L'analyse par fonctions Application à l'hydrométrie

F. Guerber

Chef du service « Milieux naturels » à l'Agence de bassin Seine-Normandie

1. Qu'est-ce qui motive une analyse concernant l'information sur l'environnement ?

1.1. La plupart des données environnementales ne sont pas en général destinées à un organisme unique poursuivant un objectif spécifique ; au contraire les données peuvent presque toujours servir à un grand nombre d'utilisateurs. Par exemple toute activité touchant de près ou de loin aux rivières fera appel à des données hydrométriques : c'est le cas des **gestionnaires d'installations** hydrauliques (distributeurs d'eau potable, industriels ou irrigants prélevant en rivière, producteurs d'énergie hydroélectrique, etc...) ; c'est le cas des **collectivités** (syndicats programmant des ouvrages d'adduction d'eau ou d'assainissement, communes définissant les zones inondables, services départementaux dimensionnant des ponts, etc...) ; c'est aussi le cas de **l'Etat** et de ses établissements publics (services d'annonce des crues, services régionaux d'aménagement des eaux, agences de bassin, etc...) et de nombreux autres organismes.

Or on constate que les mesures sur l'environnement se sont développées historiquement, et continuent de se développer en France, à **l'initiative de certains organismes seulement** (administratifs ou parapublics) et, ce qui est naturel, en vue de répondre avant tout à leur propre mission (réf. 1). En hydrométrie, c'est le cas des réseaux de mesure

mis en place par Electricité de France ou par les services d'annonce des crues.

Rien ne prouve *a priori* que les réseaux de mesure mis en place par un petit nombre d'organismes producteurs satisfassent au mieux les besoins du très grand nombre **d'organismes utilisateurs** potentiels.

1.2. Pour la plupart de ces utilisateurs, les données environnementales ne sont qu'une **faible partie** des informations dont ils ont besoin pour exercer leur activité, souvent même une infime partie. En outre, ces données ne leur apparaissent pas toujours explicitement (réf. 1). Par exemple une collectivité construisant une station d'épuration en bordure de rivière ne saura pas forcément que son maître d'œuvre a utilisé des données hydrométriques pour concevoir la station. Ceci d'autant plus que le maître d'œuvre, si les mesures disponibles sont insuffisantes, sera bien obligé de dimensionner quand même le projet, et prendra donc naturellement une marge de sécurité sans souligner ce fait auprès du maître d'ouvrage.

On peut dire que **chaque individu** de notre société est **utilisateur de données sur l'environnement**, mais la plupart du temps, **il ne le sait pas**. Par conséquent, il n'existe pas de moyen simple pour faire exprimer la demande sociale en matière de mesure. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les données hydrométriques.

Analysis by functions applied to hydrometry

Quantified information is becoming more and more necessary for knowing and restoring natural environment. This information must be gathered during long observation periods, and will be used by various institutions aiming at various objectives. This is why it is difficult to rationalize production, storage and diffusion of the information about environment. « Analysis by functions » is a method which contributes to this effort of rationalization, defining the concepts of « fields » and « functions ». This method is described, and illustrated by the case of activities using hydrometric data : it brings some quantification, which may help measure networks and data banks to become more able to satisfy the needs of the users ; applied to the concrete case of the Armançon basin, the method helps justifying, on both technical and financial plan, a project of development of the hydrometric measure network.

1.3. Les mesures sur le milieu naturel donnent lieu à deux types d'utilisation : une utilisation quasi-immédiate, dite « en temps réel », et une utilisation différée. Toutes les activités de gestion ou de prévision utilisent principalement des données instantanées, et qui doivent être fournies dans les délais très courts après l'événement mesuré ; dans le cas de l'hydrométrie, les gestionnaires et les prévisionnistes sont conduits à mettre en place leur propre réseau d'observation, sans forcément compter sur les réseaux de mesure existants qui ne fournissent pas de résultats en temps voulu, et sans forcément conserver les données produites qui pourraient servir à d'autres plus tard.

Les autres activités recherchent des données **accumulées sur les plus longues durées** possibles, car les phénomènes naturels sont intrinsèquement largement **fluctuants** au plan saisonnier et interannuel.

Dans le cas de l'hydrométrie, on sait qu'il faut observer une rivière pendant plusieurs dizaines d'années pour obtenir une bonne estimation des débits de fréquence décennale (sèche ou humide), ce qui est pourtant un besoin banal en matière de dimensionnement d'ouvrages en rivière (pont, protection des rives en crue, station de pompage en étiage).

On doit donc souvent **se contenter** de ce qui a été **mesuré depuis longtemps** : des mesures bien situées près du point que l'on étudie, mais avec une courte durée d'observation sont souvent moins intéressantes, que des mesures plus mal situées, mais portant sur une durée plus longue. Et il n'a bien entendu pas été possible de prévoir tous les besoins des dizaines d'années à l'avance.

On est loin de la souplesse que peut offrir le système de pilotage d'une usine par exemple, lorsque la direction peut obtenir des résultats de mesures très rapidement après les avoir décidées, et, le cas échéant, réorienter aussitôt la production.

Dans le cas du milieu naturel, le cycle observation — décision présente une **très grande inertie**.

1.4. En général le besoin d'information va **créer la mesure**, mais souvent aussi c'est l'existence de résultats de mesure accessibles qui, faute de mieux, va **créer une utilisation**, qui peut être plus ou moins différente du besoin réel.

On peut citer à titre d'exemple le développement de la politique des objectifs de qualité qui a été certainement une des causes du développement des mesures hydrométriques sur les petites rivières au début des années 70 ; inversement combien de dossiers ont été bâtis sur des hypothèses de débit qui se révèlent aujourd'hui peu précises au regard des mesures accumulées depuis ! Ces hypothèses de débit résultaient d'observations faites sur la pluviométrie ou sur des rivières voisines, et le fait qu'elles aient été utilisées à l'époque (et c'était la meilleure façon de procéder) ne prouve pas qu'il s'agissait des mesures souhaitables.

1.5. C'est dans ce contexte que les producteurs de données sont à peu près les seuls à se poser aujourd'hui la question de savoir si **les réseaux de mesure actuels sont suffisants**. Actuellement en France les producteurs de données hydrométriques sur les cours d'eau sont essentiellement des services de l'Etat : (services hydrologiques centralisateurs et services régionaux d'aménagement des eaux) et dans une

moindre mesure des établissements publics (EDF - CNR - Compagnies d'aménagement régional, etc...). Ils cherchent donc à traduire les besoins de la collectivité, mais on les soupçonnera toujours d'avoir été influencés par leur qualité de producteurs de données lorsqu'ils proposeront une extension ou un renforcement des réseaux de mesures.

C'est pourquoi il paraît intéressant de développer une analyse par fonctions, analyse qui se veut une **démarche objective** faisant ressortir **les besoins des utilisateurs**, et déconnectée de la vision des besoins par les seuls producteurs de données.

2. En quoi consiste l'analyse par fonctions ?

2.1. Les mesures portant sur le milieu naturel sont organisées et réparties en différents **domaines**, qui correspondent à des **métiers** bien particuliers de producteurs.

La tendance naturelle est de créer ou d'organiser les mesures (mais aussi les banques de données correspondantes) en « réseaux » produisant des résultats d'un même type grâce à un corps de métier spécialisé.

Par exemple, les données hydrométriques sur petites rivières sont produites sous le contrôle des hydrologues des SRAE et insérées dans la base de données HYDRO (EX-ARHMA) ; les données physico-chimiques concernant les eaux souterraines sont produites sous le contrôle des ingénieurs sanitaires des DDASS et insérées dans la base de données du Ministère de la Santé ; les données piscicoles sont produites en général sous le contrôle des biologistes du Conseil Supérieur de la Pêche et insérées dans la base de données du secrétariat d'Etat à l'Environnement, etc...

D'où la première définition :

Un domaine est un ensemble de données relevant d'une même discipline et concernant un type d'objet physique.

Ces « disciplines » sont par exemple l'hydrométrie, la chimie des eaux, l'hydrobiologie, mais aussi la topographie, le génie civil, la maintenance d'équipements, le droit, etc... Ces « types d'objet physique » sont par exemple les cours d'eau, les nappes souterraines, la mer, mais aussi les barrages, les ponts, etc...

On peut à titre d'exemple citer le domaine des données hydrométriques concernant les cours d'eau, le domaine des données de qualité physico-chimiques concernant les eaux souterraines ou le domaine des données de génie civil concernant les barrages.

L'analyse sera d'autant plus claire que l'on aura distingué des domaines bien disjoints, c'est-à-dire si les données qu'on regroupe dans un même domaine sont produites par des corps de métiers existants et bien distincts.

2.2. En revanche, l'utilisation des données issues du milieu naturel devrait suivre une logique différente de celle de la production de données : dans la réalité il existe des organismes qui, pour répondre à leurs missions, exercent des activités faisant appel lors des diverses étapes à des données issues de différents domaines (réf. 2).

Par exemple une collectivité aménageant un cours d'eau aura besoin d'inventaires piscicoles, d'informations sur les caractéristiques physiques de la rivière, de débits, mais aussi de données concernant la qualité des eaux, de données financières, etc...

On s'aperçoit aussi qu'un organisme a souvent plusieurs activités tandis que des organismes différents peuvent exercer des activités très voisines. C'est pourquoi, pour définir une fonction de façon concrète et précise, il faut préciser à la fois **l'organisme**, **l'activité** et **le produit final** auquel on aboutit (un document, une réalisation ou une décision).

D'où la deuxième définition :

Une fonction est une activité exercée par un organisme dans le cadre de ses missions et débouchant sur un produit final.

On peut citer à titre d'exemple l'instruction des demandes de rejets par un service chargé de la police des eaux et aboutissant à une autorisation préfectorale, ou la conduite d'un barrage réservoir par un gestionnaire et aboutissant à des consignes de lâchure.

2.3. L'analyse par fonctions proprement dite consiste à sélectionner un certain nombre de fonctions liées au problème que l'on veut étudier, puis à recueillir auprès d'un certain nombre d'organismes des **descriptions précises de ces fonctions** qu'ils exercent concrètement. Comme il n'est pas possible de décrire tous les types de fonctions, il faut décider des fonctions principales que l'on va analyser avec même, le cas échéant, un classement selon leur importance respective. Ce choix des fonctions, avec leur pondération éventuelle, sera fondé sur des critères tels que l'importance économique ou socio-politique de chaque fonction, sa pérennité, les volumes de données manipulées et leur fréquence d'utilisation.

Une description de fonction doit préciser les données (au sens large **d'informations**) utilisées dans les différents domaines, ainsi que les traitements (au sens large de **raisonnements**) que l'organisme fait subir à ces données. Le travail de description doit être fait, ou au moins validé, par un organisme qui exerce cette fonction, et peut comporter à la fois les pratiques réelles et les pratiques souhaitables.

Toutes ces descriptions peuvent être synthétisées dans un tableau croissant les domaines et les fonctions. Un tel tableau fournit une présentation qui permet de raisonner objectivement sur les données nécessaires, et sur les données prioritaires, sans privilégier aucunement l'aspect de la production par rapport à l'aspect de l'utilisation des données. Ceci quelle que soit la complexité ou la multitude des intervenants dans un système d'information.

2.4. On peut, notamment, espérer obtenir de cette méthode les résultats suivants :

— **production de données (réseaux de mesure) :** si l'analyse est très détaillée en ce qui concerne la nature des données souhaitables, leur localisation, leur fréquence d'observation et leur délai de mise à disposition, on peut porter un jugement sur l'adéquation d'un réseau de mesures existant aux besoins de la collectivité, ou de certains organismes.

Cette méthode (bien que non formalisée à l'époque en ce qui concerne le vocabulaire, et simplifiée puisqu'il ne s'agissait d'examiner que les besoins d'un seul organisme, à savoir l'agence) a été appliquée par l'agence financière de bassin Seine-Normandie pour définir le redéploiement partiel du réseau pluviométrique et pluviographique existant (réf. 3).

— **schéma directeur des banques de données sur l'eau :** l'analyse a été appliquée par l'agence financière de bassin Seine-Normandie pour rechercher comment la banque nationale de données de qualité des eaux superficielles en cours d'étude devrait s'intégrer dans un système plus complet d'information sur l'eau. L'analyse a mis en évidence :

— l'urgence de compléter les systèmes d'information existants ou prévus par des données concernant les caractéristiques physicochimiques des rejets et les travaux de lutte contre la pollution ; faute de quoi une mise à disposition des seules données de qualité des eaux des rivières ne satisfera que partiellement des fonctions importantes ;

— l'intérêt d'approvisionner de façon automatique certaines banques en données élaborées, à partir des données détaillées figurant dans les banques de données actuelles. Par exemple la banque nationale de données de qualité des rivières ne comporterait des débits que s'ils ont transité par la banque HYDRO : il s'agit d'un vœu non encore réalisé (réf. 4).

— **financement de mesures :** bien que cela n'ait pas connu d'application jusqu'à présent, on peut imaginer que l'analyse par fonctions puisse faciliter le bouclage de montages financiers complexes en matière de mesure. En effet cette analyse fait apparaître clairement la multiplicité des utilisateurs de mesures et l'importance de ces mesures dans l'exercice de leurs fonctions ; des éléments économiques complémentaires permettraient de mettre en regard le coût de production des données et les enjeux financiers que conditionnent ces données. On pourrait ensuite justifier des parts de financement respectives de l'Etat, des agences de bassin, des collectivités ou des organismes divers ayant intérêt à la production des données.

3. Application au cas de l'hydrométrie

Tout d'abord on a sélectionné une **dizaine de fonctions** qui font appel à des données hydrométriques. Le choix a porté sur des fonctions exercées fréquemment en France, qui ne risquent pas de disparaître à court terme, et dont l'impact sur l'activité économique est important. On a pris soin aussi de prendre des fonctions très différentes entre elles ; il s'agit de :

1. la protection contre les crues par un maître d'œuvre, aboutissant à un programme de protection de zones agricoles ou urbaines ;

2. la gestion d'un barrage réservoir par un gestionnaire, aboutissant à des consignes de lâchure ;

3. la gestion d'une voie navigable par un service de navigation, aboutissant à des consignes de gestion ;

Analyse de fonctions utilisant des données hydrométriques											
Tableau 1. Part de l'hydrométrie dans les informations nécessaires											
Domaines	air	rivières				nappes		ouvrages			
Fonctions	Climatologie	Hydrométrie	Hydraulique	Qualité des Eaux	Usage de l'Eau	Piézométrie	Physicochimie	Caractéristiques technique	Caractéristiques financières	Vocation	Bénéficiaire finale
Protection contre les crues	x	x	x					x	x	x	C.A.
Gestion de barrage	x	x	x	x	x			x	x	x	C.E.A.
Gestion de canal		x						x		x	I
Police des eaux		x		x				x		x	C.A.I.
Impact sur la vie aquatique		x	x	x	x			x		x	C
Pompage pour l'irrigation	x	x	x	x		x	x	x	x	x	A
Ouvrage de franchissement		x	x					x	x	x	C.I.
Lutte contre la pollution		x		x	x			x			C.I.
Mobilisation d'eau souterraine		x	x		x	x	x	x	x		C.A.I.

x : Cas où la fonction utilise une bonne partie du type de données correspondant, pour un raisonnement fondamental dans l'exercice de la fonction.

C : Collectivité (collectivité territoriale ou grand public).

A : Agriculteurs.

I : Industriels (organismes à activité industrielle et commerciale).

E : EDF.

4. l'examen d'une demande de prélèvement par un service chargé de la police des eaux, aboutissant à une autorisation de prélèvement ;

5. l'examen de l'impact d'un ouvrage hydraulique par un service chargé de la police de la pêche, aboutissant à une autorisation ;

6. le dimensionnement d'une station de pompage par une société d'aménagement régional, aboutissant à un projet ;

7. le dimensionnement d'un ouvrage de franchissement par un maître d'œuvre, aboutissant à un projet ;

8. la programmation de la lutte contre la pollution par une agence de bassin, aboutissant à un dossier d'objectifs de qualité ;

9. l'étude de l'impact de la mobilisation des eaux souterraines sur les écoulements par un maître d'œuvre, aboutissant à une cartographie régionale.

Divers organismes ont ensuite rédigé les descriptions des fonctions dont on trouve en annexe à titre d'exemple les fonctions 4 et 7 ci-dessus.

Pour exploiter ces descriptions, il a fallu distinguer des **domaines** en cherchant à découper l'ensemble des infor-

mations concernées en sous-ensembles d'informations ayant le moins possible de liens entre eux, comme cela se pratique lors de l'élaboration d'un schéma directeur d'un système d'information.

On a donc distingué les domaines ou groupes de domaines suivants :

1° concernant l'objet « milieu aérien » :

— la climatologie (évaporation, pluie, température, insolation, etc...).

2° concernant l'objet « rivière » :

— l'hydrométrie (hauteurs, jaugeages, débits, etc...) ;
— l'hydraulique (réseau hydrographique, section, pente, etc...) ;

— qualité des eaux (paramètres physicochimiques, données hydrobiologiques et piscicoles, etc...) ;
— les usages de l'eau par tronçon (alimentation en eau potable, agricole ou industrielle, vie piscicole, production d'énergie, loisirs, etc...).

3° concernant l'objet « nappes souterraines » :

— la qualité physicochimique,
— la piézométrie.

Analyse de fonctions utilisant des données hydrométriques

Tableau 2. Type de données hydroclimatiques nécessaires

Fonctions	Climatologie	Hauteurs	Débits (1)
Protection contre les crues	Pluies	H max tous les 5 km (3)	Q max aux points clés du tronçon étudié
Gestion de barrage (2)	Pluies j — Evaporation j	—	Qj lâchure Qj rivière amont, aval du barrage
Gestion d'un canal (2)	—	Hj par bief	Qj entrée du bief de partage Q_{max} rivière
Police des eaux	—	H_{min} et max du lieu de prélèvement	Q_{max} prélevé Q_{min} et module en rivière au lieu de prélèvement
Impact sur la vie aquatique	—	—	Module et $Q_{10 f_0,5}$ au lieu de l'ouvrage proposé
Pompage pour l'irrigation	Pluie j — Evaporation j température j insolation j	Hj — H_{min} et max	Qj — Q_{min} et max Module sur cinq ans d'observation au lieu du pompage
Ouvrage de franchissement	Pluies	H_{max} tous les km (3) de par et d'autre de l'ouvrage	Q_{max} et module près de l'ouvrage
Lutte contre la pollution	—	—	Q_{min} et $Q_{30 f_0,8}$ tous les 20 km (3)
Mobilisation d'eau souterraine	Pluies Evaporation	—	Q étiage et Q jaugés

J = journalière.

(1) Impliquent des jaugeages : campagnes d'étiage ou campagnes de crues ou jaugeages d'étalonnage.

(2) Données nécessaires en temps réel.

(3) Ordre de grandeur.

4° concernant les objets « ouvrages », qui peuvent être des rejets, des barrages, des pompages, des franchissements, des canaux, etc...

— les caractéristiques techniques et financières (dimensions, normes de calcul des investissements en matière de géotechnique, génie civil, agronomie, transports, etc... selon le type d'ouvrage, normes de fonctionnement et d'entretien en matière d'équipements électromécaniques et de génie civil, coûts d'investissement ou de fonctionnement, etc...);

— la vocation (objectifs de l'ouvrage en terme de niveau de protection, de quantité ou de qualité d'eau, les activités concernées et l'impact économique de l'ouvrage sur chaque activité, etc...).

Il faut bien noter que d'autres classifications sont possibles selon les objectifs visés par l'analyse, en particulier en ce qui concerne les domaines concernant les ouvrages qui pourraient être détaillés considérablement.

Une première manière d'exploiter les descriptions de fonction est de croiser les domaines et les fonctions, ce qui fait apparaître de façon très globale l'importance relative

des données hydrométriques parmi les informations nécessaires à l'exercice des fonctions. On trouve ceci dans le **tableau 1**. Les fonctions choisies, bien qu'en nombre limité, sont d'une importance économique ou sociale considérable. Elles reposent toutes par construction sur des données hydrométriques, mais qui ne sont qu'une petite partie des informations nécessaires dans les exemples choisis. En outre, ces données n'apparaissent pas forcément au bénéficiaire final car souvent elles ne servent qu'à dimensionner les ouvrages.

Une seconde façon d'exploiter les descriptions de fonction est de détailler le type de données utilisées par chaque fonction dans le domaine hydrométrique : nature de la donnée (pas de temps, fréquence d'extrapolation) localisation géographique et délai de mise à disposition. On trouve ceci dans le **tableau 2** qui fait apparaître les besoins spécifiques de mesure hydroclimatique de chaque fonction. Ce tableau semble une bonne base pour l'examen d'une évolution souhaitable de la banque HYDRO vers un système d'information plus performant qui, notamment, comporterait des données de jaugeage.

Analyse par fonctions
Tableau 3. Application au cas du bassin de l'Armançon

Points d'observation	Fonctions	Inondation	Barrage	Navigation	Prélèvement	Vie piscicole	Irrigation	Transport	Qualité	Ressource	Coûts en Kf	
											Inv.	Fonc. ann.
Armançon à Brianny											—	25
Armançon à Sémur											150	45
Armançon à Quincy-le-Vicomte											—	25
Brenne à Viteaux											100	25
Brenne à Seigny ou Montbard											100	45
Oze à Themissey ?											100	25
Armançon à Aisy											150	45
Armançon à Tonnerre ou Tronchoy											100	25
Armançon à Jaulges											—	45
Armançon à Chessy-les-Prés											—	25
Armançon à Brienon											—	45
Coûts en Kf	Investissements	225	85	45	90	25	70	40	35	85	700	
	fonctionnement annuel	115	70	15	30	20	25	25	35	40		325

4. Application de l'analyse au bassin de l'Armançon

Mais ce tableau est aussi une bonne base pour étudier, dans une région donnée, l'adéquation du réseau hydrométrique existant aux besoins actuels et futurs des organismes intervenant dans cette région. C'est ce qui a été fait pour le bassin de l'Armançon, affluent de rive droite de l'Yonne.

Ce bassin, d'une superficie de 3 000 km² est situé en région Bourgogne. Il draine, entre les sources de l'Yonne et celles de la Seine, des terrains calcaires du jurassique inférieur, en limite du massif ancien du Morvan ; entre les villes de Montbard et de Tonnerre, l'Armançon traverse les terrains du jurassique supérieur et moyen avec des zones d'infiltration importantes ; en aval du bassin, l'Armançon draine des terrains du crétacé supérieur avant de se jeter dans l'Yonne en amont de Joigny.

Les endroits où s'exercent de façon significative les neuf fonctions figurant aux tableaux 1 et 2 précédents ont été recensés en tenant compte des évolutions futures, et reportés sur la carte de la figure 1.

Chaque fonction a ensuite donné lieu à une estimation des besoins minimaux en mesure hydrométrique, estimation s'appuyant soit sur des études existantes (réf. 5) soit sur la connaissance du terrain acquise par le service régional d'aménagement des eaux dans le cadre du comité technique de l'eau de la région Bourgogne. Ces besoins en mesure sont de deux catégories : station limnigraphique (mesure de hauteurs seules) ou station de jaugeage (mesure de hauteurs et de vitesses). Pour chaque catégorie, on a précisé si le besoin est instantané, ce qui nécessite une transmission automatique, ou non.

Bien entendu la localisation des stations de mesure souhaitée pour chaque fonction n'est en général pas déterminée géographiquement de façon très précise car des extrapolations spatiales sont possibles. Une marge d'appréciation subsiste, qui permet de conserver le plus possible

les stations de mesure existantes, sauf lorsqu'elles sont de mauvaise qualité, et de bénéficier ainsi des chroniques accumulées.

Dans le cas de l'Armançon, la satisfaction minimale des neuf fonctions importantes choisies précédemment exigerait un développement du réseau de mesure hydrométrique de 6 stations de jaugeage et 5 stations limnimétriques (situation de 1987), à un ensemble de 11 stations de jaugeage dont 3 à transmission automatique, et de 5 pluviographes télétransmis (une partie de ces stations est déjà en cours d'installation). Le réseau, actuel et futur, est représenté sur la figure 2. On aboutirait ainsi, mais c'est sans doute un hasard, à une densité de station de jaugeage de 1 pour 270 km², conforme à la densité moyenne nationale.

Il faut souligner que, dans d'autres cas, l'analyse pourrait conduire à la conclusion que le réseau de mesure existant est suffisant, ou surabondant.

Pour chaque fonction on peut distinguer les stations hydrométriques indispensables, utiles ou inutiles. Dans le cas du bassin de l'Armançon ceci est représenté dans le tableau n° 3 par des cases respectivement pleines, semi-remplies ou vides. L'analyse peut se poursuivre par un volet financier en supposant un coût d'investissement de 100 Kf par station (+ 50 Kf en cas de télétransmission et - 50 Kf en cas de transfert d'une station) et un coût de fonctionnement annuel de 25 Kf par station (+ 20 Kf avec télétransmission). On répartit ensuite pour chaque station le coût de l'investissement, et le coût de fonctionnement, proportionnellement entre les diverses fonctions pour lesquelles cette station est soit indispensable (pondération 1), soit utile (pondération 0,5). Tout ceci comporte bien entendu une part d'appréciation subjective et des approximations grossières ; malgré tout les résultats qui figurent au tableau n° 3 sont des ordres de grandeur qui ne seraient pas modifiés sensiblement si l'on changeait telle ou telle hypothèse.

Ces résultats sont suffisamment détaillés et probants pour permettre le **montage d'un projet d'équipement hydrométrique** : d'une part la maîtrise d'ouvrage des créations et modernisations de stations de jaugeage peut être répartie entre les différents intervenants possibles (Etat, établissements publics, collectivités territoriales, agriculteurs, entreprises) en fonction de l'importance relative des stations pour l'exercice des différentes fonctions ; d'autre part cette analyse peut « **drainer** » **un certain nombre de financements** au-delà des financements traditionnels de l'Etat grâce à son effort de **quantification** : dans le cas de l'Armançon on peut considérer qu'un montage financier possible suggéré par l'analyse est le suivant pour l'investissement de 700 KF :

Etat (Environnement) ou collectivités	225 KF (fonction 1)
Etat (Equipe-ment et Transports)	175 KF (fonctions 2, 3 et 7)
Etat (Agriculture) ou agriculteurs	70 KF (fonction 6)
Agence Financière de Bassin	230 KF (fonctions 4, 5, 8 et 9)

Un raisonnement identique peut être suivi pour couvrir les coûts de fonctionnement, qu'il serait logique de voir prendre en charge par des intervenants plus variés qu'aujourd'hui.

5. Conclusion

L'analyse par fonctions peut paraître une idée banale une fois qu'elle est exprimée. Il faut tout de même remarquer qu'il a été très difficile de formaliser cette idée et de la rendre familière aux organismes travaillant sur les réseaux de mesure et banques de données sur l'eau.

Ceci étant, il semble que cette méthodologie puisse se révéler très intéressante au plan **stratégique** comme au plan **opérationnel**, dans le but de **rationaliser la production, le stockage et la mise à disposition de l'information sur l'environnement**. Au plan stratégique en effet, les décideurs disposent là d'une méthodologie leur permettant de réorienter la production de données, et d'organiser les systèmes d'information correspondants, en fonction des besoins des utilisateurs qu'ils décideraient de privilégier. Il semble possible aussi de répartir objectivement entre les bénéficiaires les coûts de production et de diffusion des données. Au plan opérationnel les producteurs de données, ou les concepteurs de banques de données, disposent là d'une méthodologie leur apportant des éléments objectifs et concrets pour optimiser leurs réseaux de mesure ou améliorer la diffusion des résultats.

Dans le cas de l'hydrométrie en France, on peut l'utiliser en vue du **développement et de l'optimisation d'un réseau de mesure**, lors de la recherche du **financement** de tels réseaux, et pour dégager les **évolutions souhaitables de la banque HYDRO**.

Documents cités

- réf. 1 Historique, évaluation et prospective des systèmes d'information statistique. Rapport de synthèse du groupe de réflexion à long terme « espace et environnement » CNIS septembre 1988.
- réf. 2 Code pratique de l'eau. Le moniteur des travaux publics et du bâtiment novembre 1978.
- réf. 3 Inventaire des données pluviométriques nécessaires à la gestion des eaux dans le bassin Seine-Normandie. AFBSN novembre 1987.
- réf. 4 Etude de la Banque Nationale de Données de la Qualité des Eaux de Surface — dossier de la réunion du comité de pilotage du 11.7.89 — l'analyse par fonctions. AFBSN juillet 1989.
- réf. 5 Bassin de l'Armançon — Prévision des crues sur le haut bassin SNS-SOGREAH — août 1988.
Spécial contrat de rivière « Armançon » — Revue de l'agence financière de bassin Seine-Normandie n° 62, juillet 1988.

Descriptions jointes

- Autorisation de prélèvement par un service chargé de la police des eaux.
- Dimensionnement des ouvrages de franchissement d'un cours d'eau et de sa plaine d'inondation par un maître d'œuvre.

1. Analyse de la fonction « autorisation de suivi de prélèvements » exercée par les services chargés de la police des eaux, rédigée par F. Guerber (AFBSN), suite à un entretien avec Mlle Michel (S.N.S. Paris).

Description de la fonction et de ses objectifs

Les services chargés de la police des eaux ont besoin, pour exercer leur mission, de données techniques élaborées relatives aux milieux récepteurs dont ils ont la gestion.

Ils doivent instruire les demandes d'autorisation de prises d'eau en application de la réglementation en vigueur, notamment la loi du 16 décembre 1964 article 6. A cet effet, ils doivent être à même :

1) de formuler un avis motivé sur l'acceptabilité du prélèvement, en fonction de son impact sur le milieu récepteur,

2) d'édicter le cas échéant des prescriptions chiffrées plus restrictives que la demande, afin de satisfaire aux exigences des usages fixés au milieu récepteur, en tenant compte par ailleurs des contraintes technologiques et financières mises en jeu,

3) de contrôler le respect des autorisations délivrées, tant au niveau des faits énumérés que de leur impact immédiat sur le milieu aquatique, de dresser les bilans correspondants et, si nécessaire, de proposer des modifications ou réajustements des autorisations délivrées.

- visite des lieux,
- vérification de l'impact,
- fixation du périmètre,
- projet de prescriptions techniques.

— Procédure administratives :

- consultation des services,
- enquête publique,
- conseil d'hygiène,
- arrêté.

— Visite de récolement.

— Contrôles périodiques.

Les informations nécessaires

Domaine des usages de l'eau pour le tronçon concerné par le prélèvement :

- code hydrologique et *PK* amont et aval,
- nom du cours d'eau,
- usage prévu au dossier d'objectifs de qualité,
- catégorie piscicole.

Domaine de l'hydrométrie pour le tronçon concerné par le prélèvement :

- mode d'obtention des débits,
- débits saisonniers classés en l'état naturel,
- module annuel,
- loi hauteur/débit.

Déroulement chronologique

— Demande initiale ou stimulus.

— Instruction de la demande :

- questions complémentaires,

Domaine de la qualité physicochimique des eaux de surface

- valeur actuelle des principaux paramètres de qualité des eaux (DBO₅, DCO, MES, NH₄, NO₃, O₂ et PO₄) et valeur à atteindre pour respecter l'objectif de qualité.

Domaine des ouvrages

- nom, adresse, localisation du pétitionnaire,
- usage prévu de la prise d'eau, nature et localisation de l'utilisation de l'eau,
- type, puissance, débit et hauteur manométrique des pompes,
- volumes prélevés en fonction des diverses périodes de l'année,
- localisation précise de l'ouvrage (*pk*, rive, commune, situation par rapport aux prises amont et aval),
- éventualité d'un rejet (si oui, nature physicochimique et quantité).

Les principaux raisonnements suivis

1) Vérification de l'impact du prélèvement sur les quantités des écoulements :

- impact sur l'usage « adduction d'eau » : calcul des volumes disponibles en aval du prélèvement pour l'alimentation en eau potable, ou industrielle ou d'irrigation, et comparaison aux besoins en eau actuels et prévisibles ;
- impact sur l'usage « piscicole » : calcul des débits Q_{10} / 0,8 après prélèvement, et comparaison au dixième (ou au quarantième) du module annuel. Calcul des hauteurs d'eau

et du marnage prévisible et comparaison aux exigences des espèces existantes ;

- impact sur l'usage « navigation » : estimation de l'abaissement du niveau du bief et des entraves à la navigation créées par l'ouvrage.

2) Vérification de l'impact du prélèvement sur la qualité des écoulements :

- évaluation de la qualité physicochimique des eaux en aval du prélèvement, dans la situation actuelle de l'épuration et dans la situation où l'objectif de qualité est atteint. Comparaison avec la qualité en absence de prélèvement.

Ces vérifications permettent, le cas échéant, de fixer des prescriptions précises pour limiter le prélèvement (par exemple : limitation à un débit maximal, ou arrêt des pompes à une période de l'année, etc...).

3) Conseil technique au maître d'ouvrage pour la localisation de la prise d'eau, ou la définition de l'ouvrage.

4) Bilans divers concernant les procédures d'autorisation, les contrôles, l'applicabilité de la loi pêche, etc...

Le produit final

Cette fonction débouche :

- pour ce qui concerne l'examen préalable d'une demande, sur un arrêté préfectoral d'autorisation de prélèvement, accompagné de prescriptions obligatoires pour le préleveur,
- pour ce qui concerne le contrôle, sur des procès-verbaux, comptes rendus ou bilans périodiques.

2. Analyse de la fonction « dimensionnement des ouvrages de franchissement d'un cours d'eau et de sa plaine d'inondation » (Aspects hydrologiques et hydrauliques), rédigée par M. Marion (S.R.A.E. Bourgogne).

Description de la fonction et de ses objectifs

Le franchissement des cours d'eau et de leur lit majeur par les voies de communication pose deux problèmes plus ou moins liés :

- celui de la sécurité même de l'ouvrage, susceptible d'être endommagé ou détruit par une crue exceptionnelle s'il n'est pas convenablement dimensionné pour un niveau de risque acceptable,
- celui de l'impact des ouvrages sur l'écoulement des eaux, notamment pour les grands cours d'eau de plaine où, en forte crue, le débit en lit majeur peut être plus important que celui du lit mineur.

Parmi les différents critères qui conditionnent le choix d'un tracé, le critère hydraulique devrait être prioritaire lorsqu'il s'agit de traverser une plaine inondable à l'aide d'une voie de communication réputée non submersible (voie ferrée, autoroute, route nationale).

Les principaux objectifs de cette fonction seront donc :

- trouver la section la moins défavorable sur le plan hydraulique pour le franchissement de la vallée (rétrécissement du lit majeur), tout en respectant les contraintes techniques et d'environnement imposées par le projet ;
- dimensionner l'ouvrage principal et les ouvrages annexes de manière à permettre l'écoulement de la crue de projet (crue centennale pour les ouvrages importants) sans

risque pour ces ouvrages et avec le minimum d'impacts sur le libre écoulement des eaux ;

- prévoir les mesures compensatoires destinées à annuler les effets éventuels de la voie de communication sur le libre écoulement des eaux ou sur les usages de la voie d'eau et de son lit majeur ;
- définir les mesures à prendre pour l'entretien du cours d'eau et des ouvrages dans la zone de franchissement.

Déroulement chronologique

- Recherche des données cartographiques sur les zones inondables.
- Choix du secteur de franchissement le plus favorable sur le plan hydraulique en fonction de l'origine et de l'aboutissement du projet ou des points de passage imposés (gare, échangeur...).
- Inventaire des données hydrométriques disponibles dans le secteur considéré (échelles, limnigraphes, stations de jaugeage).
- Critique et première exploitation des données disponibles : première estimation des crues de projet.
- Mise en place, le plus tôt possible, de dispositifs de mesures complémentaires dans le secteur retenu (limnigraphes, échelles limnimétriques, échelles à maximum).
- Mesures éventuelles des vitesses et débits de crue au droit du site.
- Révision éventuelle de l'étude hydrologique en fonction des observations faites au droit du site projeté.
- Relevés bathymétriques du lit mineur reliés altimétriquement à la topographie du lit majeur.
- Etude sédimentologique (M.E.S., nature et caractéristiques mécaniques des sédiments en place...).
- Modélisation mathématique des écoulements de crue avec calage sur des crues observées :
 - état initial,
 - simulation pour différents tracés et débouchés des ouvrages,
 - étude des effets des mesures compensatoires.

En zone sensible ou pour des cas complexes il pourra s'avérer nécessaire de faire appel au modèle réduit. Les opérations complémentaires à réaliser concerneront :

- Délimitation précise de la zone à modéliser en tenant compte des résultats du modèle mathématique.
- Réalisation de relevés topographiques complémentaires avec une cartographie fine de la zone à représenter en modèle réduit.
- Construction du modèle réduit à une échelle appropriée.
- Association interactive entre modèle mathématique et modèle réduit, notamment pour préciser les conditions aux limites du modèle réduit.
- Simulation des écoulements sur modèle réduit :
 - état initial,
 - étude de différentes combinaisons et implantations d'ouvrages,
 - optimisation du dimensionnement et de la forme des ouvrages pour la solution la plus performante,

- étude fine des mesures compensatoires.
- Elaboration de l'avant-projet.
- Enquêtes hydraulique et de D.U.P.
- Mise en forme du projet définitif.
- Réalisation des travaux.

Informations utilisées

a) Domaine de l'hydrométrie

- Superficie des bassins versants.
- Relevés d'échelles.
- Débits moyens journaliers aux stations.
- Débits jaugés.
- Débits de pointe de crue.
- Hydrogrammes des crues.
- Limnigrammes des crues.
- Lignes d'eau en crue.
- Profils des vitesses et des débits dans le secteur considéré.
- Durées de submersion et de ressuyage.
- Caractéristiques des apports latéraux.

b) Domaine de la topographie

- Topographie générale de la vallée.
- Limites des zones inondables pour différentes crues historiques.
- Délimitation des zones sensibles ou à protéger.
- Bathymétrie des fonds du lit mineur.
- Cotes des berges et seuils de débordement.
- Obstacles longitudinaux ou transversaux.
- Plans cotés des ouvrages existants.
- Profils en travers du lit majeur.
- Cartographie détaillée (modèle réduit).

c) Domaine de la sédimentologie

- Teneurs en M.E.S.
- Nature et caractéristiques mécaniques des sédiments en place.

d) Domaine des usages

- Tirants d'eau et tirants d'air imposés par la navigation.
- Captages et périmètres de protection.

Les principaux raisonnements suivis

Entre la solution la plus économique (mais aux conséquences graves), qui consiste à aménager une voie de communication en remblai avec un minimum d'ouvrages d'art, et la solution la plus coûteuse qui consiste à franchir toute la zone inondable à l'aide d'un viaduc le plus transparent possible, il existe des solutions intermédiaires qui méritent d'être étudiées.

La recherche de ces solutions nécessitant de nombreuses données d'observations au droit du site retenu, il importe de mettre en place, le plus tôt possible, les dispositifs permettant d'appréhender avec précision les écoulements de crue. Les délais de 5 à 10 ans qui s'écoulent entre le début des études et la réalisation des travaux pourront ainsi être mis à profit pour accumuler le maximum d'observations.

Les principaux raisonnements suivis seront donc :

— Définition précise de l'état initial (conditions d'écoulement des crues, durées de submersion, limites des zones inondables...).

— Choix du tracé présentant le meilleur compromis entre coût des ouvrages et impacts sur l'environnement.

— Optimisation de l'implantation et du dimensionnement des ouvrages de façon à minimiser les influences dommageables.

— Etude des mesures compensatoires destinées à annuler les effets éventuels des ouvrages.

— Définition des observations à poursuivre et des mesures à prendre pour contrôler et maintenir le nouvel état d'équilibre obtenu après réalisation des travaux.

REMARQUE IMPORTANTE : à tous les stades de la démarche, les riverains et les différentes parties prenantes (collectivités locales, associations de protection de la nature, fédérations de pêche, administrations...) devront être étroitement associées à l'élaboration du projet.

Le produit final

Cette fonction débouche sur l'élaboration d'un avant-projet qui sera soumis à l'enquête hydraulique et à l'enquête de D.U.P.

Dans la mesure où toutes les parties prenantes auront été activement associées à toutes les phases du projet, ce dernier ne devrait en principe pas être remis en cause ni profondément modifié à la suite de ces enquêtes.