gestion du paysage et la qualité de l'eau. Des approches similaires sont-elles imaginables en matière d'activité industrielle et de consommation de biens non alimentaires? Quel peut être à cet égard l'apport de l'**'écologie industrielle'**? Il s'agirait de développer une démarche permettant d'analyser l'ensemble des flux de matière auxquels donnent lieu l'activité humaine dans l'espace défini par le bassin versant, et leur évolution dans le temps.

Q₃* Quel est l'état de l'art en matière de **modélisation rétrospective** du fonctionnement des systèmes fluviaux? Quels sont les besoins et les disponibilités en données? Quel projet réaliste peut-on se fixer à cet égard sur le cas de la Seine? avec quel objectif?

Q₄* Quelle est l'attitude des 'gestionnaires' du bassin face au long terme? Existe-t-il à quelque niveau que se soit, des **scénarios de travail** relatifs à l'avenir à long terme (20 à 50 ans) des ressources en eau?

3. Actions de recherche 1999-2001

A la suite du séminaire de Dourdan, les objectifs généraux du thème transversal, essentiel pour établir une cohérence du Piren-Seine dans sa troisième phase, peuvent être réexprimés de la façon suivante :

- 1 - Etablir l'évolution à long terme de la qualité du milieu aquatique à diverses échelles de temps (1000 - 1800 -1900 - 1950/1970 - 2000).
- 2 - Etudier l'évolution spatio-temporelle sur l'ensemble du bassin pour les 30 ou 50 dernières années et établir les liens entre la qualité du milieu et les facteurs anthropiques.
- 3 - Elaborer des scénarios cohérents d'évolution socio-économique plausibles et simuler la réponse du système à partir des modèles élaborés dans le Piren-Seine.
- 4 - Resituer le fonctionnement actuel de la Seine dans le contexte de l'écologie industrielle.

Pour réaliser ces objectifs très ambitieux deux modes de travail sont considérés. Tout d'abord une mise en commun et une harmonisation des activités des différents thèmes du Piren-Seine pertinentes à ces objectifs et, parallèlement, le développement d'activités spécifiques à ce thème transversal notamment pour réaliser les objectifs (3) et (4).

La réalisation des deux premiers objectifs et d'une partie des deux derniers nécessite la collecte ou l'établissement d'un très grand nombre de données pour décrire le bassin et son évolution historique. Certains concernent directement le système aquatique d'autres se rapportent aux diverses activités humaines. Les données nécessaires à l'établissement de modèles rétrospectifs ne doivent d'ailleurs pas nécessairement toutes être recueillies sur le bassin de la Seine lui-même. Ces aspects concernant les sources des données, leur nature scalaire, leur contenu sont largement développés dans l'Annexe II. La majeure partie des actions du thème Rétrospective – Prospective sera menée directement à l'intérieur des six thèmes.

3.1. Evolution à long terme du bassin (1000 à 1950)

Cet objectif sera largement étalé de 1999 à 2001. Il mobilisera des historiens, des géographes, des géochimistes travaillant dans divers thèmes du Piren-Seine. Certaines informations pourront être spatialisées : il s'agit par exemple des recensements, de la population, des industries, de l'agriculture. Elles seront alors rentrées sur le SIG général du bassin développé par le Piren-Seine. D'autres seront ponctuelles ou stationnelles, comme l'évolution de la qualité de l'eau à une station donnée et constitueront des fichiers de données, d'autres enfin seront qualitatives comme la description de l'utilisation de l'eau à diverses époques. Plusieurs actions sont envisagées.

Evolution générale de l'occupation des sols du bassin et particulièrement de l'agriculture.

Elle devrait être déterminé à un pas de temps de l'ordre du siècle, si possible, jusqu'au XIX^{ième} siècle puis à un pas de temps plus serré avec une spatialisation de plus en plus fine. Cette action ne débutera qu'en 2000.

Evolution générale des zones humides

L'anthropisation croissante du bassin a conduit : (i) à la suppression des micro-zones humides des plateaux par drainage, commencé au XIX^{ième} siècle et culminant dans certaines régions dans les années 1980, (ii) à la modification des méso-zones humides le long des axes fluviaux notamment par l'agriculture et l'exploitation des granulats, (iii) à la création des méso et macro zones humides que sont les gravières et les grands réservoirs. Cette évolution complexe a commencé il y a près de 1000 ans : la

distribution des zones humides a profondément changé, le bilan net de ces milieux notamment en ce qui concerne leurs fonctions de régulation ou d'épuration du système fluvial reste à déterminer.

L'objectif est ici d'évaluer ces disparitions / dégradations / créations, en particulier par l'étude de secteurs représentatifs (voir thème 2, action 3) sur la Bassée, le Grand Morin, le marais de St Gond, les Grands Lacs de Champagne. Cette étude sera menée d'abord sur des documents historiques, puis sur l'évolution de la cartographie des sites, enfin sur photos aériennes.

Caractéristiques géomorphologiques et hydrologiques des vallées fluviales

Il s'agit de la description fine du remplissage alluvial dans les vallées d'ordre 4 à 8 qui sera à la base de la typologie des zones humides (thème 2, action 1) – Démarrée sur des zones ateliers cette description devrait être étendue par la suite à l'ensemble du bassin.

Evolution des pratiques industrielles

Il s'agit de reconstituer les processus industriels passés et, plus particulièrement, d'établir leur rejets polluants unitaires par unité de production, par tonnes de matériau produits ou par ouvrier. Cette recherche s'effectue sur archives industrielles et concerne tout d'abord les éléments nutritifs, les métaux, la DBO/DCO. Elle pourra être menée en partie à l'extérieur du bassin, sur des établissements industriels similaires à ceux rencontrés ici. En 2000 nous souhaitons pouvoir étendre cette action aux industries textiles spécifiques du site atelier de Troyes.

Evolution des parcs industriels

Cette action vise à déterminer l'évolution au cours du XIX^{ème} siècle et surtout à la fin de ce siècle, des établissements industriels du bassin et de leurs productions. Dans une première étape on se focalisera sur les départements du Val de Marne et des Hautes de Seine. Ici le Piren-Seine bénéficiera de l'expérience déjà acquise dans le cadre du GIS. Sols Urbains. Ultérieurement on vérifiera les grandes lignes de cette évolution sur d'autres départements et pour les premiers recensements industriels menés à partir de 1914 afin d'avoir une série d'images du parc industriel de la Région Ile de France de 1830 à 1970. En 2000 une reconstitution de l'activité industrielle et de son assainissement à Troyes depuis le Moyen Age sera entamée.

Constitution et interprétation d'une base de données de qualité des eaux de 1860 à 1970

L'évolution au cours du dernier siècle de la qualité des eaux est connue sur la Seine à quelques stations majeures, en particulier aux prises d'eau potable, sur les eaux superficielles comme souterraines. Le CRECEP dispose déjà d'une banque de données historiques validées résultant de la saisie des archives de la Ville de Paris notamment sur des stations comme Issy les Moulineaux ou Saint Maur. L'interprétation de ces données, très rares il convient de le souligner, est en cours. Nous nous proposons ici de confronter ces données historiques avec les modèles développés dans le Piren-Seine en particulier pour NO_3^- et NH_4^+ et d'en voir dans un premier temps les implications sur le fonctionnement général du système. Parallèlement une recherche d'archives spécifiques sera menée auprès des autres institutions du bassin – comme le SNS – et sur les Annales des Ponts et Chaussées (par exemple les travaux de Mangon sur les MES et l'azote) pour collecter d'autres données de qualité des eaux antérieures à 1971 (certaines études menées en 1950 et 1960 avant le fonctionnement de la station Seine – Aval à Achères). Ce travail sera particulièrement développé à partir de 2000.

Reconstitution de la contamination de particules de la Seine en micropolluants persistants

La reconstitution de la contamination du bassin sera approchée de deux façons : (i) l'étude de l'évolution générale des sources polluantes, de leur emplacement, des types de rejets et l'estimation des quantités rejetées, menée au travers des actions 1.4 et 1.5, (ii) l'étude des "archives environnementales" contenues dans les dépôts sédimentaires. Cette dernière ne concerne bien sûr que les polluants persistants, métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn qui sont actuellement les plus sensibles, aux impacts

anthropiques) et certains polluants organiques comme les HAP, les PCBs, le DDT, etc... Cette utilisation des sédiments est largement répandue, par exemple aux USA où un programme national a été mené sur les estuaires. Dans le cadre du Piren-Seine nous ne souhaitons pas “descendre“ dans l’estuaire, où les sites sont plus appropriés qu’en milieu fluvial, en raison des sources additionnelles de contamination qui s’y trouvent.

Deux approches doivent être considérées : (i) nous chercherons en 1999 un site fluvial à sédimentation régulière – mais pas nécessairement continue – peu ou pas bioturbé où la chronique de sédimentation dépasse si possible 50 ans. Certains bras mort de la Seine en aval de Conflans pourraient convenir. L’absence de Cs-137 et/ou des profils de Pb-210 permettraient de déterminer l’âge et la régularité de la sédimentation. Si la carotte convient elle sera ensuite analysée pour les micropolluants cités avec un pas de temps optimal d’environ 5 ans. (ii) comme il est possible que des fluctuations majeures de contamination soient bien antérieures à 1950 par exemple l’apparition de certains xénobiotiques (le DDT dans les années trente, etc... des dépôts antérieurs devront être recherchés. Si une carotte plus ancienne ne peut être trouvée il faudra alors considérer des dépôts alluviaux pris dans la plaine d’inondation à l’aval de Mantes de préférence. Enfin des coupes archéologiques peuvent fournir des échantillons de sédiments séquanais plus ou moins soumis à des influences urbaines directes. Le GIS Sols Urbains sera approché pour cela.

En 1999 il est proposé de réaliser une carotte à l’aval de Paris et de la dater. Si elle convient analysée en 2000. Une ou deux carottes (amont / aval) seront prises sur le site de Troyes en 2000 et analysées en 2001.

3. 2. Evolution spatio-temporelle du bassin depuis 1955 / 1971

Depuis 1955, date du premier Recensement Général de l’Agriculture et 1971, date du premier Inventaire National de la Pollution (INP) sur le bassin, nos connaissances du système fluvial et des pressions humaines qu’il subit sont beaucoup finement documentées dans le temps et dans l’espace. Ces dates correspondent également à la création des Agences Financières de Bassin en 1964 qui mettra en place une réglementation cohérente et des aides à l’épuration des eaux usées. Il faut donc bien nettement distinguer le “passé récent“ de 1950 à 2000 du “passé proche“ (ici 1850 – 1950) et du “passé lointain“ (avant 1850, voir Annexe II).

Sur cette période récente on peut pleinement tester et valider les modèles mis au point sur la période 1990 – 2000 et étudier précisément les couples impact anthropique / réponse du bassin. Ceux-ci fonctionnent, selon les problèmes de qualité des eaux, dans les deux sens et on peut observer soit une détérioration du milieu (eutrophisation, nitrates) soit une amélioration (pollution organique, peut-être certains métaux). C’est sur cette période qu’on peut établir aussi le mieux les liaisons entre les différents acteurs sociaux.

Dans certains cas les actions relevant de l’objectif 1 seront sans doute utilisables en partie pour l’objectif 2 qui concerne le passé récent, par exemple l’évolution de l’industrialisation et de l’assainissement à Paris et Troyes après 1950 et l’étude des teneurs en micropolluants dans les niveaux supérieurs des sédiments carottés.

Evolution synoptique de la qualité des eaux

L’INP, aujourd’hui Réseau National de Bassin ou RNB, est constitué d’environ 250 stations, essentiellement sur les ordres 4 à 8, suivies de 6 à 12 fois par an pour la plupart. En regroupant les chroniques par 6 ou 8 années on obtient une population statistique suffisante pour établir une qualité moyenne pour une période. Ce regroupement permet de s’affranchir des variations interannuelles liées à l’hydraulicité, (années sèches ou humides), sans être trop influencé par des évolutions à long terme. Nous examinerons les variations sur les stations (valeurs centrales, quartiles ou déciles extrêmes, saison des maximum, etc...) afin de voir si l’ensemble du bassin évolue de façon synchrone où si des différences notables apparaissent en raison de l’assainissement, ou au contraire de l’établissement de

nouvelles sources polluantes, enfin en raison des changements de pratiques culturales. Parallèlement la variation annuelle d'une douzaine de stations majeures sera étudiée afin de voir s'il y a des ruptures dans les tendances des séries et si elles sont synchrones. Les flux annuels (nutriments, charge organique, MES si possible, seront aussi déterminés à ces mêmes stations. Le site atelier de Troyes (amont / aval) sera particulièrement considéré, ainsi que la station de Poses dont la surveillance a précédé l'INP / RNB.

Evolution de l'occupation des sols et des pratiques agricoles depuis 1955

Cette évolution sera réalisée par canton et entrée dans le SIG général de la Seine principalement d'après le RGA pour l'occupation du sol et d'après une enquête auprès des conseillers agricoles à la retraite pour les pratiques culturales, car celles-ci ne sont pas documentées sur le bassin avant 1972, date de la création de la banque de données TERUTI. Les chaînes de successions culturales seront particulièrement visées. Pour la période la plus récente deux images SPOT (1986 et 199X) seront analysées sur des bassins représentatifs.

Reconstitution des transferts d'azote par le modèle Senèque 1998 – 1955

Sur la base des données de pratiques agricoles, de démographie, d'assainissement reconstituées ou obtenues sur quarante ans le modèle SENEQUE sera mis en œuvre sur le bassin au pas de temps annuel et comparé avec les données recueillies par l'INP / RNB (voir Action 2.1.) ou, avant sa création, par d'autres institutions comme le CRECEP. L'inventaire des zones humides dans ce passé récent (voir thème 2) sera utile voire indispensable, de même qu'un inventaire aussi documenté que possible de l'assainissement. Cette action ne sera donc pas programmée en 1999.

Reconstitution des rejets urbains et industriels depuis 1950

L'interprétation des longues chroniques de qualité des eaux à Issy les Moulineaux, Saint Maur ou Poses, et de pêches sur diverses stations suivies par le CSP, nécessite une reconstitution assez fine, par exemple au pas de temps de 5 ou 10 ans de la pression domestique, urbaine (superficies ruissellées) et industrielles depuis une cinquantaine d'années, c'est à dire avant la création des Agences de l'Eau. Ces données ne sont pas encore synthétisées mais elle existent sous diverses formes à l'IAURIF, au SIAAP, dans les régions et bien sur à l'Agence de l'Eau. Cette action ne sera pas programmée en 1999.

3. 3. Prospective

L'analyse prospective du bassin peut être conçue de façon très diverses depuis l'étude des impacts possibles de scénarios établis, comme la construction d'une liaison fluviale à grand gabarit sur l'Oise, jusqu'à la mise en scène de scénarios multiples d'évolutions, démographique, agricole, industrielle, urbaine, sur le bassin. Si certaines données du bassin sont immuables (systèmes aquifères), ou peu variables dans le temps (climat, sols), d'autres sont très variables ou peu prévisibles, comme les pratiques culturales qui dépendent de la Politique Agricole Commune. Le travail du prospectiviste n'est pas de prédire l'avenir mais de l'imaginer en fonction d'une ensemble de conjectures cohérentes concernant l'évolution socioéconomique du bassin. Une fois la cohérence de ces scénarios établie ils pourront alors faire l'objet de simulation grâce aux modèles développés dans le Piren-Seine, souvent validés sur le passé proche et aux très nombreuses banques de données nécessaires à leur constitution.

La vision du "futur proche" (présent + 10 ans) est relativement nette car les tendances de la plupart des pressions anthropiques à l'échelle d'un grand bassin (hypothèse "Business as usual"). Le "futur lointain" (présent + 10 à 50 ans) est beaucoup plus flou. Néanmoins une grande part des banques de données utilisées dans le modèle pourra être conservée : morphologie des ordres hydrologiques, nature et emplacement des aquifères, climat général (même si la fréquence des crues hivernales peut, par exemple, évoluer), emplacement des forêts, des grands barrages, etc...

Plusieurs voies sont possibles : (i) scénarios normatifs : "quelles sont les actions à entreprendre (et quelles seraient les coûts) pour atteindre tel objectif ?", (ii) scénario exploratoire : définir quelques

scénarios plausibles d'évolution du bassin et leurs conséquences, (iii) scénarios de rupture. Devant ces multiples possibilités, avant de développer pleinement cet objectif en 2000 – 2001 nous souhaitons nous limiter en 1999 à quelques actions. Elles devraient mobiliser les compétences de l'ensemble des thèmes du Piren-Seine.

Recensement et synthèse des scénarios prospectifs existants

La prédictibilité des scénarios établis dans les diverses institutions est très variée : la gestion forestière peut se prévoir sur des décennies, mais une décision réglementaire peut avoir des impacts d'une année sur l'autre (l'interdiction des détergents phosphatés en Suisse en 1985 a fait chuter le Ptotal des rivières de 25 % en un an). Nous projetons ici de collecter ces scénarios auprès de VNF, du SIAAP, de l'AESN, de l'IIRBS, traiteurs d'eau, mais aussi auprès de l'IAURIF, de la DATAR, des ports autonomes, de l'ADEME, d'EDF, SNCF et des cellules de prospective de divers ministères, d'en tenter une synthèse d'en examiner les conséquences possibles sur le milieu aquatique et surtout d'en examiner la cohérence.

Construction de “scénarios contrastés“

Les scénarios qui décrivent l'évolution du système Seine sur une période déterminée peuvent être établis de plusieurs façons : (i) soit résulter de sorties particulières des modèles à partir desquelles on recherchera la chaîne d'hypothèse d'évolution du bassin nécessaire pour en arriver là. Par exemple comment peut-on parvenir à une valeur réduite de tel ou tel polluant à un horizon donné : (ii) soit, dans le sens inverse, résulter d'un jeu d'hypothèse plausibles – dont beaucoup devraient apparaître à l'action 3.1. – dont on simulera l'impact sur le milieu aquatique. Ces scénarios résulteront, sur un thème donné (développement démographique, assainissement, politique agricole, aménagements lourds, etc...) d'un jeu d'hypothèses socio-économiques cohérentes. Nous nous attacherons ici moins aux scénarios à faible contraste – mais à forte légitimité – qui seront sans doute rencontrés au point précédents (type Business as usual), qu'aux scénarios à fort contrastes résultant par exemple de ruptures (saut technologique, nouvelle réglementation nouveaux aménagements) ou d'évolution non linéaire du bassin.

Dans la première approche on peut citer les questions de la baignade à Paris à une date fixée ou celle de la réduction de 50 % des flux polluants à la mer, toutes deux déjà considérées dans la sphère politique. Dans la deuxième approche on peut citer entre autres : le développement rapide des villes moyennes dans l'amont du bassin, divers scénarios d'assainissement au stade tertiaire, la construction d'aménagements lourds (4^{ème} réservoir de Champagne, canalisation de l'Oise, TGV-Est,...), divers scénarios agricoles (croissance de l'irrigation dans certaines régions, retournement des prairies, mise en jachères, généralisation de Ferti-Mieux,...), des variations contrastées de la consommation domestique d'eau (climatisation, appareils domestiques économes, évolution de l'habitat,...) et dans la mesure du possible, des scénarios industriels.

Ce travail sera itératif entre les équipes 1 à 6 du Piren-Seine et les prospectivistes et sera poursuivi sur plusieurs années au fur et à mesure de l'élaboration des jeux d'hypothèses. On s'attachera particulièrement aux résiliences du système telles que stockage dans les eaux souterraines, relais multiples des transferts de matières particulaires, et aussi à la mise en place de solutions réglementaires ou techniques (assainissement, gestion volontariste du paysage,...).

3.4. Circulation des matériaux dans le bassin de la Seine

Les travaux des deux premières phases du Piren-Seine mettent en évidence que, si le fleuve peut être considéré comme une des voies d'excrétion du système - Seine le métabolisme du système est beaucoup plus complexe et ne peut pas se résumer aux seuls rejets directs dans le milieu aquatique. Une partie des matériaux mobilisés par les activités humaines rejoint directement l'atmosphère (cas de l'azote lors de la dénitrification), une partie est stockée à la surface du bassin selon des constantes de temps variées : sols, stockage des déchets urbains et/ou industriels, des boues de dragages, des boues de station de traitement d'eaux usées, contamination progressive des eaux souterraines, bâtiments et

infrastructures. Aux flux correspondants doivent s'ajouter les flux "internes" entre les diverses activités particulièrement entre les activités industrielles. L'étude complète de ces flux est un des champs de l'Ecologie industrielle.

La vision à long terme du bassin, comme de son évolution passée, implique d'identifier ces flux et ces stocks. Dans un premier stade nous proposons de nous focaliser sur : (i) la circulation totale des matériaux particuliers, (ii) la circulation du phosphore, (iii) la circulation de l'azote, (iv) la circulation du cadmium et du mercure, (v) la circulation du chlore et du soufre. Suivant les connaissances acquises, des "images" des circulations seront établies à diverses périodes représentatives du bassin : pré-industrielle, début du XX^{ième} siècle, 1950, présent. Le chlore et le soufre dépendent à la fois des activités urbaines vu leur grande solubilité même s'ils ne constituent pas un problème actuel de qualité des eaux (comme d'ailleurs les MES), l'étude de leur circulation devrait permettre le bouclage des bilans établis.

Ce thème démarrera en 1999 ou en 2000 et se poursuivra sur deux autres années, il permet d'intégrer dans une vision générale de nombreuses études réalisées dans les six thèmes du programme.

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)**