

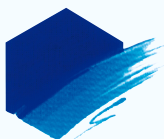
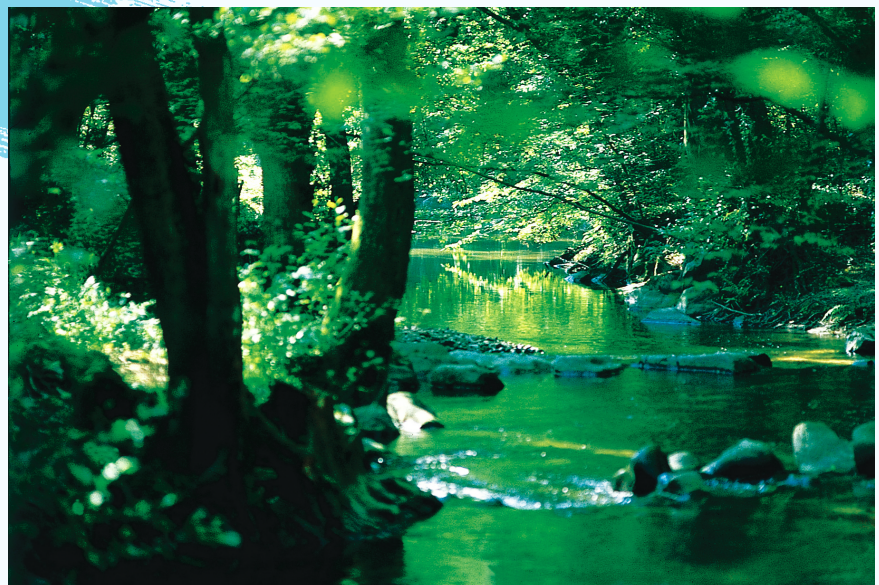
LA GESTION INTÉGRÉE DES RIVIÈRES

Volume 2/3

Fiches méthodologiques et techniques



2



Agences de l'Eau



LA GESTION INTÉGRÉE DES RIVIÈRES

Un guide méthodologique pour :

- mieux comprendre le fonctionnement des rivières
- mieux les étudier
- mieux les gérer

Les objectifs de ce guide

Aider à la construction d'une représentation performante des rivières et de leur environnement ...

- Présentation des modèles existants, des approches scientifiques et des méthodes d'analyse correspondantes ;
- Formulation des relations entre usages et milieux, par un système de critères et indicateurs ;
- Caractérisation des conséquences des actions sur les usages et milieux, selon un modèle similaire.



... par la mise à disposition de l'ensemble des outils méthodologiques nécessaires

- la connaissance du contexte juridique ;
- l'identification et l'organisation de l'ensemble des acteurs ;
- la sélection des outils de gestion adaptés ;
- la préparation d'un cahier des charges d'étude ;
- la construction d'un diagnostic.

Trois volumes

Volume 1 : Pour une approche globale

Ce volume constitue un guide méthodologique pour vous permettre de concevoir une approche globale du système que vous devez étudier

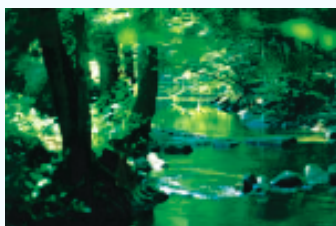
Volume 2 : Fiches méthodologiques et techniques

Ce volume propose 3 clés d'entrée. A consulter ponctuellement :

- Les usages de l'eau : leurs besoins et leurs impacts, les critères et indicateurs à étudier ;
- Les méthodes susceptibles d'être mises en oeuvre pour analyser le milieu aquatique : hydrologie, physico-chimie, biologie, etc. ;
- Les actions de gestion, selon les objectifs principaux : leur mise en oeuvre, les dangers, les enjeux et les alternatives.

Volume 3 : Etudes de cas

Ce volume vous donnera des idées, des envies et vous permettra de prendre conscience des difficultés : des études de cas à consulter en vous demandant : «Et pourquoi pas nous ?»





LA GESTION INTÉGRÉE DES RIVIÈRES

Vol. 1 - Pour une approche globale

Partie 1 Décider

Partie 2 Sur quel système ?

Partie 3 Dans quel contexte ?

- A Le contexte juridique
- B Les acteurs de l'aménagement et de la gestion des rivières
- C Les outils d'aménagement et de gestion des rivières

Partie 4 Avec quelles données ?

Approches centrées sur l'écosystème

- A Approches physiques
- B Approches physico-chimique et bactériologique de la qualité de l'eau
- C Approche biologique
- D Approche écologique

Partie 5 Avec quelles données ?

Approches centrées sur le socio-système

Vol. 2 - Fiches méthodologiques et techniques

Partie 1 Fiches méthodologiques

- A Critères et indicateurs
- B Analyse des secteurs économiques

Partie 2 Méthodes d'étude

- A Méthodes d'étude pour le diagnostic
 - 1- Hydrologie
 - 2- Hydraulique
 - 3- Hydrogéologie
 - 4- Géomorphologie et Morphodynamique
 - 5- Physico-chimie et Bactériologie
 - 6- Hydrobiologie
 - 7- Biologie
 - 8- Ecologie
- B Evaluer un schéma ou un projet
 - Approche économique
 - 1- Evaluer un schéma
 - 2- Evaluer un projet
 - 3- Fiches Méthodes Economiques

Partie 3 Fiches objectifs de gestion et actions

- A Gestion et restauration du milieu aquatique
- B Gestion et restauration de la qualité de l'eau
- C Gestion de la végétation riveraine
- D Gestion du risque d'inondation
- E Gestion de l'érosion
- F Gestion quantitative de la ressource

Vol. 3 - Etudes de cas

- 1 La Jalle dans la banlieue bordelaise
- 2 L'Eau Bourde à Gradignan
- 3 Le Loiret dans l'agglomération orléanaise
- 4 La Sèvre nantaise
- 5 La Vilaine dans l'agglomération rennaise
- 6 L'Yzeron
- 7 Le Thiou à Cran-Gevrier
- 8 La Reyssouze à Bourg-en-Bresse
- 9 La Meyne à Orange
- 10 La Salaison dans la banlieue de Montpellier
- 11 Aménagement de l'Huveaune à Marseille
- 12 L'Yvette dans la Haute Vallée de Chevreuse
- 13 La vallée de l'Orge en région Ile-de-France
- 14 La Rize, rivière de l'agglomération lyonnaise
- 15 Le Marais Audomarois autour de Saint-Omer

Page de garde
blanche

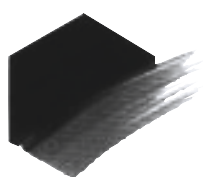
Page blanche

La gestion intégrée des rivières

Volume 2/3

Fiches méthodologiques et techniques

2



Agences de l'Eau

Sommaire général

Volume 2 - Fiches méthodologiques et techniques

| | | |
|---|----------|----|
| Avant propos | page 7 | |
| Introduction générale | page 9 | I |
| Partie 1 Fiches méthodologiques | page 15 | 1 |
| A Critères et indicateurs pour l'étude des usages et des milieux | page 17 | 1A |
| 1 - Typologie pour les usages et les fonctions | | |
| 2 - L'étude des usages et milieux | | |
| 3 - Fiches par usage | | |
| 4 - Influences et dépendances de chaque critère | | |
| B Analyse des secteurs économiques | | 1B |
| Introduction | page 49 | |
| 1 - L'analyse par secteur économique | | 2 |
| 2 - La synthèse tous secteurs économiques | | |
| Partie 2 Méthodes d'étude | page 71 | 2A |
| A Méthodes d'étude pour le diagnostic | page 73 | 2B |
| 1- Hydrologie | | 3 |
| 2- Hydraulique | | |
| 3- Hydrogéologie | | |
| 4- Géomorphologie et Morphodynamique | | |
| 5- Physico-chimie et Microbiologie | | |
| 6- Hydrobiologie | | |
| 7- Biologie | | |
| 8- Ecologie | | |
| B Evaluer un schéma ou un projet | | 3I |
| Approche économique | page 171 | 3A |
| 1- Evaluer un schéma | | 3B |
| 2- Evaluer un projet | | |
| 3- Fiches Méthodes Economiques | | |
| Partie 3 Fiches objectifs de gestion et actions | page 221 | 3C |
| Classification des actions présentées, par objectifs de gestion | page 222 | |
| A Gestion et restauration du milieu aquatique | page 225 | 3D |
| B Gestion et restauration de la qualité de l'eau | page 243 | |
| C Gestion de la végétation riveraine | page 253 | 3E |
| D Gestion du risque d'inondation | page 259 | |
| E Gestion de l'érosion | page 277 | |
| F Gestion quantitative de la ressource | page 285 | 3F |
| Table des matières du volume 2 | page 289 | |

Vol. 1 - Pour une approche globale

Avant propos

Introduction générale

Partie 1 Décider

Partie 2 Sur quel système ?

Partie 3 Dans quel contexte ?

Introduction

- A Le contexte juridique
- B Les acteurs de l'aménagement et de la gestion des rivières
- C Les outils d'aménagement et de gestion des rivières

Partie 4 Avec quelles données ? Approches centrées sur l'écosystème

Introduction

- A Approches physiques
- B Approches physico-chimique et bactériologique de la qualité de l'eau
- C Approche biologique
- D Approche écologique

Partie 5 Avec quelles données ? Approches centrées sur le socio-système

Introduction

- A Approche des sites et paysages
- B Approche sociologique
- C Approche économique

Table des matières du volume 1

Vol. 3 - Etudes de cas

Avant propos

Introduction générale

Etudes de cas

- 1 La Jalle dans la banlieue bordelaise
- 2 L'Eau Bourde à Gradignan
- 3 Le Loiret dans l'agglomération orléanaise
- 4 La Sèvre nantaise
- 5 La Vilaine dans l'agglomération rennaise
- 6 L'Yzeron
- 7 Le Thiou à Cran-Gevrier
- 8 La Reyssouze à Bourg-en-Bresse
- 9 La Meyne à Orange
- 10 La Salaison dans la banlieue de Montpellier
- 11 Aménagement de l'Huveaune à Marseille
- 12 L'Yvette dans la Haute Vallée de Chevreuse
- 13 La vallée de l'Orge en région Ile-de-France
- 14 La Rize, rivière de l'agglomération lyonnaise
- 15 Le Marais Audomarois autour de Saint-Omer

Table des matières du volume 3

Avant-propos

La réalisation de ce guide, collectif et pluridisciplinaire, sur la gestion et l'aménagement des rivières non domaniales, a été possible grâce à l'existence et au mode de fonctionnement du Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau (GRAIE), association régie par la loi de 1901, regroupant des partenaires compétents dans le domaine de l'eau (chercheurs, bureaux d'études, administrations, collectivités territoriales, etc.).

L'organisation de cette démarche collective entraine dans le cadre des trois missions de l'association qui sont de créer des relations entre les divers intervenants concernés par la gestion de l'eau, de promouvoir et de développer la recherche dans les domaines de l'eau et des infrastructures, en favorisant la pluridisciplinarité, et enfin de valoriser les travaux par la diffusion de l'information.

Une première version de cet ouvrage, intitulée « Les cahiers techniques du GRAIE pour la gestion et l'aménagement des cours d'eau » a été achevée en juin 1991.

Elle a impliqué, pendant plus de trois ans, une participation et un investissement personnel de chacun des membres du Groupe de Travail « Gestion des rivières », qui rassemble des spécialistes de l'hydrologie, de la géographie, de l'hydrobiologie, de l'écologie des eaux douces, des paysages, de la sociologie, du droit, de l'économie, etc..

La présente version est le résultat d'importants remaniements et approfondissements des propositions méthodologiques et des connaissances scientifiques et techniques présentées dans le premier document. Cette seconde phase de recherche a également permis de prendre en compte le nouveau contexte juridique et les nouveaux outils méthodologiques liés à la loi sur l'eau de 1992.

L'équipe mobilisée pour élaborer cette deuxième version est la suivante :

- Marie-Edith BASSET - Juriste ;
- Elodie BRELOT - GRAIE ;
- Bernard CHOCAT - INSA de Lyon, URGC / Hydrologie Urbaine ;
- Pierre-Marie COMBE - Université de Bourgogne, L.A.T.E.C. ;
- Monique COULET - FRAPNA ;
- Philippe DUPONT - Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse ;
- Bruno GONTIER - GREBE ;
- André DURBEC - BURGEAP ;
- Olivier GILARD - CEMAGREF, Groupement de Lyon, Division Hydrologie-Hydraulique ;
- Gilles HUBERT - CERGRENE ;
- Pascal LE GAUFFRE - INSA de Lyon, URGC / Hydrologie Urbaine ;
- Yannick MASLIN-LENY - GRAIE ;
- Bernard MEURET - INSA de Lyon, Equipe Développement Urbain ;
- Hervé PIEGAY - UMR CNRS « Environnement, Ville et Société », Université Jean Moulin ;
- Alain PONSERO - Hydrobiologiste.

Ont également contribué à la construction de cet ouvrage :

- de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse : Béatrice ANDRE, Claude LASCOMBE, Catherine PETIT et Marc VEROT ;
- de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne : Yves LANNIC ;
- de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse : Philippe GOETGHEBEUR ;
- du CEMAGREF, Groupement de Grenoble, Division Environnement Naturel et Paysage : Marie-France DUPUIS et Bernard FISCHESSE ;
- du Ministère de l'Environnement, Direction de l'Eau : Marie-Pierre COLIN et al.

En plus des personnes citées ci-dessus, qui étaient pour partie déjà impliquées dans la rédaction des cahiers techniques, nous tenons à souligner ici la contribution essentielle des personnes suivantes à la première version :

- Hervé BESSEY - Université de Tours, C.E.S.A. ;
- François-Noël CRES - INSA de Lyon, Laboratoire Méthodes ;
- Alain LALO - G.R.A.I.E. ;
- Jean-Louis MICHELOT - Consultant en environnement (Lyon) ;
- Jean-François PERRIN - S.R.A.E. Rhône-Alpes ;
- ainsi que : J.C. BOISSON du GREBE ; J.P. BRAVARD de l'Université Lyon II ; L. GRAND de la D.D.E. de la Loire ; G. OBERLIN du CEMAGREF ; P. PIONCHON, architecte paysagiste ; A.M. POZET de la D.D.E. du Rhône ; Y. SOUCHON du CEMAGREF

La présente version du guide méthodologique a été financée par les Agences de l'Eau ; le soutien de la communauté urbaine de Lyon au fonctionnement du GRAIE nous a permis de consacrer un temps certain à l'achèvement de ce projet ambitieux. Enfin, ce document n'aurait pas pu paraître sans la confiance que nous ont accordée les organismes financeurs de la première version, à savoir :

- la Région Rhône-Alpes ;
- l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse ;
- le Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer (Plan Urbain) ;
- le Ministère délégué à l'Environnement et à la Prévention des risques technologiques et naturels majeurs (Direction de l'Eau et de la Prévention de la Pollution et des Risques) ;
- l'Institut National du Génie Urbain à Lyon.

Nous remercions donc ici chaleureusement toutes les personnes qui, de par leurs contributions intellectuelles et/ou matérielles, ont permis l'édition de ce guide méthodologique. Nous espérons que le résultat de ce travail répondra, au moins en partie, à la demande exprimée par bon nombre d'acteurs impliqués dans les projets de gestion et d'aménagement des milieux aquatiques.

Introduction générale

Cet ouvrage a pour thème la gestion intégrée des rivières

Mais qu'est-ce que la gestion intégrée ? comment la définir et la mettre en pratique ? Comment cet ouvrage peut-il contribuer à son développement ? Comment a-t-il été construit et comment peut-on l'utiliser ?

Pour apporter des éléments de réponse à ces différentes questions, nous structurerons cette introduction en trois parties.

- la première partie sera consacrée à un rapide historique des méthodes utilisées pour gérer les rivières urbaines;
- la deuxième partie tentera de définir ce qu'est la gestion intégrée et de préciser les différents éléments de connaissance, d'information ou d'organisation indispensables à sa mise en place ;
- la troisième partie présentera le plan de l'ouvrage ainsi que les différentes pistes qui peuvent être suivies pour l'exploiter.

La gestion des rivières : une histoire à la continuité incertaine

Les problèmes liés à la gestion de l'eau se sont posés différemment au cours du temps, en fonction des besoins en eau, de l'organisation de la société, de l'état des connaissances et des moyens disponibles. Nous ne nous intéresserons ici qu'à l'histoire française récente, c'est-à-dire à celle des deux derniers siècles.

D'une gestion unitaire à une gestion sectorielle

Jusqu'à la révolution industrielle du 19^{ème} siècle, l'eau fait l'objet d'une gestion de proximité et de type autarcique. Compte-tenu des besoins en eau limités, la ressource conserve son caractère d'unicité, les conflits d'usages sont rares, bien qu'ils ne soient pas absents. Globalement, il y a une bonne adéquation entre la demande et l'offre. L'entretien des rivières est assuré correctement.

A partir du 19^{ème} siècle, les progrès scientifiques et techniques transforment les termes de la gestion de l'eau. En même temps que l'économie industrielle progresse et que le territoire s'urbanise, on assiste au développement d'une politique de grands travaux et de mobilisation de la ressource en eau sans précédent (construction de barrages et de canaux, rectification de rivières pour les rendre navigables, aménagement des cours d'eau en vue de produire de l'énergie, irrigation des terres, drainage et assèchement des zones humides). Ces actions sont facilitées par une intervention très forte des pouvoirs publics en matière d'aménagement et par une multiplica-

tion des mesures administratives visant à affirmer les pouvoirs de police de l'Etat. Cette politique a deux conséquences directes : un découpage territorial de la gestion de l'eau calqué sur l'organisation administrative, un désengagement des populations locales du fait de l'affaiblissement des pratiques communautaires, désengagement qui se traduit en particulier par l'abandon des actions d'entretien courant.

Essentiellement axée sur les aspects quantitatifs, cette approche conduit en quelque sorte à une spécialisation des cours d'eau: les actions d'aménagement et de gestion sont réalisées de façon à satisfaire un usage de l'eau jugé prioritaire, au détriment de tous les autres (la navigation, l'hydroélectricité, etc.). On parle alors de gestion sectorielle (ou de gestion par filières). Ce mode de gestion perdure jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle. Après la seconde guerre mondiale, la période de reconstruction et de modernisation de l'économie suit la même logique et l'Etat continue de renforcer son pouvoir en matière de gestion de l'eau. Les faits les plus marquants de cette époque sont les suivants : la prise en charge par l'Etat de l'entretien des rivières non domaniales (1945), la mise en place d'une politique de planification et d'aménagement du territoire (1946-1949), la nationalisation de l'électricité et le lancement de grands programmes hydroélectriques (1947), la création des sociétés d'aménagement régionales (1951).

La forte croissance urbaine et le développement industriel et agricole se traduisent par une augmentation rapide des prélèvements et des rejets. Les premiers conflits notables apparaissent à la fin des années cinquante; ils sont dus à l'altération de la qualité des cours d'eau et à des problèmes de partage de la ressource. Ils provoquent une prise de conscience de la part de l'Etat, qui se traduit par la création, en 1959, d'une Commission de l'eau chargée de mener des réflexions pour une gestion plus rationnelle de la ressource.

D'une gestion sectorielle à une gestion globale

Dans les années soixante, la gestion sectorielle de l'eau est remise en cause. La considération des besoins en terme de quantité n'apparaît plus suffisante; elle doit s'accompagner d'une approche plus qualitative de la ressource. La loi sur l'eau du 16 décembre 1964 traduit cette évolution et marque une première étape vers une gestion globale, développée autour des trois grands principes suivants :

- l'unicité de la ressource: relations entre les eaux superficielles et les eaux souterraines, relations entre les aspects qualitatifs et quantitatifs, relations entre l'amont et l'aval ;
- l'interdépendance et la solidarité entre les usagers de l'eau (création des organismes de bassin) ;

- la reconnaissance de la valeur économique de l'eau (application du principe pollueur-payeur).

Avec cette loi, est mis en place un nouveau mode de gestion de l'eau plus proche des réalités hydrographiques et se superposant à l'organisation administrative du territoire : on assiste à la création de six Comités de Bassins et de six Agences Financières de Bassin.

Les orientations de gestion de la ressource en eau définies par cette loi vont conduire à une amélioration de la satisfaction des usages de l'eau et à une réduction des foyers de pollution principalement industriels et domestiques (politique active en matière d'équipements d'épuration).

Par la suite, la création du Ministère de l'environnement en 1970, l'adoption en 1976 de la loi de protection de la nature et en 1984 de la loi sur la pêche en eau douce, viennent confirmer les nouvelles orientations prises en matière de gestion de l'eau et conduisent à une prise en compte progressive des milieux naturels dans les décisions d'aménagement.

Parallèlement à cette évolution des principes, la crise économique réduit les capacités redistributives de l'Etat et provoque un changement d'attitude. L'Etat met alors l'accent sur les notions d'autonomie et d'implication locale, de participation et de concertation. Les lois de décentralisation de 1982 sont les résultats de ce changement et la réponse nécessaire à la crise de l'Etat providence. Par le biais des transferts de compétences, les collectivités territoriales vont être amenées à intervenir plus directement dans le domaine de l'urbanisme, de l'alimentation en eau potable, de l'assainissement ou encore de la maîtrise d'ouvrage d'aménagement de rivière.

D'une gestion globale à une gestion équilibrée

A la fin des années 1980, est organisé en France un grand débat sur la politique de l'eau (les Assises nationales de l'eau) qui a pour but de discuter des enjeux et des solutions possibles pour améliorer la gestion de l'eau en France. Un bilan mitigé de l'application de la loi sur l'eau de 1964 est réalisé. L'évolution du cadre législatif est alors jugée indispensable, afin de répondre à certains problèmes précis (tels que l'application de la police des eaux), de rattraper certains retards (en matière de politique d'objectifs de qualité en particulier), mais aussi en vue d'améliorer la préservation des milieux naturels. L'adoption de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 vise à combler les lacunes. Tout en conservant le cadre législatif précédent cette loi pose comme principe de base la reconnaissance de l'eau comme patrimoine commun de la nation, confère à la préservation ou à la restauration des milieux naturels un caractère d'intérêt général et met en avant l'importance d'une ges-

tion équilibrée entre protection des écosystèmes et satisfaction des usages.

La loi s'attache également à améliorer et simplifier la réglementation. De plus, elle renforce le rôle et les responsabilités des collectivités locales en matière de gestion de l'eau, en complétant leurs attributions dans le domaine de l'assainissement et leur confiant de nouvelles compétences pour l'entretien et la restauration des rivières. Enfin, pour coordonner l'ensemble de ces actions, la loi crée deux nouveaux outils de planification : les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), dont l'élaboration demande d'engager des processus de négociation entre tous les acteurs de la gestion de l'eau.

La gestion intégrée : une mise en cohérence des actions locales avec une vision globale

Les progrès scientifiques et techniques, les problèmes aigus de gestion de l'eau, le développement des questions d'environnement, l'évolution de la demande sociale, mais aussi les retours d'expérience sont donc autant d'éléments qui contribuent à l'émergence et à la construction d'un nouveau concept : celui de gestion intégrée.

Schématiquement, ce concept suppose la coordination des initiatives sectorielles et locales dans le cadre d'une gestion durable, définie à l'échelle du cours d'eau et de son bassin versant.

Une démarche de gestion intégrée nécessite donc d'organiser au mieux les aller-retours entre le niveau global et le niveau local, afin que les opérations sectorielles puissent s'inscrire dans une planification globale.

De façon plus pragmatique, on peut considérer qu'une démarche de gestion intégrée est la résultante d'une combinaison de trois composantes.

La composante socio-économique

La grande majorité des usages requiert des exigences spécifiques en terme de qualité (propriétés physico-chimiques et biologiques de l'eau), de quantité (volume, débit) ou d'aptitude du site (accessibilité des berges, contraintes liées aux inondations, qualité paysagère, statut foncier, etc.). Leur pratique met en œuvre une ou plusieurs fonctions de l'eau :

- fonction biologique (l'eau en tant que constituant actif de la matière vivante) ;

- fonction écologique (l'eau comme facteur abiotique de l'écosystème) ;
- fonction technique (l'eau en tant que fluide, corps solvant ou catalyseur de réactions) ;
- fonction symbolique (l'eau comme signifiant socio-culturel).

De fait, les actions d'aménagement entraîne une altération des facteurs physico-chimiques et biologiques de l'eau, voire du cycle de l'eau, une transformation de la dynamique et de la morphologie du cours d'eau, ou encore une modification des caractéristiques des abords. Tenant compte de ces aspects, la gestion intégrée doit avoir pour but de rechercher la meilleure adéquation possible entre l'ensemble des demandes d'usage et les potentialités du milieu, en limitant au maximum les concurrences entre les usages et en favorisant au contraire les complémentarités (par exemple en agissant sur les pratiques via la réglementation ou sur leur répartition dans l'espace et dans le temps).

La composante écologique

Dans une démarche de gestion intégrée, la préservation et/ou la restauration des écosystèmes aquatiques constituent un objectif en soi. La prise en compte de la dimension écologique dans les projets présente non seulement un intérêt patrimonial mais offre également un moyen pour préserver les possibilités d'usage et de valorisation économique de l'eau, tant dans l'immédiat qu'à plus long terme (notion de développement durable). Considérant cela, on peut supposer que tout projet de gestion intégrée doit coupler deux types d'actions :

- des actions en faveur du milieu, c'est-à-dire privilégiant la fonction naturelle, si besoin au détriment de toutes les autres ;
- des actions avec le milieu, c'est-à-dire ne s'opposant pas aux mécanismes naturels mais tentant de les accompagner.

Concernant le second aspect, on peut parler de réintroduction des pratiques dans les équilibres naturels. Cela nécessite de pouvoir déterminer des seuils sur la pratique des usages au-delà desquels les perturbations engendrées (par les usages et/ou les actions inhérentes) modifient profondément le fonctionnement écologique des milieux.

La composante actoriale

L'organisation des usages de l'eau à l'échelle des bassins versants et leur pratique en adéquation avec les potentialités du système hydrographique nécessitent une implication de l'ensemble des acteurs concernés, ainsi qu'une révision des processus de décision, qui conduisent à

l'élaboration puis à la mise en œuvre d'un projet de gestion globale.

On définit le processus de décision comme l'ensemble des temps forts du montage d'un projet au cours duquel sont confrontées les préférences de divers acteurs et où interagissent les pouvoirs et compétences des individus en présence [Roy, 1985]. La décision, aboutissement d'un processus complexe, est rarement le fait d'un individu seul, même lorsque le choix final revient à une seule personne. De nombreux acteurs, dont le statut et les stratégies d'action sont différents, sont conduits à participer à la construction de la décision. Sans être décideurs, ces acteurs peuvent influencer les décisions en raison de leurs systèmes de valeur, de leur système d'information, de leurs préférences et de leurs jugements [Crozier et Friedberg, 1977]. Dans le cadre de la gestion intégrée, le processus de décision doit être organisé de façon à :

- assurer, par la négociation entre les acteurs en présence, l'intégration de l'ensemble des points de vue et des intérêts en jeu ;
- favoriser l'engagement de ces mêmes acteurs dans une gestion commune ;
- permettre la construction d'un programme d'action et la désignation d'un acteur (ou groupe d'acteurs) capable de le mettre en application.

Comment utiliser ce livre ?

Il s'agit avant tout d'une aide au dialogue

Un livre, aussi pertinent et pédagogique soit-il, ne peut pas forcer les acteurs à entamer une négociation, et encore moins à la réussir. Nous pensons cependant qu'il peut y contribuer.

Si les conflits entre acteurs, et les incohérences de gestion du milieu qui en résultent, proviennent parfois d'intérêts divergents et incompatibles, ce n'est cependant pas la règle générale. Dans beaucoup de cas la méconnaissance des enjeux, des besoins et des désirs des autres acteurs, des conséquences des actions, des solutions alternatives possibles, etc., sont tout autant en cause que la mauvaise volonté.

L'objectif principal de cet ouvrage est donc d'apporter à chacun non seulement l'information directe qu'il recherche, mais aussi des informations complémentaires visant à élargir le plus possible sa perception du milieu et à l'aider à choisir la solution la plus pertinente au vu de l'ensemble des enjeux.

De façon plus pratique, cet ouvrage s'adresse à deux catégories différentes d'acteurs :

- ceux qui contribuent à la définition d'une politique globale de gestion d'une rivière, par exemple dans le cadre de l'élaboration d'un SAGE ou d'un contrat de rivière, et qui recherchent avant tout un cadre conceptuel global susceptible de servir de support à leurs réflexions ou aux négociations ;
- ceux qui, dans leur fonction quotidienne, sont amenés à prendre des décisions de toute nature susceptibles d'avoir une influence sur le fonctionnement de la rivière, que cette dernière ait ou non fait l'objet d'une décision collégiale de gestion intégrée, et qui souhaitent agir au mieux en fonction de leurs intérêts propres, mais aussi en fonction de l'intérêt collectif.

Du fait de cette diversité des acteurs, l'ouvrage a été structuré de manière à pouvoir être lu à différents niveaux et à partir de différents points d'entrée. Globalement il est décomposé en trois volumes.

Un premier volume à lire autant que possible dans son intégralité

Le premier volume est le plus classique dans sa rédaction. Il constitue une sorte de guide méthodologique destiné à permettre aux lecteurs de concevoir une approche globale du système étudié. Il contient quatre parties.

Les trois premières parties développent le cadre de la gestion intégrée : qu'est ce que décider en matière de gestion de rivière ? quel système faut-il étudier ? de quel contexte juridique faut-il tenir compte ? quels sont les acteurs à considérer ? et enfin quels sont les outils d'aménagement disponibles ?

Ces trois parties méritent probablement d'être lues linéairement et dans leur intégralité (particulièrement les deux premières), notamment par ceux qui seront amenés à piloter un groupe de travail de SAGE ou à mettre en place un contrat de rivière. Elles constituent également une base de connaissances et d'informations consultable ponctuellement par tous.

La quatrième partie décrit l'ensemble des points de vue que l'on peut avoir sur une rivière, et recense les données à recueillir. Il s'agit probablement du cœur de l'ouvrage par l'effort de synthèse qu'il a demandé à chacun des experts : hydrologues, hydrogéologues, hydrauliciens, géomorphologues, chimistes, biologistes, hydrobiologistes, écologues, paysagistes, sociologues, économistes, etc.. Chacun a en effet essayé de synthétiser en quelques pages l'essentiel de sa vision d'une rivière, en suivant un plan commun : présentation générale de l'approche, indicateurs pertinents pour apprécier la qualité du fonctionnement

d'une rivière selon le point de vue adopté, différentes méthodes permettant d'évaluer la valeur de ces indicateurs.

La lecture de ce chapitre est conseillée à tous : comprendre le vocabulaire, le point de vue et les méthodes des autres constitue en effet une condition indispensable au dialogue. Nous conseillons au lecteur de commencer par la lecture du point de vue correspondant au champ disciplinaire où il se sent le plus compétent. Cette démarche lui permettra en effet de bien comprendre le raisonnement suivi, et également de juger des simplifications qu'une telle démarche impose obligatoirement à chacun.

Un deuxième volume à consulter chaque fois que l'on a une question

Le deuxième volume est destiné à des consultations ponctuelles plutôt qu'à une lecture continue. Il est constitué de fiches, généralement courtes (2 pages), chacune étant destinée à apporter des informations précises sur un aspect particulier de la gestion des rivières. Ces fiches sont structurées en trois parties qui correspondent chacune à une approche possible.

La **première partie** correspond à une **classification par usage**. Pour chacun des usages possibles de la ressource ou du milieu, le lecteur trouvera les informations suivantes :

- quels sont les besoins spécifiques à l'usage considéré et les impacts de l'usage sur le milieu ;
- quels sont les critères et les indicateurs à prendre en compte pour évaluer l'aptitude du milieu à satisfaire l'usage et pour évaluer l'impact de l'usage sur le milieu (y compris les critères juridiques).

Cette approche par usage est complétée par des grilles de synthèse permettant d'analyser les risques de conflits entre usage par un recensement exhaustif des influences et des dépendances entre critères, ainsi que par une analyse plus économique des enjeux liés au développement des différents usages.

La **deuxième partie** de ce volume est le complément de la quatrième partie du volume précédent. Elle contient une description succincte de la plupart des **méthodes susceptibles d'être mise en œuvre pour analyser un milieu aquatique**, quel que soit le point de vue scientifique ou technique adopté : hydrologie, hydraulique, hydrogéologie, géomorphologie et morphodynamique, physico-chimie et microbiologie, hydrobiologie, biologie des berges et des abords, écologie. Elle constitue le support idéal pour un chargé d'études qui doit réaliser un cahier des charges d'études, ou pour n'importe quel tech-

nicien qui s'interroge sur la meilleure façon d'analyser le milieu. Ces fiches sont complétées par la présentation d'un ensemble de méthodes d'aide à l'évaluation économique des schémas d'aménagement ou des projets.

La **troisième partie** fournit une dernière clé d'accès à l'ouvrage qui est constituée par la liste des **actions possibles de gestion ou d'aménagement**. Même si ce point d'entrée peut paraître très éloigné d'une démarche de gestion intégrée, il constitue souvent un point d'entrée privilégiée pour beaucoup d'acteurs techniques (bureaux d'études, entreprises, administrations, etc.), qui sont consultés pour contribuer à la réalisation (ou pour porter un jugement sur l'intérêt de la réalisation) d'un aménagement particulier, voire pour d'autres acteurs (élus, riverains, associations, etc.) qui sont motivés par le désir ou le besoin d'une réalisation ponctuelle. Le but des fiches est bien sûr d'apporter des informations concrètes et directement utilisables sur la façon de réaliser l'action (définition du projet, éléments de mise en œuvre contexte juridique, références bibliographiques); c'est aussi d'avertir des dangers et des enjeux, de proposer des solutions alternatives et d'encourager le lecteur à élargir son point de vue.

Un troisième volume à consulter pour se donner des idées

Le troisième volume est constitué d'études de cas significatives et représentatives. Il s'agit en fait d'une sorte de calendrier suisse, proposant de belles images, et destiné à développer l'imagination des lecteurs en les plaçant dans une problématique du « et pourquoi pas nous ? ».

Le but premier est donc de donner des idées et de donner envie. Malgré tout, les études de cas sont traitées également pour avertir sur les difficultés et les contraintes. La gestion intégrée d'une rivière est une opération difficile, et il est tout aussi utile de connaître les difficultés que les autres ont rencontrées que d'admirer les magnifiques résultats qu'ils ont obtenus. Enfin, le dernier objectif de ces études de cas est de contribuer au développement d'un réseau de gestionnaires désireux d'échanger des idées, des projets et de l'optimisme.

Bibliographie

CROZIER M., FRIEDBERG E., 1977

L'acteur et le système : les contraintes de l'action collective.

Edition du Seuil ; 437 p ; 1977.

ROY B., 1985

Méthodologie multicritère d'aide à la décision

Paris : Economica, 1985.

Introduction

L'objet de la première partie de ce volume est de constituer une clé d'entrée directe par les usages. Différentes typologies sont proposées dans la littérature ; deux d'entre elles ont été retenues dans cet ouvrage selon le point de vue étudié. Un premier point de vue essentiellement technique, fait l'objet de la sous-partie A. Le second point de vue est économique ; il fait l'objet de la sous-partie B.

Dans la sous-partie A, intitulée " critères et indicateurs pour l'étude des usages et des milieux ", les informations sont structurées de la manière suivante :

Nous présentons dans un premier temps la typologie retenue et les principes généraux pour l'étude des usages et des milieux.

Dans un deuxième temps, pour chaque usage, une fiche synthétise les informations suivantes :

- les besoins spécifiques à l'usage et les impacts potentiels de celui-ci ;
- les critères et indicateurs à prendre en compte pour les étudier.

Enfin, nous complétons cette présentation par des grilles de synthèse regroupant, par critères, les usages influents et dépendants.

La sous-partie B est consacrée à l'approche économique. Les principaux secteurs économiques sont examinés selon le schéma d'analyse proposé ; dans un deuxième temps, les principes méthodologiques nécessaires à la synthèse de cette analyse sont exposés.

A - Critères et indicateurs pour l'étude des usages et des milieux

1 - Typologies pour les usages et les fonctions

Du fait de la diversité des points de vue selon lesquels il est possible de considérer les cours d'eau, on trouve dans la littérature de nombreuses typologies différentes des usages et des fonctions des cours d'eau. A titre d'exemple, nous présentons celle proposée par Sormail [Sormail, 91] et celle proposée par P.M. Combe dans ce même ouvrage.

La première typologie, dont nous nous sommes largement inspiré, repose sur une vision «pragmatique» des rôles que peut jouer une rivière, ces rôles sont regroupés en quatre grandes familles :

- **Rivière «gisement»**
 - ressource en eau (eau potable, agriculture, industrie) ;
 - ressources en énergie ;
 - ressource en matériaux ;
 - ressources en poissons ;
 - ressources en espaces ;
- **Rivière «exutoire»**
 - évacuateur ;
 - collecteur ;
- **Paysage - Espace** de loisir ;
- **Écosystème** (milieu naturel, hydrosystème).

La seconde typologie résulte d'un raisonnement s'appuyant sur les grands principes de l'économie. Elle conduit également à proposer quatre catégories principales :

- **Les usages extractifs**, pour lesquels le cours d'eau est considéré comme une ressource dans laquelle on vient puiser : de l'eau, de l'énergie, des granulats, des poissons, etc. ;
- **Les usages in situ** : pêche, micro-centrale, baignade, rejets, canoë, etc. ;
- **Les services collectifs par non-usage** : régulation d'un microclimat, maintien d'espèces, régularisation du régime hydrologique, etc. ;
- **Les occupations du sol**, usages non spécifiques, qui n'utilisent en fait que l'espace occupé par le cours d'eau : voie sur berges, habitations, zones de commerce.

Ces typologies utilisent chacune plusieurs points de vue (ce qui est d'ailleurs vrai de n'importe quelle typologie). Il

ne faut donc pas chercher, dans une classification particulière, une systématique absolue, bâtie sur des critères incontournables. Nous nous contenterons donc de regrouper les fonctions et les usages de manière à dégager une représentation du milieu, mettant en évidence ses rôles les plus importants.

1.1. Les usages humains du milieu

Nous utiliserons la typologie proposée par Sormail [Sormail, 91] :

a) Rivière «gisement»

a1) Rivière ressource en eau

a11) Utilisation de la rivière

- captage d'eau :
 - pour l'irrigation
 - pour la fabrication d'eau potable
 - pour l'industrie
- abreuvement d'animaux en rivière

a12) Utilisation des abords de la rivière

- pompage en nappe

a2) Rivière ressource en énergie

- accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

a3) Rivière ressource en matériaux

- extraction de granulats

a4) Rivière ressource en poissons

- pisciculture ; pêche professionnelle

a5) Rivière ressource en espaces

a51) espace «naturel»

- chasse

a52) espace continu (réseau)

- accueil d'une voie de circulation

a53) espace facilement urbanisable

- accueil :
 - d'une zone urbanisée sur rive
 - d'une zone de culture sur rive
 - d'un espace de loisirs

b) Rivière «exutoire»

- évacuation de rejets en rivière

c) Rivière paysage - Espace de loisirs

c1) Utilisation du paysage

- participation au paysage

c2) Utilisation des abords

- promenade aménagée
- promenade en sentier

c3) Utilisation de l'eau

- baignade
- jeux d'eau
- canoë-kayak

c4) Utilisation du contenu de l'eau

- pêche tranquille en rivière
- pêche sportive en rivière

2 - L'étude des usages et milieux

Le premier modèle de connaissance proposé dans cet ouvrage (présenté dans la partie 2 du volume 1) vise à structurer l'étude des usages en examinant :

- en quoi l'état et le fonctionnement de la rivière et de son bassin permettent de satisfaire les besoins des usages actuels et/ou projetés ;
- en quoi ces usages et les aménagements induits perturbent (ou risquent de perturber) les mécanismes et équilibres du milieu.

Dans cette partie sont présentés les critères et indicateurs à étudier, d'une part pour la fonction de préservation des milieux et, d'autre part, pour les usages humains des milieux. Ces deux types de fonctions sont traités séparément car ils répondent à des logiques d'études différentes.

1.2. Les usages retenus

Les usages étudiés sont les suivants :

- Us-1.** Captage d'eau pour l'alimentation en eau potable, l'industrie et l'irrigation ;
- Us-2.** Abreuvement d'animaux en rivière ;
- Us-3.** Evacuation de rejets en rivière ;
- Us-4.** Extraction de granulats ;
- Us-5.** Pêche [sportive / tranquille] en rivière ;
- Us-6.** Promenade [aménagée / en sentier] ;
- Us-7.** Chasse ;
- Us-8.** Baignade ;
- Us-9.** Jeux d'eau ;
- Us-10.** Canoë-kayak ;
- Us-11.** Accueil d'une voie de circulation en bord de cours d'eau ;
- Us-12.** Accueil d'une zone urbanisée sur rive ;
- Us-13.** Accueil d'une zone de culture sur rive ;
- Us-14.** Accueil d'un espace de loisirs ;
- Us-15.** Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique ;
- Us-16.** Pompage en nappe.

2.1 Grille d'étude de la satisfaction et des impacts des usages liés au cours d'eau

| ASPECTS | CRITÈRES | INDICATEURS | CS | CI |
|--|--|--|-------------------------|-----|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | • Module | + | U+M |
| | | • Débit d'étiage moyen | | M |
| | | • Débits moyens mensuels | + | U+M |
| | | • Variations brutales et artificielles du régime | + | U+M |
| | | • Contraintes hydrauliques | + | |
| | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels * Fréquent / Standard / Except | + | U+M |
| | (Niveaux de sévérité des inondations) (cf. Espace : Sécurité) | • Actuels / Futurs * Fréq. / Stand. / Except. | + | U |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Degré d'altération | + | U+M |
| | | • Altérations | + | U+M |
| | | • Qualité visuelle de l'eau | + | U+M |
| | | • Qualité spécifique requise pour l'usage | + | |
| Eau : rôle épurateur | Capacité d'acceptation de rejets | • Capacité de dilution | + | U |
| | | • Capacité d'auto-épuration | + | U |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | • Qualité globale du milieu aquatique | + | U+M |
| | | • Nature de la pollution | + | U+M |
| | | • Qualité de l'habitat | + | U+M |
| | Etat de la végétation aquatique | • Indice de qualité globale de la végétation aq | | M |
| | | • Eutrophisation | + | U+M |
| | Etat du peuplement piscicole | • Qualité du peuplement piscicole | + | U+M |
| | | • Structure du peuplement piscicole | + | U+M |
| | | • Stock de poissons | + | U+M |
| • Mortalité piscicole événementielle | | + | U+M | |
| Etat général des milieux terrestres | • Perturbations liées à l'artificialisation | | M | |
| | • Perturbations liées à la fréquentation du site | | M | |
| | • Atteintes au couvert végétal | | M | |
| Milieu : attractivité | Qualité halieutique | • Présence de poissons recherchés | + | |
| | | • Dégagement visuel du cours d'eau | + | |
| | Qualité cynégétique | • Présence de gibier recherché | + | |
| Espace aquatique : attractivité | Attractivité du milieu physique | • Nature géologique du fond du lit | + | |
| | | • Forme du lit (lit et berges) | + | U+M |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | • Perception extérieure du site | + | U+M |
| | | • Perception de l'intérieur du site | + | U+M |
| | | • Attrait du paysage et du patrimoine | + | U+M |
| | Accessibilité du site | • Proximité d'agglomérations | + | |
| | | • Capacité des infrastructures d'accueil | + | |
| | | • Capacité des abords | + | |
| | Accessibilité de la rivière | • Accès à la rivière | + | U |
| | | • Contraintes liées aux infrastructures | + | U |
| | | • Capacité de passage longitudinal | + | U |
| | | Accessibilité du lit | • Forme du lit (berges) | + |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | • Pente des berges | + | U |
| | | • Stabilité des berges | + | U |
| | Niveaux de sévérité des inondations (cf. Eau : Quantité) | • Actuels / Futurs * Fréq. / Stand. / Except | + | U |
| Morphodynamique | Stabilité latérale du cours | • Dynamique latérale | + | U+M |
| | | • Risque d'érosion | + | U |
| | Stabilité verticale du cours | • Variabilité pente et ligne d'eau | + | U+M |
| | | • Force de cisaillement | + | U+M |
| Hydrogéologie | Interactions avec la nappe | • Relation avec la nappe | + | U+M |
| | | • Utilisation de la nappe | + | U |
| Réglementation | Statut du lieu | • Statut foncier • Contraintes réglementaires | | |

* C.S. : Critère de satisfaction - C.I. : Critère d'impact (U : vis à vis de certains usages, M : vis à vis des milieux)

Dans le tableau précédent sont présentés les critères pouvant être étudiés. Les critères sont regroupés par aspects de l'étude. L'ensemble des indicateurs susceptibles d'être analysés en vue de l'évaluation d'un critère sont recensés.

Les critères sont utilisés :

- pour caractériser l'aptitude du milieu (la rivière et ses abords) à permettre la réalisation d'un usage ;
- pour évaluer l'impact d'un usage sur les caractéristiques du milieu.

Un même critère pourra être évalué de façon différente selon l'usage considéré et selon qu'il est étudié comme critère d'impact ou critère de satisfaction :

- tous les indicateurs relatifs à un critère ne sont pas nécessairement étudiés ;
- l'interprétation de la valeur d'un indicateur est différente selon l'objectif considéré.

Certains indicateurs peuvent être étudiés dans la caractérisation d'un critère d'impact, mais ne sont pas exploitables pour caractériser le critère de satisfaction correspondant, et réciproquement. Ainsi, dans les fiches usage, est présentée à chaque fois la liste des indicateurs permettant de caractériser chaque critère.

Les contraintes juridiques sont multiples selon les usages considérées. On peut citer les contraintes suivantes :

- servitudes de passage ;
- contraintes réglementaires de protection du site ;
- contraintes réglementaires d'urbanisme ;
- contraintes réglementaires pour l'extraction ;
- contraintes réglementaires pour le tracé d'une route en bord de cours d'eau ;
- contraintes réglementaires pour la production hydro-électrique ;
- contraintes réglementaires pour la pratique du canoë-kayak ;
- contraintes réglementaires pour le captage d'eau pour l'alimentation humaine ;
- contraintes réglementaires de captage ;
- contraintes réglementaires de rejet ;
- contraintes réglementaires pour la baignade ;
- contraintes réglementaires pour la chasse.

2.2 Critères et indicateurs pour l'étude des milieux

Il s'agit ici d'étudier la satisfaction de l'objectif de préservation des milieux ou encore l'impact d'usages et d'aménagements sur la valeur de ce milieu. Dans ce but, nous proposons d'associer aux milieux naturels les principes de représentation suivants :

- la valeur écologique des milieux :
 - la valeur patrimoniale ;
 - la valeur fonctionnelle ;
- la valeur patrimoniale des paysages ;
- les enjeux économiques ;
- la demande sociale.

L'étude des enjeux économiques est présentée dans le chapitre suivant : Analyse des secteurs économiques. L'analyse de la demande sociale est abordée dans le volume 1 partie 4.2.B. La valeur paysagère et écologique du milieu font référence à des critères et indicateurs proposés pour l'étude des usages, complétés par d'autres critères spécifiques à l'étude des milieux, comme présentés dans le tableau page suivante.

| CRITÈRES | INDICATEURS | MÉTHODES | APPROCHES |
|--|---|---|---|
| 1) VALEUR PATRIMONIALE DES MILIEUX | | | |
| Dynamique et qualité du milieu physique | <ul style="list-style-type: none"> • style fluvial • débit à plein bord de la rivière • variabilité pente et ligne d'eau • dynamique latérale • diversité des biotopes | <ul style="list-style-type: none"> • Analyse du profil en long • Evaluation de la capacité d'écoulement d'une section • Evaluation stationnelle de la capacité de transport d'une section • Définition et évolution des styles fluviaux • Définition et évolution de la bande de méandrage • Diagnostic cartographique de l'état géomorphologique • Analyse causale de l'évolution morphodynamique | Géomorphologie |
| Qualité de la biocénose | <ul style="list-style-type: none"> • présence d'espèces rares • présence d'espèces représentatives • diversité des espèces (animales et végétales) • indice kmétrique d'abondance (IKA) • indice ponctuel d'abondance (IPA) | <ul style="list-style-type: none"> • Protocole de Michelot • Protocole de Roché & Frochot • Dénombrement de peuplement d'oiseaux • Méthode de capture-recapture • Evaluation de l'IKA et de l'IPA • Méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs • Diagnostic de l'évolution en plan et de la diversité d'une mosaïque fluviale | Biologie |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Structure des peuplements aquatiques • Qualité des peuplements aquatiques | <ul style="list-style-type: none"> • Analyses numériques et statistiques des biocénoses • Méthode de capture de poissons • Modèles de prédiction du stock de poissons • Méthode de Braun-Blanquet • Index of biotic integrity adapté à la France • Zonation piscicole de Huet • Biotypologie de Verneaux • Méthode de Braun-Blanquet | Hydrobiologie |
| Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • degré d'altération • altérations • qualité visuelle de l'eau • qualité spécifique requise | <ul style="list-style-type: none"> • Acquisition de données sur la qualité de l'eau • Analyse des métaux lourds dans les bryophytes • Analyse des micropolluants dans les sédiments • Grille générale de qualité | Physico-chimie de l'eau |
| 2) VALEUR FONCTIONNELLE DES MILIEUX | | | |
| Fonctions hydrologiques | <ul style="list-style-type: none"> • zones d'expansion des crues • réalimentation, soutien d'étiage • capacité de dilution | <ul style="list-style-type: none"> • Toutes les méthodes de calcul et de modélisation hydrauliques et hydrologiques • Modèle de nappe • Pompage d'essais • Utilisation d'invertébrés dans l'évaluation des échanges nappe-rivière • Modèle de conservation des flux | Hydrologie Hydrogéologie |
| Fonctions biologiques | <ul style="list-style-type: none"> • capacité de produire de la biomasse • habitat (zones de frayères, sites de nidification, haltes migratoires, etc.) • capacité d'épuration (auto-épuration, filtre, recyclage de la matière organique, etc.) | <ul style="list-style-type: none"> • Modèle d'auto-épuration globale • Modèles de simulation de la qualité des cours d'eau | Biologie Ecologie Physico-chimie |
| 3) VALEUR PATRIMONIALE DES PAYSAGES | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • organisation spatiale • composantes visuelles • composantes d'ambiance • éléments patrimoniaux | <ul style="list-style-type: none"> • Analyse paysagère | Sites et paysages |
| | <ul style="list-style-type: none"> • représentation spontanée par les populations • représentation après Information • perception des acteurs de la rivière • les demandes exprimées • les désirs profonds | <ul style="list-style-type: none"> • Enquête sociologique | Sociologie |

L'étude de l'impact des usages sur les milieux, ou encore, l'étude des niveaux de perturbation des milieux du fait

des usages et aménagements induits, fait référence aux critères et indicateurs suivant :

| ASPECTS | CRITÈRES | INDICATEURS |
|--|-------------------------------------|---|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | <ul style="list-style-type: none"> • Module • Débit d'étiage moyen • Débits moyens mensuels • Variations brutales et artificielles du régime |
| | Niveaux de sévérité des étiages | <ul style="list-style-type: none"> • Actuels * Fréquent / Standard / Except. |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Degré d'altération • Altérations • Qualité visuelle de l'eau |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité globale du milieu aquatique • Nature de la pollution • Qualité de l'habitat |
| | Etat de la végétation aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Indice de qualité globale de la végétation aq • Eutrophisation |
| | Etat du peuplement piscicole | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité du peuplement piscicole • Structure du peuplement piscicole • Stock de poissons • Mortalité piscicole événementielle |
| | Etat général des milieux terrestres | <ul style="list-style-type: none"> • Perturbations liées à l'artificialisation • Perturbations liées à la fréquentation du site • Atteintes au couvert végétal |
| Espace aquatique : attractivité | Attractivité du milieu physique | <ul style="list-style-type: none"> • Forme du lit (lit et berges) |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine |
| Morphodynamique | Stabilité latérale du cours | <ul style="list-style-type: none"> • Dynamique latérale |
| | Stabilité verticale du cours | <ul style="list-style-type: none"> • Variabilité pente et ligne d'eau • Force de cisaillement |
| Hydrogéologie | Interactions avec la nappe | <ul style="list-style-type: none"> • Relation avec la nappe |

3 - Les fiches par usage

Les usages sont considérés en tant que projets d'usage ou usages actuellement pratiqués. Sont étudiés :

- ses besoins de qualité vis à vis du milieu ;
- ses impacts potentiels sur le milieu ;
- les contraintes juridiques et réglementaires.

Pour chaque usage, trois tableaux présentent :

- les critères de satisfaction et les indicateurs à étudier, *«l'usage a besoin de ...»*
- les critères d'impact (au sens d'impacts négatifs pour le milieu) et les indicateurs correspondants, *«l'usage peut compromettre ...»*
- les critères juridiques *«l'usage est soumis à ...»*.

On peut faire plusieurs remarques sur ces fiches et leur utilisation :

- La liste des indicateurs à évaluer est souvent longue. En effet, nous avons voulu une certaine exhaustivité. Cependant, certains critères, pour un usage donné, sont plus importants que d'autres. Ainsi, les critères à évaluer en priorité sont représentés en **caractères gras**.

• Pour un usage en projet, il sera nécessaire d'étudier des critères complémentaires par rapport à ceux considérés pour l'étude d'un usage d'ores et déjà pratiqué et autorisé. Les critères ne concernant qu'un usage projeté sont désignés à l'aide d'un astérisque.

• Ces fiches ont pour principal objectif de permettre l'élaboration du cahier des charges des études à lancer pour étudier la satisfaction et/ou les impacts de telle ou telle activité, actuelle ou projetée, en se référant aux indicateurs à évaluer. La phase ultérieure de réalisation des études n'est pas traitée ; elle sera généralement confiée à des spécialistes des différents domaines concernés.

• La portée méthodologique de ces fiches s'arrête à la notion de cahier des charges ; elle n'inclut pas la réponse quant à l'adéquation entre les caractéristiques d'un tronçon de cours d'eau et un usage pratiqué ou souhaité.

• En plus des listes d'indicateurs, des informations qualitatives sont fournies, notamment sur les interactions et incompatibilités possibles entre usages.

• Il est parfois difficile de distinguer les impacts liés directement à la pratique d'un usage et ceux liés aux aménagements nécessaires à la pratique de l'usage. Nous avons choisi comme principe de citer l'ensemble des critères et indicateurs devant être étudiés pour un usage, en incluant les impacts induits, de sorte à avoir une analyse complète et cohérente de l'usage.

Usage

Us-1

Captage d'eau pour l'alimentation en eau potable, l'industrie et l'irrigation

Les besoins

Les eaux prélevées doivent satisfaire à des exigences de qualité précises (qualité minimale, qualité spécifique requise, qualité visuelle et eutrophisation). Les volumes doivent satisfaire la demande des consommateurs, sans pour autant nuire au régime de la rivière. D'après l'article L 232.5 du code rural, le débit minimal à maintenir dans le lit des cours d'eau doit «garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui peuplent les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage». L'installation de captages nécessite également une certaine stabilité morphodynamique.

Les impacts

Les impacts du captage seront essentiellement fonction du rapport débit prélevé / débit «naturel». Le captage pourrait avoir des effets catastrophiques en cas de non respect du débit réservé.

Le prélèvement d'eau peut être responsable de problèmes de pollution du milieu à l'aval, tout d'abord par la diminution de la capacité de dilution d'éventuels rejets. La diminution de la hauteur d'eau peut être responsable du réchauffement de l'eau (et donc de l'eutrophisation du milieu) et également d'une modification des relations avec la nappe.

Si pour la production d'eau potable, les débits prélevés sont a priori relativement stables, pour l'industrie et l'irrigation les prélèvements peuvent être intermittents, et provoquer des variations brutales et artificielles du débit.

Les impacts induits : Lors d'un projet de captage, les impacts dus aux aménagements ne doivent pas être négligés :

- stabilisation du cours ;
- contraintes liées à l'occupation des abords ;
- dégradation paysagère.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|--|--|----------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | • Module | |
| | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels* Fréq. / Stand. / Except. | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau • Qualité spécifique requise pour un usage | |
| Milieu : qualité | Etat de la végétation aquatique | • Eutrophisation | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Accessibilité de la rivière * | • Contraintes liées aux infrastructures | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale du cours | • Dynamique latérale • Risque d'érosion | |
| | Stabilité verticale du cours | • Variabilité pente et ligne d'eau • Force de cisaillement | |

* à étudier si projet d'usage

1A

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|--|---|--|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques Niveaux de sévérité des étiages | <ul style="list-style-type: none"> • Débit d'étiage moyen • Actuels * Fréq. / Stand. / Except. | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Altérations de l'eau • Degré d'altération | influence en aval par réduction capacité / rejet |
| Eau : rôle | Capacité d'acceptation de rejet | <ul style="list-style-type: none"> • Capacité de dilution • Capacité d'auto-épuration | par modification du régime hydrolique |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | • Qualité globale du milieu aquatique | en aval |
| | Etat de la végétation | • Eutrophisation | ralentissement réchauffement |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Etat général milieux terrestres | • Perturbations artificialisation | |
| | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité à la rivière * | <ul style="list-style-type: none"> • Accès à la rivière • Contraintes liées aux infrastructures | |
| | Hydrogéologie | Interaction avec la nappe | • Relation avec la nappe |

* à étudier si projet d'usage

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|------------------|---|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Contraintes réglementaires pour <ul style="list-style-type: none"> • le captage d'eau potable • le captage (débit réservé) • la protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Usage

Us-2

Abreuvement d'animaux en rivière**Les besoins et les impacts**

Cette fonction dépend essentiellement d'un facteur qualitatif (état général du milieu aquatique) et d'un facteur physique (état et accessibilité des berges), du point de vue de la sécurité pour les animaux.

Il y a un risque a priori pour toute fonction située à l'aval et dépendante de la qualité de l'eau, notamment microbiologique, sur les petits cours d'eau (risque de pollution par déjections animales) : baignade, jeux d'eau, captage d'eau potable, etc... La propagation du phénomène vers l'aval dépend du taux de dilution et des capacités auto-épuration du cours d'eau.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|--|---|----------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | • Variations brutales et artificielles du régime | |
| | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels * Fréq. / Stand. / Except. | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Accessibilité de la rivière | • Accès à la rivière | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | • Pente des berges • Stabilité des berges | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|------------------|-------------------------------------|--|--|
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Altérations de l'eau • Degré d'altération | notamment microbiologique pour usage de baignade et consommation |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | • Qualité globale du milieu aquatique | |
| | Etat général des milieux terrestres | • Perturbations de la fréquentation • Atteinte au couvert végétal | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|----------------|---|----------|
| Réglementation | Statut du lieu | Statut foncier Contraintes réglementaires : • de protection du site • d'urbanisation | |

1A

Usage

Us-3

Evacuation de rejets ponctuels ou diffus par temps sec ou temps de pluie en rivière

Cette fonction intègre l'évacuation des eaux usées ou pluviales, ainsi que la vidange de plan d'eau. Il convient de différencier les rejets ponctuels et diffus, ainsi que les rejets par temps sec et par temps de pluie.

Les besoins

Cet usage est essentiellement demandeur de la capacité d'acceptation de rejet du milieu, c'est à dire capacité de dilution et d'auto-épuration.

Les impacts

Il faut distinguer deux types d'impacts hydrologiques :

- l'apport de volumes d'eau modifiant le régime hydraulique du cours d'eau, pouvant créer ou amplifier des problèmes d'inondation en aval, des variations brutales du régime par des rejets intermittents, mais aussi parfois, un soutien d'étiage bénéfique pour le milieu ;
- l'apport de polluants dans le milieu ; la gravité de l'impact dépend d'une part de la toxicité et des masses rejetées de polluants et d'autre part, de la capacité d'acceptation du milieu (dilution et auto-épuration). L'impact des rejets n'étant jamais nul, il faut s'assurer que le rejet (actuel ou projeté) n'affecte pas la qualité de l'eau et du milieu de manière préjudiciable. De même, selon les interactions avec la nappe, il y a un risque de pollution de celle-ci.

Il faut de plus considérer l'impact de telles installations sur la qualité paysagère, la stabilité du cours, l'état des berges et l'occupation des abords.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|---|---|--|
| Eau : quantité | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels * Fréq. / Stand. / Except. | risque de pollution à l'aval |
| | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Fréq. / Stand. / Except. | contraintes hydrauliques pour les rejets |
| Eau : rôle épurateur | Capacité d'acceptation de rejets | • Capacité de dilution • Capacité d'auto-épuration | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Type d'occupation des abords * | • Contraintes liées aux infrastructures | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale du cours | • Dynamique latérale • Risque d'érosion | |

* à étudier si projet d'usage

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|--|---|--|
| Eau : quantité | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Fréq. / Stand. / Except. | notamment par rejets de temps de pluie |
| | Caractéristiques hydrauliques | <ul style="list-style-type: none"> • Module • Débit d'étiage moyen • Débits moyens mensuels • Variations brutales et artificielles du régime | importance de l'impact selon rapports débits rejets / débit milieu |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau | |
| Milieu : qualité | Etat de la végétation aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Indice de qualité globale de la végétation aquatique • Eutrophisation | |
| | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité globale du milieu • Nature de la pollution | |
| | Etat du peuplement piscicole | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité du peuplement • Structure du peuplement piscicole • Stock de poissons • Mortalité piscicole événementielle | |
| | Etat général de milieux terrestres | <ul style="list-style-type: none"> • Perturbations de l'artificialisation | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Type d'occupation des abords (*) | <ul style="list-style-type: none"> • Contraintes liées aux infrastructures | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| Hydrogéologie | Interaction avec la nappe | <ul style="list-style-type: none"> • Relation avec la nappe • Utilisation de la nappe | par modification du régime hydraulique |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|-----------------------|--|--|
| Réglementation | Statut du lieu | Contraintes réglementaires : <ul style="list-style-type: none"> • de rejet • de protection du site | à étudier même si le rejet est déjà existant pour mise en conformité |

* à étudier si projet d'usage

Usage

Us-4

Extraction de granulats**Les besoins**

Les besoins sont relatifs à la qualité des matériaux extraits et à l'accessibilité du site. Cependant, la réglementation est très restrictive vis-à-vis de cet usage. Depuis l'arrêté ministériel du 22 septembre 1994, les extractions en lit mineur sont interdites, sauf nécessité d'entretien. Les extractions de matériaux en lit majeur sont limitées, et des conditions d'éloignement des berges sont à respecter. Elle doivent faire pour la plupart l'objet de demande d'autorisation argumentées (études d'impact).

Les impacts

Ce n'est que relativement récemment que l'on s'est rendu compte des effets importants de l'extraction de matériaux sur le cours d'eau. Les conséquences se font souvent sentir après de nombreuses années, tant à l'aval qu'à l'amont (érosion régressive), et latéralement sur les berges (érosion des berges, atteinte paysagère, assèchement de puits de captage, abaissement des lignes d'eau de la rivière et de la nappe, etc.). L'extraction génère une mise en suspension des particules, la perturbation des habitats et la destruction de la végétation.

Même après arrêt de l'usage, les sites d'extraction en eau (gravière) sont des endroits particulièrement dangereux pour les usages de loisir (instabilité du fond).

Critères de satisfaction

Non traité car l'usage ne peut plus être envisagé

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|-------------------------------------|---|---|
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> Altérations de l'eau Degré d'altération de l'eau Qualité visuelle de l'eau | |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> Qualité globale du milieu aquatique Qualité de l'habitat | |
| | Etat général des milieux terrestres | <ul style="list-style-type: none"> Perturbations de l'artificialisation Perturbations de la fréquentation Atteinte du couvert végétal | notamment chargement et transport des granulats |
| Espace aquatique : attractivité | Attractivité du milieu physique | <ul style="list-style-type: none"> Forme du lit (lit et berges) | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> Perception extérieure du site Perception de l'intérieur du site Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité de la rivière | <ul style="list-style-type: none"> Accès à la rivière | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | <ul style="list-style-type: none"> Pente des berges Stabilité des berges | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale du cours | <ul style="list-style-type: none"> Dynamique latérale Risque d'érosion | |
| | Stabilité verticale du cours | <ul style="list-style-type: none"> Variabilité pente et ligne d'eau Force de cisaillement | |
| Hydrogéologie | Interaction avec la nappe | <ul style="list-style-type: none"> Relation avec la nappe Utilisation de la nappe | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|-----------------------|---|--|
| Réglementation | Statut du lieu | Contraintes réglementaires : <ul style="list-style-type: none"> pour l'extraction de protection du site | loi du 4/01/93 et décret du 9/06/94 même si usage existant, mise en conformité |

Pêche sportive ou tranquille en rivière

L'article L 230.1 du code rural spécifie que «la préservation des milieux aquatiques et la protection du patrimoine piscicole sont d'intérêt général. La protection du patrimoine piscicole implique une gestion équilibrée des ressources piscicoles, dont la pêche, activité à caractère social et économique, constitue le principal élément.»

Les besoins

L'état du peuplement piscicole est le critère primordial pour la promotion d'une activité de pêche. Ce critère pourra être éventuellement ajusté par des actions spécifiques. L'accessibilité, l'attractivité, et la qualité de l'environnement constitue des critères importants, comme pour toute activité de loisir.

Les impacts

La pêche est une activité beaucoup plus perturbée par d'autres usages qu'elle ne gêne elle-même. La pêche pourra être responsable de problèmes en cas de surexploitation des réserves piscicoles, ou en cas de surfréquentation du site. Ce qui constitue un impact sur le milieu mais surtout une dégradation de l'usage pêche lui-même.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|-------------------------------------|---|------------------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | • Variations brutales et artificielles du régime | |
| | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels * Standards | |
| | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Standards | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Altérations de l'eau | |
| | | • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle • Qualité spécifique requise pour l'usage | |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | • Qualité globale du milieu • Nature de la pollution • Qualité de l'habitat | |
| | Etat de la végétation aquatique | • Eutrophisation | |
| | Etat du peuplement piscicole | • Qualité du peuplement piscicole • Structure du peuplement piscicole • Stock de poissons • Mortalité piscicole événementielle | |
| Milieu : attractivité | Qualité halieutique | • Présence de poissons recherchés • Dégagement visuel du cours d'eau | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité du site | • Proximité d'agglomérations • Capacité des infrastructures d'accueil • Capacité des abords | |
| | Accessibilité à la rivière | • Accès à la rivière • Contraintes liées aux infrastructures • Capacité de passage longitudinal | pêche tranquille |
| | Accessibilité du lit | • Forme du lit | pêche sportive |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | • Pente des berges • Stabilité des berges | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|------------------|-------------------------------------|---|----------|
| Milieu : qualité | Etat du peuplement piscicole | Qualité du peuplement piscicole Structure du peuplement piscicole Stock de poissons | |
| | Etat général des milieux terrestres | Perturbations de la fréquentation | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|---------------------------|--|----------|
| Réglementation | Statut du lieu (*) | Servitudes de passage Contraintes réglementaires : <ul style="list-style-type: none"> • de protection du site • pour la pêche | |

(*) à étudier si projet d'usage

Usage

Us-6

Promenade aménagée ou en sentier

Les besoins de qualité sont essentiellement pratiques (sécurité et accessibilité) et esthétiques.

Cet usage a peu de conséquences sur d'autres usages, surtout si les promenades sont bien aménagées (poubelles, nettoyage, balisage pour «canaliser» les promeneurs, etc.) et tant que la fréquentation reste limitée. Il a par ailleurs un rôle majeur de sensibilisation du public au respect de l'environnement.

Il existe cependant un risque de perturbation du milieu aquatique et des berges lors de la mise en place de l'aménagement.

1A

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|-------------------------------------|---|-------------------------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | • Variations brutales et artificielles du régime | |
| | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels * Standards | |
| | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Standards | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Qualité visuelle de l'eau | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité du site * | • Proximité d'agglomérations • Capacité des infrastructures d'accueil • Capacité des abords | parkings |
| | Accessibilité à la rivière | • Accès à la rivière • Capacité de passage longitudinal | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | • Pente des berges • Stabilité des berges | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale du cours | • Dynamique latérale • Risque d'érosion | pour promenade aménagée |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| Milieu: qualité | Etat général milieux des terrestres | • Perturbations de la fréquentation | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|-------------------------|---|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Statut foncier Servitudes de passage Contraintes réglementaires de protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Usage

Us-7

Chasse

La chasse, comme toute activité de loisir, est demandeuse de qualités pratiques et esthétiques. Le second critère essentiel est la qualité cynégétique du milieu.

La chasse, pratiquée selon les règles, n'est pas un usage portant atteinte de façon très préjudiciable au milieu dans lequel elle est exercée. Il convient toutefois de prendre en compte les conflits pouvant apparaître si d'autres usages sont pratiqués sur le site.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|----------------------------------|---|----------|
| Milieu : attractivité | Qualité cynégétique | <ul style="list-style-type: none"> Présence de gibier recherché | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> Perception extérieure du site Perception de l'intérieur du site Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité du site (*) | <ul style="list-style-type: none"> Proximité d'agglomérations Capacité des infrastructures d'accueil Capacité des abords | |
| | Accessibilité à la rivière | <ul style="list-style-type: none"> Accès à la rivière Capacité de passage longitudinal | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | <ul style="list-style-type: none"> Pente des berges Stabilité des berges | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|-----------------|-------------------------------------|---|----------|
| Milieu: qualité | Etat général milieux des terrestres | <ul style="list-style-type: none"> Perturbations de la fréquentation | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|--------------------|---|----------|
| Réglementation | Statut du lieu (*) | Statut foncier Servitudes de passage Contraintes réglementaires : <ul style="list-style-type: none"> pour la chasse de protection du site | |

(*) à étudier si projet d'usage

Baignade en rivière

Les baignades aménagées concernent essentiellement les plan d'eau ; la principale difficulté en rivière est la maîtrise de l'étalement des zones de baignade le long du cours, générant des problèmes de conflit d'usage et de dégradation des milieux annexes du fait de la fréquentation.

La baignade dépend principalement de la qualité de l'eau et de l'état général du milieu aquatique. Elle nécessite également certaines contraintes hydrauliques spécifiques à la baignade (surtout la vitesse). Les autres critères, comme pour toute activité de loisir, sont liés aux aspects pratiques et esthétiques.

Il existe un risque de conflit avec d'autres utilisations de l'espace aquatique : pêche, canoë-kayak, etc.. Eventuellement, en cas de fréquentation importante et de faibles débits, il y a un risque d'atteinte à d'autres usages nécessitant une bonne qualité de l'eau, notamment microbiologique (captage pour l'eau potable).

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|---|---|----------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | <ul style="list-style-type: none"> • Contraintes hydrauliques pour la baignade • Variations brutales et artificielles du régime hydraulique | vitesse |
| | Niveaux de sévérité des inondations | <ul style="list-style-type: none"> • Actuels * Standards | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau • Qualité spécifique pour l'usage | |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité globale du milieu aquatique • Nature de la pollution | |
| | Etat de la végétation | <ul style="list-style-type: none"> • Eutrophisation | |
| Espace aquatique : attractivité | Attractivité du milieu physique | <ul style="list-style-type: none"> • Nature géologique du fond du lit • Forme du lit | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité du site * | <ul style="list-style-type: none"> • Proximité d'agglomérations • Capacité des infrastructures d'accueil • Capacité des abords | |
| | Accessibilité de la rivière | <ul style="list-style-type: none"> • Accès à la rivière • Capacité de passage longitudinal | |
| | Accessibilité du lit | <ul style="list-style-type: none"> • Forme du lit | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | <ul style="list-style-type: none"> • Pente des berges • Stabilité des berges | |

* à étudier si projet d'usage

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|------------------|-------------------------------------|--|--|
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau | dégradation essentiellement micro-biologique et visuelle |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Nature de la pollution • Qualité de l'habitat | perturbation liée à la fréquentation |
| | Etat général des milieux terrestres | <ul style="list-style-type: none"> • Perturbations de la fréquentation | |

1A

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|------------------|---|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Servitudes de passage Statut foncier Contraintes réglementaires : <ul style="list-style-type: none"> • pour la baignade • de protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Jeux d'eau

L'usage «jeux d'eau» diffère de l'usage «baignade» par la nécessité d'une profondeur d'eau faible et des berges peu pentues. Les risques pour le milieu aquatique sont les mêmes que ceux cités pour la baignade.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|---|---|------------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | <ul style="list-style-type: none"> • Contraintes hydrauliques pour les jeux d'eau • Variations brutales et artificielles du régime hydraulique | profondeur |
| | Niveaux de sévérité des inondations | <ul style="list-style-type: none"> • Actuels * Standards | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau • Qualité spécifique pour l'usage | |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité globale du milieu aquatique • Nature de la pollution | |
| | Etat de la végétation aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Eutrophisation | |
| Espace aquatique : attractivité | Attractivité du milieu physique | <ul style="list-style-type: none"> • Nature géologique du fond du lit • Forme du lit | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité du site * | <ul style="list-style-type: none"> • Proximité d'agglomérations • Capacité des infrastructures d'accueil • Capacité des abords | |
| | Accessibilité de la rivière | <ul style="list-style-type: none"> • Accès à la rivière • Capacité de passage longitudinal | |
| | Accessibilité du lit | <ul style="list-style-type: none"> • Forme du lit | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | <ul style="list-style-type: none"> • Pente des berges • Stabilité des berges | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|------------------|-------------------------------------|--|----------|
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau | |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Nature de la pollution • Qualité de l'habitat | |
| | Etat général des milieux terrestres | <ul style="list-style-type: none"> • Perturbations de la fréquentation | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|-------------------------|--|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Servitudes de passage Statut foncier | |
| | | Contraintes réglementaires : <ul style="list-style-type: none"> • pour la baignade • de protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Usage

Us-10

Canoë-kayak (pratique et aménagements)

En plus des caractéristiques hydrauliques spécifiques, la pratique du Canoë-kayak nécessite surtout une qualité esthétique et pratique pour l'accès au cours d'eau.

Cette activité induit peu d'impacts directs (dérangement de la faune) mais éventuellement certains impacts indirects, notamment sur les sites de débarquement.

Il y a une possibilité de conflits pour l'utilisation de l'espace aquatique avec les baigneurs et les pêcheurs.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|--|---|----------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | <ul style="list-style-type: none"> • Contraintes hydrauliques • Variations brutales et artificielles du régime hydraulique | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau | |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Eutrophisation | |
| Milieu aquatique : attractivité | Attractivité du milieu physique | <ul style="list-style-type: none"> • Nature géologique du fond du lit • Forme du lit | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité du site * | <ul style="list-style-type: none"> • Proximité d'agglomérations • Capacité des infrastructures d'accueil • Capacité des abords | |
| | Accessibilité de la rivière | <ul style="list-style-type: none"> • Accès à la rivière • Capacité de passage longitudinal | |
| | Accessibilité du lit | <ul style="list-style-type: none"> • Forme du lit | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | <ul style="list-style-type: none"> • Pente des berges • Stabilité des berges | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|------------------|-------------------------------------|---|----------|
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité globale du milieu | |
| | Etat général des milieux terrestres | <ul style="list-style-type: none"> • Perturbations de la fréquentation | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|------------------|--|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Servitudes de passage Statut foncier Contraintes réglementaires : <ul style="list-style-type: none"> • pour le canoë-kayak • de protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Usage

Us-11

Accueil d'une voie de circulation en bord de cours d'eau

L'aménagement d'une voie de circulation sur berge nécessite des aménagements souvent préjudiciables pour la dynamique latérale de la rivière (endiguement, protection des berges, protection par rapport aux crues). De fait, il peut provoquer une modification du régime hydraulique, avec une augmentation des risques d'inondation à l'aval, une réduction de la dynamique fluviale et la perturbation de la faune sur le site.

Dans tous les cas, l'aménagement d'une voie de circulation ne doit pas se faire dans ou à proximité immédiate du lit moyen, les nuisances visuelles, acoustiques et olfactives risquant de compromettre tout autre usage.

Le risque de pollution par les eaux de ruissellement et suite à des rejets accidentels est aussi à prendre en compte.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|-------------------|--|--|----------|
| Eau : quantité | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Fréq. / Except. | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | • Stabilité des berges | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale du cours | • Dynamique latérale • Risque d'érosion | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|-------------------------------------|---|--|
| Eau : quantité | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Fréq. /Stand. / Except. | problème souvent déplacé et aggravé |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau | voir l'usage rejet diffus (par temps de pluie) |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu | • Qualité globale du milieu aquatique • Qualité de l'habitat | aménagements, fréquentation et rejets |
| | Etat général des milieux terrestres | • Perturbations artificialisation • Perturbations fréquentation • Atteinte au couvert végétal | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité de la rivière | • Accès à la rivière • Contraintes liées aux infrastructures • Capacité de passage longitudinal | selon le type de voie |
| Morphodynamique | Stabilité latérale | • Dynamique latérale • Risque d'érosion | liée aux aménagements |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|------------------|---|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Servitudes de passage Statut foncier Contraintes réglementaires de protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Usage

Us-12

Accueil d'une zone urbanisée sur rive

Une zone urbanisée sur rive est demandeuse de qualité ambiante ; de plus en plus, elle se tourne vers l'eau, qu'elle utilise comme élément structurant et de valorisation du site.

Les impacts sur le cours d'eau peuvent être très variables selon l'importance des activités et les types d'aménagement associés. Les impacts les plus directs apparaîtront sur la qualité de l'eau et l'état général du milieu aquatique ; ils risquent de compromettre des usages à l'aval (cap-

tages pour alimentation en eau potable). Les actions de stabilisation des berges et de protection ponctuelle contre les inondations sont généralement associées à l'accueil d'une zone urbanisée, engendrant des modifications plus ou moins importantes du régime hydraulique.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|---|---|-------------------------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques Niveaux de sévérité des inondations | <ul style="list-style-type: none"> Variations brutales et artificielles du régime Actuels / Futurs * Fréq. / Stand. / Except. | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> Qualité visuelle de l'eau | |
| Eau : rôle épurateur | Capacité d'acceptation de rejet | <ul style="list-style-type: none"> Capacité de dilution Capacité d'auto-épuration | pour les rejets induits |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> Perception extérieure du site | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | <ul style="list-style-type: none"> Pente des berges Stabilité des berges | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale | <ul style="list-style-type: none"> Dynamique latérale Risque d'érosion | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|---|--|---|
| Eau : quantité | Niveaux de sévérité des inondations | <ul style="list-style-type: none"> Actuels / Futurs * Fréq. /Stand. / Except. | problème souvent déplacé et aggravé |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> Altérations de l'eau Degré d'altération de l'eau Qualité visuelle de l'eau | voir l'usage rejet diffus type de rejet dépendant de l'activité |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu Etat général des milieux terrestres | <ul style="list-style-type: none"> Qualité globale du milieu aquatique Qualité de l'habitat Perturbations artificialisation Perturbations fréquentation Atteinte au couvert végétal | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère Accessibilité de la rivière * | <ul style="list-style-type: none"> Perception extérieure du site Perception de l'intérieur du site Attrait du paysage et du patrimoine Contraintes liées aux infrastructures | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale du cours | <ul style="list-style-type: none"> Dynamique latérale Risque d'érosion | liée aux aménagements |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|-------------------------|--|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Contraintes réglementaires : <ul style="list-style-type: none"> d'urbanisation de protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Accueil d'une zone de culture sur rive

Les effets éventuellement dus à cet usage sont :

- des pollutions diffuses : nitrates, pesticides, du cours d'eau et de la nappe ;
- des pollutions ponctuelles : épandages d'effluents d'élevage notamment ;
- des effets sur le régime hydraulique de la rivière liés au besoin en eau pour l'irrigation, au pompage en nappe ou aux pratiques agricoles de drainage (accélération du ruissellement).

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|--|---|-------------------------|
| Eau : quantité | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Fréq. / Stand. / Except. | |
| Eau : rôle épurateur | Capacité d'acceptation de rejet | • Capacité de dilution • Capacité d'auto-épuration | pour les rejets induits |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Accessibilité à la rivière | • Contraintes liées aux infrastructures | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale | • Dynamique latérale • Risque d'érosion | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|-------------------|--|--|--|
| Eau : quantité | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Fréq. / Stand. / Except. | du fait des pratiques agricoles de drainage |
| | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels * Fréq. / Stand. / Except. | voir l'usage captage pour l'irrigation |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau | voir l'usage rejet diffus (temps de pluie), surtout nutriments |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | • Qualité globale du milieu aquatique • Nature de la pollution | |
| | Etat de la végétation aquatique | • Indice de qualité globale de la végétation aquatique • Eutrophisation | |
| | Etat général des milieux terrestres | • Atteinte au couvert végétal | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | • Stabilité des berges | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|-------------------------|--|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Contraintes réglementaires de protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Accueil d'un espace de loisirs

L'accueil d'un espace de loisir est entendu ici comme un aménagement léger, adapté à une fréquentation importante du site. Il est donc demandeur essentiellement de qualité esthétique et pratique. Cet usage est à distinguer de la pratique de la baignade et des jeux d'eau dans le sens où il ne nécessite pas une qualité de l'eau autre que visuelle.

Les impacts peuvent être multiples et dépendent de l'ampleur des aménagements (aménagement des berges, rejets). un aménagement bien conçu doit permettre de limiter les dégradations liées à la fréquentation du site.

Critères de Satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|--|---|----------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | <ul style="list-style-type: none"> • Contraintes hydrauliques • Variations brutales et artificielles du régime | |
| | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Fréq. /Stand. / Except. | |
| | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels * Standards / Exceptionnels | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Qualité visuelle de l'eau | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité de la rivière * | • Contraintes liées aux infrastructures | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | • Stabilité des berges | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale (du cours) * | <ul style="list-style-type: none"> • Dynamique latérale • Risque d'érosion | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|---------------|-------------------------------------|--|----------|
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau • Qualité visuelle de l'eau | |
| | Etat général des milieux terrestres | <ul style="list-style-type: none"> • Perturbations de la fréquentation • Atteinte au couvert végétal | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|------------------|--|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Contraintes réglementaires de protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Usage

Us-15

Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

La loi «pêche» du 29 juin 1984 définit certaines obligations générales pour les installations hydroélectriques :

- le maintien d'un débit réservé à l'aval de l'ouvrage, garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui peuplent les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ;
- lorsque le cours d'eau est classé, la mise en place de dispositifs permettant la circulation des poissons migrateurs (échelles à poissons).

Pour le cas de micro-centrales hydroélectriques, le SDAGE recommande :

- une étude des effets des aménagements vis-à-vis du milieu naturel aquatique, en particulier au regard de la préservation des écosystèmes aquatiques et de la satisfaction des usages ;
- la prise en compte des activités nautiques s'exerçant sur le site concerné et les mesures propres à assurer la continuité de leur parcours.

Il s'agit en effet d'un aménagement lourd qui perturbe ponctuellement l'état du milieu aquatique et modifie le régime hydraulique. Les impacts peuvent donc être multiples et plus ou moins importants selon l'ampleur des aménagements.

Critères de Satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|--|---|----------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | <ul style="list-style-type: none"> • Contraintes hydrauliques • Variations brutales et artificielles du régime | |
| | Niveaux de sévérité des inondations | <ul style="list-style-type: none"> • Actuels / Futurs * Fréq. /Stand. / Except. | |
| | Niveaux de sévérité des étiages | <ul style="list-style-type: none"> • Actuels * Standards / Exceptionnels | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité visuelle de l'eau | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité de la rivière * | <ul style="list-style-type: none"> • Contraintes liées aux infrastructures | |
| Espace : sécurité | Sécurité des berges | <ul style="list-style-type: none"> • Stabilité des berges | |
| Morphodynamique | Stabilité latérale (du cours) * | <ul style="list-style-type: none"> • Dynamique latérale • Risque d'érosion | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|-------------------------------------|---|---|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | <ul style="list-style-type: none"> • Variations brutales et artificielles du régime hydraulique • Contraintes hydrauliques pour usages en aval | |
| Eau : rôle épurateur | Capacité d'acceptation de rejet | <ul style="list-style-type: none"> • Capacité d'auto-épuration | |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité globale du milieu • Qualité de l'habitat | |
| | Etat de la végétation aquatique | <ul style="list-style-type: none"> • Eutrophisation | |
| | Etat du peuplement piscicole | <ul style="list-style-type: none"> • Qualité du peuplement piscicole • Structure du peuplement piscicole • Stock de poissons | |
| | Etat général des milieux terrestres | <ul style="list-style-type: none"> • Perturbations de la fréquentation | |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Valeur paysagère | <ul style="list-style-type: none"> • Perception extérieure du site • Perception de l'intérieur du site • Attrait du paysage et du patrimoine | |
| | Accessibilité à la rivière * | <ul style="list-style-type: none"> • Contraintes liées aux infrastructures | |
| Morphodynamique | Stabilité verticale du cours | <ul style="list-style-type: none"> • Variabilité pente et ligne d'eau • Force de cisaillement | Erosion et transport sédimentaire modifié |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|-------------------------|---|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Contraintes réglementaires pour : <ul style="list-style-type: none"> • la production électrique • la protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

Usage

Us-16

Pompage en nappe

Le prélèvement d'eau en nappe pourra avoir une influence sur le cours d'eau et vice versa si la relation rivière/nappe est forte.

Selon l'utilisation de l'eau (irrigation, production d'eau potable, ...) et les interactions nappe/rievière, le pompage en nappe sera demandeur de qualité d'eau et du maintien d'un débit minimum dans le cours d'eau.

Le pompage peut correspondre à une diminution de la ressource pour la rivière et ainsi affecter d'autres usages.

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et les décrets qui en découlent fixent les limites d'un tel usage notamment les quantités pouvant être prélevées.

Critères de satisfaction

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|--|---|----------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | • Module | |
| | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels * Fréq. /Stand. / Except. | |
| | Niveaux de sévérité des inondations | • Actuels / Futurs * Fréq. /Stand. / Except. | |
| Eau : qualité | Qualité de l'eau | • Altérations de l'eau • Degré d'altération de l'eau | |
| Hydrogéologie | Interaction avec la nappe | • Relation avec la nappe • Utilisation de la nappe | |

Critères d'impact

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|--|----------------------------------|---|----------------|
| Eau : quantité | Caractéristiques hydrauliques | • Débit d'étiage moyen | |
| | Niveaux de sévérité des étiages | • Actuels * Fréq. /Stand. / Except. | |
| Eau : rôle épurateur | Capacité d'acceptation de rejet | • Capacité de dilution • Capacité d'auto-épuration | |
| Milieu : qualité | Etat général du milieu aquatique | • Qualité globale du milieu aquatique | milieu «nappe» |
| Espace : attractivité et capacité d'absorption | Accessibilité à la rivière * | • Contraintes liées aux infrastructures | |

Critères juridiques

| ASPECT | CRITERE | INDICATEURS | REMARQUE |
|----------------|-------------------------|---|----------|
| Réglementation | Statut du lieu * | Statut foncier Contraintes réglementaires pour : • le captage • l'alimentation en eau potable • la protection du site | |

* à étudier si projet d'usage

4 - Influences et dépendances de chaque critère

Cette présentation différente des relations entre les usages, les critères de satisfaction et les critères d'impact directs per-

met de mettre en évidence les conflits potentiels entre les usages. Il s'agit essentiellement de contraintes amont aval.

Les "usages influents" ont un impact sur le critère considéré ; les "usages dépendants" nécessitent une certaine qualité selon ce critère.

Aspect

1

Eau - quantité

Critère : caractéristiques hydrauliques

Usage influent

Captage d'eau
Evacuation de rejets
Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique
Pompage en nappe

Usage dépendant

Captage d'eau
Abreuvement
Pêche [sportive / tranquille] en rivière
Promenade [aménagée / en sentier]
Baignade en rivière
Jeux d'eau
Canoë-kayak
Accueil d'une zone urbanisée
Accueil d'un espace de loisirs
Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique
Pompage en nappe

Critère : niveaux de sévérité des étiages

Usage influent

Captage d'eau
Pompage en nappe

Usage dépendant

Captage d'eau
Abreuvement d'animaux en rivière
Evacuation de rejets en rivière
Pêche [sportive / tranquille] en rivière
Promenade [aménagée / en sentier]
Accueil d'un espace de loisirs
Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique
Pompage en nappe

Critère : niveaux de sévérité des inondations

Usage influent

Evacuation de rejets en rivière
Accueil d'une voie de circulation
Accueil d'une zone urbanisée

Usage dépendant

Evacuation de rejets en rivière
Pêche [sportive / tranquille] en rivière
Promenade [aménagée / en sentier]
Baignade en rivière
Accueil d'une voie de circulation
Accueil d'une zone urbanisée
Accueil d'une zone de culture
Accueil d'un espace de loisirs
Pompage en nappe

1A

Aspect

2

Eau - qualité**Critère : qualité de l'eau****Usage influent**

Captage d'eau
 Abreuvement d'animaux en rivière
 Evacuation de rejets
 Extraction de granulats
 Baignade en rivière
 Jeux d'eau
 Accueil d'une voie de circulation
 Accueil d'une zone urbanisée
 Accueil d'une zone de culture
 Accueil d'un espace de loisirs

Usage dépendant

Captage d'eau
 Abreuvement d'animaux en rivière
 Pêche sportive / tranquille en rivière
 Promenade aménagée / en sentier
 Baignade en rivière
 Jeux d'eau
 Canoë-kayak
 Accueil d'une zone urbanisée (visuel)
 Accueil d'un espace de loisirs (visuel)
 Pompage en nappe

Aspect

3

Eau - rôle épurateur**Critère : capacité d'acceptation de rejets****Usage influent**

Captage d'eau
 Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique
 Pompage en nappe

Usage dépendant

Evacuation de rejets en rivière
 (Accueil d'une zone urbanisée)
 (Accueil d'une zone de culture)

Aspect

4

Milieu - qualité**Critère : état de la végétation aquatique****Usage influent**

Evacuation de rejets en rivière
 Accueil d'une zone de culture
 Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

Usage dépendant

Evacuation de rejets en rivière
 Pêche [sportive / tranquille] en rivière
 Baignade en rivière
 Jeux d'eau
 Canoë-kayak
 Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

Critère : état général du milieu aquatique**Usage influent**

Captage d'eau
 Abreuvement d'animaux en rivière
 Evacuation de rejets
 Extraction de granulats
 Baignade en rivière
 Jeux d'eau
 Canoë-kayak
 Accueil d'une voie de circulation
 Accueil d'une zone urbanisée
 Accueil d'une zone de culture
 Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique
 Pompage en nappe

Usage dépendant

Pêche [sportive / tranquille] en rivière
 Baignade en rivière
 Jeux d'eau

Critère : état du peuplement piscicole**Usage influent**

Evacuation de rejets en rivière
 Pêche [sportive / tranquille] en rivière
 Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

Usage dépendant

Pêche [sportive / tranquille] en rivière

Critère : état général des milieux terrestres**Usage influent**

Captage d'eau
 Abreuvement
 Extraction de granulats
 Pêche [sportive / tranquille] en rivière
 Promenade [aménagée / en sentier]
 Chasse
 Baignade en rivière
 Jeux d'eau
 Canoë-kayak
 Accueil d'une voie de circulation
 Accueil d'une zone urbanisée
 Accueil d'une zone de culture
 Accueil d'un espace de loisirs
 Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

Usage dépendant

Aspect

5

Milieu - attractivité

Critère : qualité halieutique

Usage influent

Usage dépendant

Pêche [sportive / tranquille] en rivière

1A

Critère : qualité cynégétique

Usage influent

Usage dépendant

Chasse

Aspect

6

Espace aquatique - attractivité

Critère : attractivité du milieu physique

Usage influent

Usage dépendant

Extraction de granulats

Baignade en rivière

Jeux d'eau

Canoë-kayak

Aspect

7

Espace - attractivité et capacité d'absorption**Critère : valeur paysagère****Usage influent**

Captage d'eau
Evacuation de rejets en rivière
Extraction de granulats
Accueil d'une voie de circulation
Accueil d'une zone urbanisée

Usage dépendant

Pêche [sportive / tranquille] en rivière
Promenade [aménagée / en sentier]
Chasse
Baignade
Jeux d'eau
Canoë-kayak
Accueil d'une zone urbanisée
Accueil d'un espace de loisir

Critère : accessibilité du site**Usage influent****Usage dépendant**

Pêche [sportive / tranquille] en rivière
Promenade [aménagée / en sentier]
Chasse
Baignade
Jeux d'eau
Canoë-kayak
Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

Critère : accessibilité de la rivière**Usage influent**

Captage d'eau
Evacuation de rejets en rivière
Extraction de granulats
Accueil d'une voie de circulation
Accueil d'une zone urbanisée
Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique
Pompage en nappe

Usage dépendant

Captage d'eau
Evacuation de rejets en rivière
Pêche [sportive / tranquille] en rivière
Promenade [aménagée / en sentier]
Chasse
Baignade en rivière
Jeux d'eau
Canoë-kayak
Accueil d'une zone de culture
Accueil d'un espace de loisirs
Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

Critère : accessibilité du lit**Usage influent****Usage dépendant**

Pêche sportive en rivière
Baignade en rivière
Jeux d'eau
Canoë-kayak

1A

Aspect

8

Espace - sécurité**Critère : sécurité des berges****Usage influent**

Extraction de granulats

Usage dépendant

Abreuvement d'animaux
 Pêche [sportive / tranquille] en rivière
 Promenade [aménagée / en sentier]
 Chasse
 Baignade en rivière
 Jeux d'eau
 Canoë-kayak
 Accueil d'une voie de circulation
 Accueil d'une zone urbanisée
 Accueil d'un espace de loisirs

1A

Aspect

9

Morphodynamique**Critère : stabilité latérale du cours****Usage influent**

Extraction de granulats
 Accueil d'une voie de circulation

Usage dépendant

Captage d'eau
 Evacuation de rejets en rivière
 Promenade [aménagée / en sentier]
 Accueil d'une voie de circulation
 Accueil d'une zone urbanisée
 Accueil d'une zone de culture
 Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

Critère : stabilité verticale du cours**Usage influent**

Extraction de granulats
 Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique

Usage dépendant

Captage d'eau

Aspect

10

Hydrogéologie**Critère : interactions avec la nappe****Usage influent**

Captage d'eau
 Evacuation de rejets en rivière

Usage dépendant

Pompage en nappe

B - Analyse des secteurs économiques

Introduction

Dans le cadre de l'analyse économique, il s'avère intéressant de travailler par secteurs économiques. Ils se distinguent des «usages» étudiés jusqu'ici du fait de l'échelle considérée, c'est-à-dire le bassin versant.

1 - L'analyse par secteur économique

1.1. Contexte et objectif

1.1.1. Contexte

1.1.1.1. Cas d'un S.A.G.E.

En début de la phase d'élaboration (phase 1, séquence 1), la commission locale de l'eau (C.L.E.) ne peut engager un processus de réflexion sans un état des lieux préalable, décrivant les milieux et leurs différents usages par secteurs économiques.

1.1.1.2. Autres cas

Un projet d'action public ou privé est mis en question par certains acteurs en raison de son impact probable sur le milieu et ses usages, ou de son objectif même. Les enjeux réels apparaissent difficiles à cerner, notamment parce que les intérêts en cause sont :

- trop nombreux (par exemple, à cause de la longueur de cours d'eau considérée ou de l'étendue de la vallée),
- ambivalents (un même usage apparaît à la fois vulnérable et agressif vis à vis du même milieu, à des titres différents),
- trop inégalement connus.

De ce fait, l'autorité publique ne perçoit pas clairement dans quel sens il doit rechercher une solution acceptable (sinon la meilleure), et n'est donc pas en mesure d'arbitrer entre différents intérêts (particuliers ou généraux) en conflit, dans le respect du patrimoine.

1.1.2. Objectif

- établir la **liste** des usages et des secteurs économiques associés à chaque milieu,
- pour chaque secteur économique, établir une «**fiche**» **récapitulative** spécifiant son «importance» [ce terme restant délibérément vague pour le moment], ses ca-

ractéristiques internes, ses relations avec le milieu et avec d'autres secteurs,

- ce document ne constitue en fait que la synthèse d'une monographie préalable pouvant nécessiter une collecte d'informations existantes ou une production de données nouvelles (enquête) plus ou moins importante et une analyse plus ou moins élaborée selon la rivière et/ou le secteur.

1.2. Organiser l'information sectorielle

1.2.1. Quels secteurs économiques ?

1.2.1.1. Définition de «secteur économique»

Nous désignons sous le terme de secteur économique, un ensemble d'usages, présents sur la rivière ou la vallée à travers différentes **unités de fréquentation ou d'implantation**, à quel que titre que ce soit (prélèvement d'eau, d'une autre ressource, etc.)

Exemples :

- le secteur **hydroélectricité** : ensemble des centrales implantées en lit mineur (centrales au fil de l'eau) ou majeur (usines par dérivation);
- le secteur **agriculture** : ensemble des exploitations :
 - prélevant de l'eau en rivière ou sur la nappe,
 - ou occupant des terres en zone inondable ou érodable,
 - ou ayant un impact sur un élément quelconque du système techno-naturel de la rivière (cas d'exploitations qui ne seraient ni préleveur de l'eau de la rivière ou de sa nappe, ni localisées en zone inondable, mais irriguant à partir d'une nappe latérale et, de ce fait, susceptibles d'influencer le débit d'étiage d'un ruisseau affluent, servant par ailleurs de refuge au poisson de la rivière) ;
- le secteur **canoë-kayak** : recouvre aussi bien des bases en rivière ou plan d'eau associé, que la fréquentation passagère (organisée ou sauvage).

1.2.1.2. Les secteurs économiques retenus

Le Guide méthodologique SAGE propose une liste d'usages, regroupés en grandes catégories (usages structurants du quotidien, usages socio-économiques, usages liés aux loisirs, aux aménités et à la nature).

La liste des secteurs économiques retenue ici est plus réduite que la liste des usages définie dans le guide méthodologique SAGE ainsi que dans cet ouvrage, mais il est tout à fait possible d'établir un lien direct entre ces deux classifications :

Remarques :

- Le lecteur peut par lui-même croiser la liste ci-dessous avec la nomenclature des productions économiques de la rivière.
- Bien entendu, il y a lieu d'adapter la liste dans un double souci de meilleure cohérence logique et d'efficacité pratique.
- L'**industrie** peut inclure les centrales thermiques.

- L'**urbanisme** désigne l'ensemble du bâti et autres surfaces minéralisées : habitats, infrastructures dont stations d'épuration, zones d'activité, décharges, etc..
- **Loisirs terrestres** : chasse, randonnée (différents modes), plans d'eau non liés à la rivière, golfs.
- La **protection de la nature** recouvre ici l'ensemble des espaces affectés à titre exclusif ou principal à la conservation.
- **Tourisme et urbanisme** sont deux fonctions en partie transversales, permettant de capturer d'une manière globale certains aspects non inclus totalement dans d'autres usages.

| SECTEURS ECONOMIQUES | USAGES | |
|-------------------------|---|---|
| Agriculture | Us.2 Us.13 Us.1 Us.16 | <ul style="list-style-type: none"> • abreuvement d'animaux en rivière • accueil d'une zone de culture sur rive • captage d'eau pour irrigation • pompage en nappe |
| Bois | <i>Préservation du patrimoine naturel</i> | |
| Tourisme | <i>Participation au paysage</i> | |
| Loisirs (terrestres) | Us.14 Us.7 (Us.6 | <ul style="list-style-type: none"> • accueil d'un espace de loisirs • chasse • promenade aménagée / en sentier) |
| Urbanisme | Us.12 Us.11 Us.3 (Us.1 (Us.16 | <ul style="list-style-type: none"> • accueil d'une zone urbanisée sur rive • accueil d'une voie de circulation • évacuation de rejets en rivière • captage d'eau pour fabrication d'eau potable) • pompage en nappe) |
| Industrie(s) | Us.1 (Us.11 (Us.3 | <ul style="list-style-type: none"> • captage d'eau pour industrie • accueil d'une voie de circulation) • évacuation de rejets en rivière) |
| Protection de la nature | <i>Préservation du patrimoine naturel</i> | |
| Baignade | Us.8 Us.9 | <ul style="list-style-type: none"> • baignade • jeux d'eau |
| Canoë-kayak | Us.10 | <ul style="list-style-type: none"> • canoë-kayak |
| Pêche | <i>Pisciculture & pêche professionnelle</i> | |
| | Us.5 | <ul style="list-style-type: none"> • pêche sportive / tranquille en rivière |
| Eau potable | Us.1 (Us.16 | <ul style="list-style-type: none"> • captage d'eau pour fabrication d'eau potable • pompage en nappe) |
| Granulats | Us.4 | <ul style="list-style-type: none"> • extraction de granulats |
| Hydroélectricité | Us.15 | <ul style="list-style-type: none"> • accueil d'une micro-centrale hydroélectrique |

Tableau 1.1 Correspondance entre secteurs économiques et usages proposés dans cet ouvrage.

1.2.2. Quels résultats ?

De ces secteurs économiques, trois grands caractères doivent être mis en évidence à travers ces inventaires : leur importance, leurs relations, leurs enjeux.

1.2.2.1. Importance

Ce terme recouvre plusieurs réalités économiques différentes, plus ou moins chiffrables suivant les cas :

- étendue ou intensité de l'**implantation**, en termes physiques : superficies au sol, effectifs de fréquentation, ...,
- activité en **volume**, y compris en volume monétaire (production physique ou chiffre d'affaires agricole, forestier, énergétique, ...),
- **valeur** : revenu net de la production, surplus du consommateur.

1.2.2.2. Relations

Dans une perspective de gestion «globale», intégrant les interactions entre le système techno-naturel et les secteurs économiques, et entre les différents secteurs eux-mêmes, il importe d'accorder une importance **centrale** à tous les questionnements et éléments d'information, même imprécis et incertains concernant :

- l'impact **du fonctionnement** de la rivière sur le secteur, à travers les phénomènes physiques : submersion, érosion, divagation du lit mineur, creusement ou fixation, pollution, régime des débits, ...,
- l'impact **de l'activité économique** sur fonctionnement de la rivière, et par là sur d'autres secteurs,
- mais aussi l'incidence de l'activité économique sur d'autres, non liée aux mécanismes de l'hydrosystème, c'est à dire : par le jeu de la **compétition foncière**, ou d'un autre **effet de voisinage** (bruit, nuisance visuelle, pollution de l'air, risque d'explosion, ...). [On reconnaît ici la notion d'**externalité**, positive (gain) ou négative (perte), émise ou reçue.]

1.2.2.3. Enjeux

Par «enjeu», l'économiste signifie une perte qu'un acteur risque d'encourir à terme, à travers un secteur économique, que ce soit par l'évolution spontanée de l'hydro- ou écosystème (en fait déjà plus ou moins influencé par l'homme), ou par des actions des aménageurs-gestionnaires, déjà réalisées, en cours, prévisibles ou possibles. Cette perte peut notamment consister dans un manque à gagner.

À ce stade, l'homme d'étude doit expliciter l'enjeu pour le secteur considéré, mais non encore l'évaluer (ce qui exigerait une hypothèse d'action, et donc ne peut être réa-

lisé qu'au stade ultérieur de scénarios (Voir Evaluer un schéma). Sous ce terme il s'agit de spécifier :

- son domaine (exemple : pour le secteur alimentation en eau potable : il peut s'agir de la disparition (quantitative) ou de la dégradation (qualitative) de la ressource utilisée actuellement, ou d'une ressource inutilisable dans le futur),
- son **mécanisme générateur** (dans le même exemple : niveau de la nappe lié à un enfoncement du lit, donc dépendant des facteurs naturels et anthropiques qui contribuent à accélérer cet enfoncement ou à le ralentir, voire à le contrecarrer),
- les acteurs **menacés** (ici : les collectivités alimentées en eau ou pouvant l'être à terme, avec leurs gestionnaires «A.E.P.» et leurs usagers desservis ou à desservir).

1.2.3. Quelles informations ?

Afin de rationaliser la collecte et de faciliter l'utilisation ultérieure des informations, il est judicieux d'adopter un **plan type** pour les diverses monographies sectorielles. Les rubriques doivent rester peu nombreuses mais significatives (c'est-à-dire pertinentes et cohérentes). Leur progression doit être logique, comme ci-dessous (par exemple) :

- **situation existante**, puis **potentialités**,
- **externalités eau reçues**, puis **émises**, puis **autres interactions**,
- **indicateurs d'activité économique**, puis de **retombées**,
- **éléments d'enjeux**.

Isoler si nécessaire les informations utiles à l'exploitation ultérieure, notamment :

- séparer ce qui relève des données objectives tirées de l'observation de l'activité, et les **points de vue** exprimés par l'acteur,
- établir le répertoire complet des **sources** de toutes natures.

Ce dossier, essentiellement analytique, doit être impérativement complété par trois documents de synthèse (pour le secteur économique considéré) :

- une **carte sectorielle de synthèse** [par-delà les cartes thématiques, parfois nombreuses], figurant dans le dossier d'analyse ; elle mentionne autant que nécessaire à une visualisation globale du secteur économique, les implantations, les potentialités et tous les éléments de relations, de problèmes, voire de solutions, qui présentent du moins une dimension spatiale significative,
- une **fiche statistique** récapitulative, regroupant les principales données chiffrées,

- une **note de synthèse** mettant en lumière les points forts : les perspectives, les enjeux, risques et atouts, les conflits mais aussi les synergies, ainsi que les carences dans l'information et dans l'organisation.

Les différents chapitres d'une monographie sont récapitulés dans le tableau ci-après.

| | |
|--------------------|---|
| 1. EXISTANT | de l'usage dans la vallée : implantations physiques, unités économiques. |
| 2. POTENTIALITES | de la vallée pour cet usage. |
| 3. EFFETS RECUS | par l'usage, à travers l'hydro-éco-système rivière. |
| 4. EFFETS EMIS | par l'usage, sur l'hydro-éco-système rivière (et ses autres usages). |
| 5. INTERACTIONS | avec d'autres usages, y compris indépendantes du système <i>eau</i> (voisinage, compétition foncière). |
| 6. ECONOMIE | activité liée à l'usage (importance, sensibilité), retombées dans le circuit. |
| 7. PRISE EN COMPTE | éléments d'information et de réflexion pour la solution pratique de problèmes signalés en 1 à 6. |
| 8. POINTS DE VUE | identification de l'acteur et des sous-acteurs, jugements exprimés. |
| 9. SOURCES | écrites et orales. |
| CARTE | de synthèse sectorielle. |
| FICHE | statistique récapitulative. |
| NOTE SYNTHESE | points forts, perspectives et enjeux, risques et atouts, conflits et synergies, carences de l'information et de l'organisation. |

Tableau 1.2 Contenu d'une monographie sectorielle.

1.3. Examen des principaux secteurs économiques

A titre illustratif et indicatif, les pages qui suivent présentent le contenu des principales études sectorielles, en s'inspirant, autant que possible et utile, de la structure du tableau précédent. Ni la liste des usages, ni celle des points à mettre en évidence n'ont une vocation d'exemplarité ; il appartient au lecteur de l'allonger ou l'alléger selon :

- les réalités physiques du terrain,
- l'importance et la complexité des intérêts en jeu,
- les demandes sociales (exprimées ou latentes),
- les moyens mobilisables pour l'étude.

Les rubriques 3, 4 et 5 sont ici regroupées pour éviter des redondances et des ambiguïtés liées à des cas complexes.

Par exemple : la conversion de surfaces boisées en cultures dans une zone de submersion ou de divagation peut constituer à la fois une source :

- de risque **subi** par l'agriculture (submersion, érosion de berge),
- de risque **causé** par l'agriculture (pollution de la nappe par les nitrates et les pesticides),
- de **compétition** avec d'autres affectations des sols (protection d'espèces végétales ou animales, chasse, ...)

- A. Agriculture,
- B. Baignade,
- C. Bois,
- D. Canoë-kayak,
- E. Chasse,
- F. Eau potable,
- G. Granulats,
- H. Hydroélectricité,
- I. Industrie(s),
- J. Pêche,
- K. Protection de la nature,
- L. Navigation,
- M. Tourisme,
- N. Urbanisme.

Secteur économique

A

Agriculture

1. Existant

- **Terres agricoles localisées en lit majeur** : cartographie, superficies, dont : par commune, importance dans les S.A.U. communales.
- **Exploitations agricoles concernées** : cartographie des sièges ; nombre, superficies et types par commune.
- **Caractérisation de l'agro-système à l'échelle des communes riveraines** (sur la base des R.G.A. et des résultats du R.I.C.A.) : effectifs, structures, productions, moyens de production (équipement, travail, eau, ...), résultats économiques.

2. Potentialités

- **Potentialités de l'espace** de la vallée (lit majeur, terrasses adjacentes) pour l'activité agricole (études S.D.A.U. notamment).
- Comparaison cartographique des **vocations** agricoles (dans leurs divers types) avec les implantations **effectives**.

3, 4, 5. Relations

- **Risques naturels** : localisation des terres agricoles au regard des risques de submersion, d'érosion (de berge), de divagation et d'érodabilité à terme ; estimation des superficies et des longueurs, totales et par commune, nombre d'exploitations concernées.
- **Irrigation** : mise en évidence du développement des pompages en rivière et en nappe, risque de contamination d'origine agricole des nappes, des petits affluents phréatiques et de la rivière.
- **Compétition foncière** : situation et perspectives de l'activité agricole à travers le règlement et la carte P.O.S. dans les différentes communes.

6. Activité et retombées économiques

- **Activité liée à l'agriculture** en vallée : estimation des productions et du revenu.
- **Impact économique local-régional** de l'agriculture de la vallée : achats des agriculteurs (équipements d'irrigation), impôts.

7. Les problèmes et leur prise en compte

- **Crues et érosion** : valeur des dégâts agricoles ; prix des terres comme base d'indemnisation, dans l'hypothèse d'une politique alternative à la mise en place d'ouvrages de protection.
- **Cultures intensives irriguées** : perspectives réglementaires, techniques, sociales, économiques et financières concernant le développement de pratiques préventives de la pollution par les nitrates et les phytosanitaires.

8. Points de vue

- Repérage de **l'acteur agricole et ses composantes** : effectif d'exploitants concernés, syndicats locaux, organismes professionnels, administrations.
- **Jugements** exprimés concernant les **perspectives agricoles** au voisinage de la rivière, compte tenu du contexte (agricole et non agricole) en petite région, et sur les problèmes **liés à l'eau** et à **d'autres occupations** de l'espace.

1B

Secteur économique

B

Baignade

1. Existant

- **Fréquentation** : sites visités, effectifs journaliers et saisonniers ; provenance géographique, motivations, profils sociaux.
- Place (actuelle) de la rivière sur le **marché régional** de la baignade en rivière.

2. Potentialités

- Spécification du loisir «baignade en rivière» en termes de **demande sociale** et de **caractéristiques offertes**.
- **Capacité d'accueil**, actuelle et potentielle, avec et sans aménagements promotionnels (accès, stationnement).

3, 4, 5. Relations

- **Rivière** → **baignade** : degré de dépendance par rapport à l'hydrosystème : son état (physiographie, sédimentologie, débits, qualité) et sa dynamique à court et à long termes.
- **Baignade** → **écosystème** : impact sur la flore et la faune sauvages.
- **Cohabitation** avec d'autres usages aquatiques ou occupations terrestres.

6. Activité et retombées économiques

- **Dépenses des baigneurs** comme touristes de passage, comme résidents secondaires (au sens strict, au sens large).
- **Coût des aménagements** (accès, stationnement, entretien, surveillance).

7. Les problèmes et leur prise en compte

- Pérennité du potentiel subordonnée à la **dynamique de la rivière** et aux actions tendant à favoriser cette dernière.
- Arbitrages à opérer localement entre promotion d'une **demande sociale** et respect de sites à vocation **écologique**.

8. Points de vue

- des différents **gestionnaires de l'espace riverain**,
- des planificateurs des loisirs de plein air, à une **échelle régionale** plus étendue,
- des **usagers** eux-mêmes, organisés (naturisme) et inorganisés.

1B

Secteur économique

C

Bois

1. Existant

- **Implantation physique** : cartographie des espaces "boisés" (sens large, sens strict) en lit majeur ; superficies par type (plantation vs. boisements spontanés).
- **Unités économiques** : statut foncier, structure de la propriété, modes d'exploitation.

2. Potentialités

- en plantations de rapport,
- ou/et en exploitation des boisements spontanés,
- ou/et en services "non productifs" (*cf. infra* : Relations).

3, 4, 5. Relations

- **Rivière** → **bois** : degré de dépendance par rapport à l'activité du lit et au régime de la nappe.
- **Bois** → **rivière** : (1) facteur de fixation des berges et obstacle à une activité naturelle du lit mineur, (2) facteur de conservation de l'eau et d'écosystèmes terrestres inféodés à celle-ci.
- **Compétition foncière** : mise en culture, construction diffuse, urbanisation, voirie, zones d'activité, équipements publics (dont : de loisirs).
- **Complémentarité** ou **neutralité** : support de biotopes, de loisirs diffus (dont : chasse, randonnée), de cueillette, zone d'épandage des crues et de divagation.

6. Activité et retombées économiques

- **Niveau actuel d'exploitation et de transformation** : volumes, valeur, revenus, emplois, types de débouchés locaux et extra-locaux.
- Perspectives et conditions d'une **valorisation** accrue, notamment à travers le circuit économique local.
- **Services «non bois»** des espaces boisés : importance, valeurs économiques (types), chiffrables et non chiffrables.

7. Les problèmes et leur prise en compte

- **Pérennité** : dans quelle mesure est-elle liée au fonctionnement de la rivière, à une stratégie hydraulique globale et aux actions locales en découlant ?
- Éléments pour un **cahier des charges** visant à valoriser les bois localement, en assurant leur régénération.
- Opérations de déboisement à objectif **hydraulique** : coûts et avantages.

8. Points de vue

- des **propriétaires** privés et communaux,
- des **techniciens** forestiers (publics, privés).

1B

Secteur économique

D

Canoé-Kayak

1. Existant

- **Bases implantées** : localisation, nature des activités, types de clientèle (motivations, provenances géographiques, comportements).
- **En rivière** : localisation, estimation de la fréquentation, profils d'usagers (motivations, provenances, comportements).

2. Potentialités

- **Au niveau de l'offre** : marge restante d'intensification sur le site considéré, niveau de saturation ; conditions d'un développement ou d'une limitation, avec ou sans coordination avec d'autres sites régionaux.
- **Au niveau du marché** : perspectives de la demande non touristique (régionale-locale) et de la demande touristique (nationale, internationale), spécifique ou en multi-activités ; conditions externes de développement (accueil, produits touristiques, ...).

3, 4, 5. Relations

- **Hydrosystème** → **canoé-kayak** : facteurs favorables et défavorables liés au lit, à l'eau et aux berges.
- **Canoé-kayak** → **hydrosystème** : impact de la fréquentation, des installations.
- **Cohabitation** avec d'autres usages aquatiques (pêche, baignade, micro-centrales, grands barrages) et occupations terrestres.

6. Activité et retombées économiques

- **Bases** : statistiques de clientèle, chiffre d'affaires, emploi, dépenses d'investissement et de fonctionnement, impact commercial local.
- **En rivière** : fréquentation estimée, dépenses des touristes (louage, hébergement).

7. Les problèmes et leur prise en compte

- **La dynamique de la rivière** : son importance ou non pour la pérennité du potentiel.
- **Améliorations techniques** à apporter localement : franchissements de barrages, fonctionnement d'ouvrages hydrauliques, accès, équipements sur berges.

8. Points de vue

- des **responsables C.K.** locaux mais aussi régionaux,
- des divers **partenaires du C.K.** : organismes de tourisme, d'éducation populaire, de pêche, propriétaires de micro-centrales, ...

1B

Secteur économique

E

Chasse

1. Existant

- Implantation **institutionnelle** : données sur les sociétés, les chasses privées : localisation, effectifs.
- **Fréquentation** : types (locale vs. extérieure), profils (espèces capturées, motivations), éléments d'estimation.
- Place de la vallée dans le **marché régional**, voire national, de la chasse.

2. Potentialités

- En termes de **sites naturels** : intérêt pour l'avenir de la chasse régionale en général ou de certaines espèces en particulier.

3, 4, 5. Relations

- **Milieu** → **chasse** : dépendance (directe, indirecte) du gibier par rapport aux milieux aquatiques et aux milieux terrestres (inféodés ou non au fonctionnement de l'hydrosystème).
- **Cohabitation** avec les autres usages, au niveau des fréquentations et à celui de la gestion des différentes espèces.

6. Activité et retombées économiques

- **Dépenses de chasse** des chasseurs.
- **Dépenses de gestion** cynégétique ; interventions de protection des milieux naturels.

7. Les problèmes et leur prise en compte

- La **dépendance** d'une gestion cynégétique rationnelle par rapport à la rivière et à son fonctionnement.
- La **contribution** potentielle (technique, humaine, financière) des chasseurs à une gestion concertée de l'hydrosystème.

8. Points de vue

- des **gestionnaires** cynégétiques locaux et régionaux,
- des **partenaires** concernés : agricoles, forestiers, naturalistes.

1B

Secteur économique

F

Eau potable

1. Existant

- **Captages** : équipements implantés (localisation, capacité, ancienneté), périmètres de protection (tracé, situation juridique); projets en cours.
- **Unités d'exploitation** : collectivités approvisionnées par ces ouvrages : cartographie, tableau statistique (cubages, populations permanentes et saisonnières, industries desservies, mode de gestion) ; collectivités localisées en lit majeur et non approvisionnées par ces ouvrages.
- **Marché de l'eau** à l'échelle régionale : organisation actuelle, perspectives, stratégies publiques et privées.

2. Potentialités

- **Aquifères** associés à la rivière : cartographie synthétique des aires et des flux, débits, importance comme ressource patrimoniale, qualité et vulnérabilité.
- **Exploitabilité** : inventaire des sites ou zones pour des captages nouveaux à vocation locale ou régionale, voire exportatrice.

3, 4, 5. Relations

- **Sensibilité à l'hydro-système de la rivière** : exposition directe et indirecte des captages au régime des débits (crues, étiages, érosion de berge, enfoncement du lit, etc.) et de la qualité (pollution effective ou risque), conséquences observées ou implications potentielles pour l'exploitation et la protection.
- **Vulnérabilité hors rivière** : exposition aux pollutions (terrestres) locales ou générales, chroniques (nitrates et phytosanitaires agricoles et non agricoles) ou accidentelles (dont : axes de communication) ; incidents enregistrés, mesures préventives, plans de secours.
- **Influence sur l'hydrosystème** : impact des captages sur la nappe ou les eaux superficielles.

6. Activité et retombées économiques

- **Flux et stocks mis en jeu** : chiffre d'affaires de l'A.E.P. sur le secteur, valeur ajoutée, montant du capital technique.
- **Valeur de la nappe gisement** : estimation de la rente capitalisée (flux actualisé de surcoût évité, par rapport à l'approvisionnement alternatif le moins coûteux), pour les captages existants et des captages virtuels.

7. Les problèmes et leur prise en compte

- **Captages menacés par la rivière** (érosion de berge, pollution latérale) : coûts et avantages comparés d'une protection locale, d'un transfert et d'un raccordement, y compris au regard d'une stratégie globale d'aménagement-gestion de la rivière.
- **Captages exposés aux pollutions terrestres** : données de mise en oeuvre des périmètres de protection ; mesures complémentaires de prévention ou/et d'adaptation au niveau local : identification, coûts et avantages comparés pour les différents acteurs concernés.
- **Protection générale et gestion globale** : rapports avec les occupations de l'espace sur la vallée dans son ensemble ; jalons pour une stratégie globale : connaissance du stock et flux (dont : prélèvements), coûts futurs de l'A.E.P. avec/ sans actions concertées, implications des actions d'aménagement du territoire, perspectives pour une structure de gestion négociée, financement et suivi.

8. Points de vue

- sur différents **problèmes ponctuels**,
- sur l'A.E.P. **dans le cadre d'une approche globale** : la confrontation besoins-ressources en rétrospective et en prospective ; d'une gestion par l'offre (mobilisation) à une gestion par la demande (économies d'eau) : perceptions et positionnements des divers acteurs.

Secteur économique

G

Granulats

1. Existant

- **Sites d'extraction** : anciens, en cours, en réserve ; cartographie, superficies, volumes (courants, cumulés) ; nature des produits, destinations (sectorielles, géographiques).
- Place de la vallée dans le **système d'approvisionnement régional**, autres gisements exploités, coûts relatifs (extraction + transport).
- **Les unités économiques** : organigramme de la branche régionale, implication des groupes industriels dans la vallée (dans la production courante, dans le contrôle foncier du gisement) et sur les autres gisements régionaux.

2. Potentialités

- **Potentialités brutes** : taille du gisement " vallée " : lit mineur, lit majeur, renouvellement naturel ; chronique des extractions cumulées ; solde exploitable.
- **Potentialités nettes** : compte tenu des contraintes d'exploitation actuelles et potentielles (notamment environnementales) ; cartographie, estimations.

3, 4, 5. Relations

- Eléments d'**impact** sur le système techno-naturel : sur le fonctionnement hydromorphologique de la rivière, l'eau superficielle (régime des débits, qualité), la nappe (quantité, qualité), le milieu terrestre.
- Les **contraintes environnementales** : existantes (leur efficacité, leur coût), potentielles (dans l'hypothèse d'une gestion intégrée) ; sur le choix des sites, les modalités d'exploitation, la réhabilitation. **Contribution des industriels** à la gestion des milieux (actuelle, potentielle).
- **Nuisances** diverses non liées à l'hydrosystème (air, bruit, paysage).

6. Activité et retombées économiques

- **Données brutes** : tonnage et chiffre d'affaires agrégé, valeur ajoutée dont : main-d'oeuvre (emploi), retombées fiscales locales ; coûts de production et de transport, coût d'environnement.
- Part du gisement dans le **prix de revient des matériaux** dans les divers usages et les différentes destinations.
- Calcul d'une **valeur nette du gisement** (flux actualisé d'économies de transport).

7. Les problèmes et leur prise en compte

- Outre les éventuels **problèmes ponctuels** (dont : reconversion d'exploitants en réponse à une réorientation de la politique de rivière),
- problème fondamental de la **compatibilité** entre la fonction extractive de la vallée et une gestion pérenne du fonctionnement du système eau : quelles conditions théoriques ? quels arrangements négociables ? quelles modalités pratiques (techniques, financières) ?

8. Points de vue

- de **l'acteur extractif** : industriels, tutelle administrative,
- des **partenaires** locaux, régionaux, de bassin.

1B

Secteur économique

H

Hydro-électricité

1. Existant

- **Unités (techniques)** en service : localisation, ancienneté, puissance, hauteur, débit prélevé, débit réservé.
- **Entités économiques** de rattachement : organigramme de la branche, liaisons externes (E.D.F., autonomes).
- **Marché** (régional, national) : place des unités et des entités.

2. Potentialités

- En **production supplémentaire** sur les sites aménagés : extensions de puissance (projets ou non), amélioration des modes de fonctionnement.
- En aménagement de **nouveaux sites**.

3, 4, 5. Relations

- **Incidences hydro-écologiques** : sur les crues, les étiages, les qualités de l'eau, le transfert des sédiments ; tableau des conséquences favorables et défavorables pour les différents usages (pêche, activités ludiques, ...).
- **Contraintes réglementaires** (débits réservés, franchises, etc.) : inventaire, mise en oeuvre, efficacité.
- **Contributions volontaires ou négociées** à la gestion globale (quantitative, qualitative) de la ressource.

6. Activité et retombées économiques

- **Données brutes** : production énergétique, chiffre d'affaires estimé, achats intermédiaires, emploi.
- **Retombées** : locales (puissances réservées, taxes) et nationales (économies de pétrole, redevances et impôts).
- **Valeur nette énergétique** : économie de coût, incidence du mode d'exploitation (ouvrages uniques, ouvrages multiples).

7. Les problèmes et leur prise en compte

- **Problèmes ponctuels** liés au respect des contraintes environnementales existantes (débit réservé, franchises).
- Scénarios **d'évolution des contraintes** : coût énergétique vs. avantages pour les autres usages de l'eau et des milieux. Financement.
- Contribution **volontaire ou négociée** des réserves à la **gestion globale** de la ressource : volumes en cause, valeur économique (économie sur la mobilisation de ressources nouvelles), coût énergétique, financement.

8. Points de vue

- de **l'acteur énergétique** (producteurs : E.D.F., autonomes privés et territoriaux, tutelle administrative, A.D.E.M.E.),
- des différents **partenaires**, directs et indirects, actuels et potentiels.

1B

Secteur économique

I

Industries

- *En principe, on établira une fiche par branche. Bien entendu, il y aura lieu soit de regrouper les branches soit, au contraire, de travailler au niveau de l'entreprise, voire de l'unité (technique) de production (usine), suivant l'intérêt et la possibilité.*
- *L'importance et la finesse des différentes rubriques seront, elles aussi, modulées en fonction notamment :*
 - *de l'implication de chaque industrie **dans le système eau** : prélèvement ou consommation nette, rejet, risque subi (inondation) et risque produit (accident, contamination du sol, obstacle à l'écoulement), en termes absolus et relatifs (part dans le bassin ou/et à l'échelle locale),*
 - *des **disparités** ou de l'homogénéité d'une unité de production à l'autre (types de produits, types de procédés : recours à l'épuration vs. technologies propres),*
 - *de son **importance** économique, de son expansion ou déclin.*

Aussi la présente fiche se limite-t-elle à un canevas.

1. Existant

- **Implantations**, à partir du site eau : point de rejet, point de prélèvement, installations à risque.
- **Unités économiques** : passage de l'unité de production (atelier, usine) à l'entreprise (ex. : centrale thermique → E.D.F.), voire au groupe.
- **Importance** :
 - par rapport au bassin, en termes d'eau,
 - dans la branche (régionale, de bassin, voire nationale) : part de marché,
 - dans l'économie générale (hors eau, toutes branches), au niveau local- régional : % emploi ou valeur ajoutée.

2. Potentialités

Afin d'apprécier la marge d'implication nouvelle d'une branche dans le système eau, tenir compte des **perspectives d'innovation** : technologies propres et économes, amélioration de l'épuration, de la récupération des déchets et de la sécurité.

3, 4, 5. Relations

- **Industrie** → **eau** : prélèvements (de surface, eau souterraine), rejets (directs, diffus), risques d'accident polluant.
- **Eau** → **industrie** : sensibilité au régime ou à la qualité de l'eau (coûts d'adaptation, dommages).

6. Activité et retombées économiques

- **Production, emploi**, dont chroniques à moyen terme.
- **Autres retombées** : achats, sous-traitance, recettes fiscales locales.

7. Les problèmes et leur prise en compte

Pour mémoire.

8. Points de vue

Pour mémoire.

1B

Secteur économique

J

Navigations

1. Existant

- **Trafic et installations** : flux commerciaux (industriels, touristiques) et non commerciaux (plaisance), répartition intra-annuelle ; implantations à terre (dont : activités nautiques, services).
- **Importance** de la rivière dans le réseau régional, inter-régional et international.
- **Structure économique** de la branche (firmes, groupes).

2. Potentialités

- **Tendances** à moyen terme, rétrospectives et prospectives.
- **Facteurs** de développement ou de stagnation :
 - liés à l'économie (industrielle, touristique),
 - liés au système eau.

3, 4, 5. Relations

- **Actives** : impact (1) du trafic, (2) de l'aménagement-gestion à objectif de navigation (dragages, chenalisation, installations portuaires, emprises sur le lit ou des milieux annexes) sur (a) la pratique d'autres usages (pêche, baignade, etc.) et (b) le fonctionnement de l'hydro-écosystème (frayères, migrations, érosion de berges, etc.).
- **Passives** : contraintes subies (réglementaires, négociées ou de facto) du fait d'autres usages, ou du fonctionnement du système eau, ou encore de la gestion globale de celui-ci. Adaptation, coûts.

6. Activité et retombées économiques

- **Volume d'activité** : en nature (tonnages, passagers), en valeur (C.A., V.A.), modulation saisonnière, évolution en moyenne période.
- **Valeur nette** du transport (commercial) pour la collectivité : flux d'économie de coût par rapport à l'itinéraire ou/et le mode alternatif le meilleur.

7. Les problèmes et leur prise en compte

- **Nuisances** locales ou particulières.
- **Participation** des usagers de la navigation aux charges collectives de maintien ou de réhabilitation du capital rivière (eau, lit, berges, abords, milieux annexes).

8. Points de vue

- des acteurs liés au **transport** : transporteurs, industriels, collectivités territoriales (tourisme fluvial, chambres de commerce), autorités de tutelle, V.N.F.,
- des **partenaires eau** concernés (pêcheurs, etc.).

1B

Secteur économique

K

Pêche

[P] : professionnelle [L] : aux lignes [E] : amateurs aux engins

1. Existant

- **Fréquentation** [L] : nombre estimé de visites sur le cycle annuel, répartition saisonnière, densité kilométrique, répartition selon la provenance, le profil sociologique, le type halieutique (espèces recherchées x technique).
- **Unités de gestion piscicole** [L] : sociétés locales, cartographie, taille (critères : domaine géré, adhérents, budget, et ratios croisés). Evolution des effectifs à moyen terme (en termes bruts et différentiels).
- Implantation de **pêcheurs professionnels** : lots, effectifs selon les catégories statutaires [P]. Idem pour les amateurs [E].
- Importance de la rivière sur le **marché régional** de la pêche [L] et celui du poisson [P].

2. Potentialités

- **En termes hydrobiologiques** : vocation piscicole de la rivière, de ses tronçons et annexes. Etat actuel, perspectives d'amélioration à court, moyen et long termes.
- **En termes piscicoles et halieutiques** : état des connaissances concernant les prises (enquêtes [L], carnets [E,P]) et les stocks.
- **En termes sociaux [L] et économiques [P]** : pêches [L] à promouvoir ; espèces et valorisations commerciales à développer [P].

3, 4, 5. Relations

- **Rivière → pêche** : tableau récapitulatif des informations (et des lacunes) sur les facteurs (favorables, défavorables) liés à l'eau (débit, qualité), au milieu aquatique, à ses annexes, directement et indirectement (ex. : frai en zone inondable). Identification des partenaires concernés.
- **Pêche → rivière** : incidence (observée ou présumée sur base d'avis d'experts) des pratiques (halieutiques, piscicoles) sur le système rivière et d'**autres usages**.

6. Activité et retombées économiques

- **Dépenses des pêcheurs** [L] : achats d'articles dans le commerce local, dépenses de séjour, place de la pêche dans la résidence secondaire et le camping ; perspectives de mise en place de produits en tourisme-pêche, revenus et emplois attendus.
- **Dépenses de gestion piscicole** : locales, fédérales, autres financeurs.
- Importance de la **pêche professionnelle** et des **activités de valorisation** : chiffre d'affaires, valeur ajoutée, emplois, revenus ; insertion dans les filières et les marchés [P]. Importance des engins [E].

7. Les problèmes et leur prise en compte

- Rappel des propositions **d'amélioration du milieu aquatique**, identification des partenaires impliqués, coût des actions, financements.
- Eléments pour une **stratégie de promotion** de la pêche [L,P] dans le respect des vocations naturelles : gestion piscicole, aménagements non piscicoles, mesures institutionnelles, actions dépendant de partenaires " non pêche " [usagers (centrales, etc.) ou non (hôtellerie, ...)].

8. Points de vue

- Identification **des acteurs pêche** et de leurs partenaires **non pêche**.
- **Perception** actuelle des problèmes partiels et globaux et de leurs solutions. **Implication** (actuelle, potentielle) de ces acteurs.

1B

Secteur économique

L

Protection de la nature

Bien qu'elle ne corresponde pas à un «usage» au sens strict mais à un «non-usage» ou à certaines contraintes pour les autres usages, cette «activité» peut mériter elle aussi une fiche, pour plusieurs raisons, fondamentales ou pratiques :

- elle est portée par des **acteurs** reconnus comme tels (associations agréées, administrations de tutelle), au même titre que d'autres usages (comme, par ex., les agriculteurs et «leur» D.D., «leur» chambre et «leur» F.D.),
- elle peut se matérialiser sur le terrain par une **emprise foncière**, plus ou moins exclusive ou prioritaire sur d'autres activités (ex. : réserve naturelle, arrêté de biotope, mesures agri-environnementales, conventions de gestion),
- ce peut être aussi un moyen commode de récapituler (transversalement aux différents usages) des **informations ou questionnements** sur des situations, des conflits (existants ou virtuels), des synergies (idem) pour la valorisation économique ou sociale d'un espace aquatique ou terrestre associé, notamment de zones humides.

1. Existant

- **Implantation** : tableau et cartographie des territoires définis par un statut écologique [réserve naturelle, arrêté de biotope, terrain classé boisé, convention de gestion, ...].
- **Gestion** : identification des institutions impliquées (tutelle, pilotage, gestion).
- **Importance** à l'échelle régionale, nationale, voire internationale (système migratoire), en termes absolus et relatifs.
- Mentionner les perspectives (dont : projets, souhaits) d'améliorer l'**extension territoriale** des protections ou/et la **qualité de la gestion** (par voie réglementaire et/ou contractuelle).
- Spécifier plus particulièrement les aspects liés au **fonctionnement** de l'hydro-éco-système et à **certains usages** de l'eau ou d'espaces aquatiques ou terrestres associés (règles de **bonne gestion**).

3, 4, 5. Relations

Pour mémoire : ces rubriques constituent le «négatif» d'informations déjà mentionnées sur d'autres fiches d'usage.

6. Activité et retombées économiques

- **Activité générée par la gestion** des protections :
 - coûts de gestion, dont : emplois ; sources de financement ;
 - recettes de valorisation marchande (agricole, touristique-culturelle, services de génie écologique).
- **Valeur économique** générée par la protection :
 - valeur d'existence pour les individus-citoyens (même si une évaluation est généralement difficile),
 - dépenses ou pertes évitées : identification des groupes bénéficiaires.

7. Les problèmes et leur prise en compte

Pour mémoire.

8. Points de vue

- de l'**acteur P.N.** (associatif, administratif, scientifique),
- des acteurs **partenaires** de la P.N. (usages divers).

1B

Secteur économique

M

Tourisme

Comme la P.N., le tourisme recouvre ici à la fois :

- des aspects **liés à l'hydrosystème** et qui auront déjà été recensés dans d'autres fiches, notamment :
 - **pêche** (si pêche touristique),
 - **chasse** (si chasse touristique),
 - **eau potable** (au titre des besoins de pointe estivale ou hivernale pour l'A.E.P. et les canons à neige),
 - **urbanisme** (terrains de camping riverains, comme obstacle à l'écoulement et comme activité exposée aux risques naturels : problèmes d'assainissement-épuration liés aux variations touristiques) ;
- des aspects **non liés** à l'usage de l'eau ou à l'occupation de l'espace inondable, mais relevant d'un diagnostic synthétique et d'actions globales :
 - **autres activités concurrentes - complémentaires des loisirs en rivière** (randonnée pédestre - équestre - VTT, loisirs en eau close, tourisme culturel, activités sportives),
 - **thèmes transversaux** : situation et politique en matière d'hébergement, de marketing (produits multiples), de communication (actions communes), etc.

Seules les têtes de chapitre sont rappelées ici. Les thèmes ou sous-thèmes peuvent concerner spécifiquement certaines activités, ou l'ensemble du secteur touristique.

1. Existant

- **Implantations, fréquentations.**
- **Unités économiques.**
- **Importance** régionale et/ou nationale, voire internationale.

2. Potentialités

- **Marge de développement.**
- **Conditions liées à l'eau.**
- **Conditions non liées à l'eau.**

3, 4, 5. Relations

- Actives : **tourisme** → **eau** : tableau des impacts directs et indirects, usagers divers concernés.
- Passives : **eau** → **tourisme** : tableau des contraintes et atouts, conflits et synergies (existantes, potentielles).

6. Activité et retombées économiques

- **Flux économiques** d'origine touristique : C.A., V.A., emplois, recettes fiscales, valeurs foncières ; en rétrospective et en prospective.
- **Importance** dans l'économie globale (localement, régionalement).

7. Les problèmes et leur prise en compte

Pour mémoire.

8. Points de vue

- des **acteurs touristiques**, y compris compétents sur :
 - les activités touristiques non spécifiquement liées à l'eau,
 - des thèmes transversaux (hôtellerie, immobilier, urbanisme),
 - la politique du tourisme dans sa globalité, aux différents niveaux territoriaux.

1B

Secteur économique

N

Urbanisme

Ce terme, en toute rigueur impropre, désigne ici l'ensemble :

- des installations fixes,
- des aires à caractère artificiel : minéral, mais aussi aquatique ou végétal : voirie, stations d'épuration, décharges, ouvrages hydrauliques, terrains de sport, bases de loisir aménagées (hors rivière : plans d'eau de gravières, ...), campings, aires de stationnement, habitations, zones d'activité, ...

La confection d'une telle fiche procède d'une triple nécessité :

- visualiser les occupations de l'espace plus denses (que les aires naturelles),
- compléter la cartographie " tous usages ", en suggérant les principaux secteurs de dégâts de crue, d'obstacles à l'écoulement et de ruissellement pluvial,
- favoriser une appréhension globale par les décideurs locaux.

1. Existant

- **Implantations** : inventaire, cartographie, essai de tableau statistique par catégorie.

2. Potentialités

- **Perspectives** à travers les documents d'urbanisme.

3, 4, 5. Relations

- Actives : **impacts** sur le régime des eaux et l'écologie aquatique et péri-aquatique.
- Passives : données d'**exposition** aux risques naturels.

6. Activité et retombées économiques

Pour mémoire.

7. Les problèmes et leur prise en compte

- **Problèmes ponctuels** : de maîtrise des débits et pollutions pluviaux, de sous-protection, etc. ;
- **Problème général de compatibilité** de l'urbanisme avec les règles de gestion durable du système eau. Types de modification à introduire, charges associées et leur financement, avantages attendus (dépenses évitées), acteurs bénéficiaires.

8. Points de vue

- des différentes **collectivités territoriales**, comme intervenants de l'urbanisme ou du financement.

2 - La synthèse tous secteurs économiques

2.1. Contexte et objectif

2.1.1. Contexte

L'état actuel, plus ou moins détaillé, des différents milieux et des multiples secteurs économiques procure au «planificateur» [la C.L.E. s'il s'agit d'un S.A.G.E., le comité de pilotage sinon] une grande quantité d'informations. Mais celui-ci n'est pas pour autant en mesure de définir une politique d'aménagement-gestion : il a encore besoin d'un **diagnostic global**. Cette expression évoque implicitement (compte tenu de l'optique intégrée qui inspire cette démarche) trois conditions :

- **global** (au sens de «général») : une synthèse recouvrant l'ensemble des milieux et l'ensemble des secteurs et qui [mieux qu'à travers une sommation, à supposer que celle-ci ait un sens et soit techniquement réalisable] joue sur les relations (entre milieux, entre secteurs et entre milieux et secteurs),
- **diagnostic** : cette synthèse n'est pas quelconque, elle doit être construite avant tout en fonction de la compatibilité entre secteurs économiques et milieux, c'est-à-dire entre :
 - les niveaux de satisfaction de ces secteurs,
 - les aptitudes des milieux à satisfaire ces secteurs [tous à la fois ou, sinon, sélectivement et, dans ce cas (= conflit d'usages), suivant quelles règles de sélectivité ?],
- **global** (au sens de pluridimensionnel) : l'analyse de compatibilité doit être menée en termes à la fois hydrologiques et économiques.

C'est dans le cadre de ce diagnostic global et de la prospective en découlant ensuite que le planificateur opéra enfin pour une stratégie de réponse.

2.1.2. Objectif

[Seuls sont abordés ici les aspects économiques du diagnostic global.]

2.1.2.1. Ce que n'est pas la synthèse économique

D'abord, l'objectif principal n'est pas de construire un «bilan économique global» de la rivière, au sens des **comptes de patrimoine naturel**. On entend sous ce terme :

1. un bilan synthétique de l'éco-zone rivière,
2. une famille de comptes d'agents économiques,
3. divers comptes de liaison entre 1 et 2.

Une telle approche n'est pas développée ici car :

- les difficultés d'évaluation monétaire rendent l'application trop parcellaire et l'exercice encore trop largement théorique,
- elle ne répond pas directement au contexte spécifié ci-dessus.

2.1.2.2. Expliciter le «noyau dur» du système des secteurs économiques

Par contre, en calant la gestion de l'eau et de l'espace sur l'entité rivière, une approche intégrée doit amener tout naturellement à **expliciter les intérêts** socio-économiques **associés au fonctionnement** de celle-ci.

Toute rivière présente une certaine **originalité fonctionnelle** (par exemple une tendance à l'enfoncement plutôt qu'à la divagation et au tressage), et c'est par rapport à ce fonctionnement que le planificateur devra **spécifier un état qu'il souhaite rétablir ou conserver**, plus ou moins proche de l'état «naturel», et s'écartant plus ou moins de l'état actuel ou prévisible en l'absence d'une nouvelle politique.

En d'autres termes, la connaissance de la rivière se résume en une **chaîne de relations causales** (et de rétroactions) hydrologiques, géomorphologiques, écologiques (par exemple : enfoncement du lit donc enfoncement de la nappe donc réduction d'humidité des sols en lit majeur donc modification des successions végétales donc modification de la faune terrestre). C'est donc à des séquences de cette nature que l'économiste devra se référer pour identifier les domaines d'enjeux liés aux futurs choix d'aménagement-gestion, et montrer que, du point de vue économique aussi, la vallée constitue davantage une juxtaposition d'activités économiques observables sectoriellement, mais aussi un **système d'enjeux** plus ou moins «calés» sur l'hydrosystème.

2.2. La méthode : Structurer les enjeux

Pour dégager un tel résultat, deux étapes sont nécessaires :

- 1- on commencera par rechercher, en rapprochant sur une base **spatiale** les résultats hydrologiques, géomorphologiques et les secteurs économiques observés, si ces derniers constituent bien un **système**, avec ses coexistences, ses complémentarités, ses exclusions ;
- 2- ensuite, abandonnant le critère spatial au profit d'une logique **fonctionnelle** (les mécanismes «eau»), il s'agira d'isoler, dans l'ensemble des enjeux identifiés, des **noyaux de conflit ou de solidarité**, sur lesquels le planificateur aura tout intérêt à s'appuyer pour définir sa politique et la réaliser.

2.2.1. Des secteurs aux espaces

2.2.1.1. Structurer l'espace en termes de secteurs

A ce stade, l'économiste est largement tributaire d'une démarche géographique. En effet, une vallée ne constitue pas un espace a priori homogène :

- ni en termes de **milieux** : l'activité du lit mineur, l'inondabilité et l'érodabilité du lit majeur instituent un gradient tant latéral que longitudinal ; d'où une partition de l'espace en **secteurs de lit plus ou moins actif** et en **zones de divagation ou/et de submersion** plus ou moins probable,
- ni en termes de **secteurs économiques** : ceux-ci sont plus ou moins dépendants des ressources du lit et plus ou moins sensibles aux risques naturels.

Aussi, la première question à se poser en début de diagnostic global consiste à rechercher **comment les secteurs économiques se localisent** dans le zonage hydraulique : il est plus que probable qu'en pratique, la présence des différents secteurs ne sera ni uniforme dans l'espace, ni totalement aléatoire, mais marquée par des dominances et des absences. A partir d'une **cartographie de synthèse** (superposant l'ensemble des usages et le zonage hydraulique), il s'agit d'**identifier les secteurs** dont la présence (ou l'absence) est **associée à chaque type de zone** hydraulique.

1 - Si une telle association est établie, on disposera ainsi d'une base objective et claire pour reconnaître les secteurs, donc les acteurs susceptibles soit de perdre, soit de gagner à une modification dans le fonctionnement de la rivière [y compris l'action consistant à ne rien faire]. *[Par exemple : suivant que la zone de divagation à haute probabilité a déjà été investie (ou non) par l'agriculture (donc au détriment d'une vocation de protection écologique ou de loisirs naturels ou encore de boisements spontanés), les agriculteurs auront (ou non) à gagner à des actions ayant pour but ou pour effet de contrôler l'érosion des berges ; ou, symétriquement, à perdre à des actions ayant pour but ou pour effet de maintenir, voire augmenter la divagation du lit mineur.]*

2 - Dans le cas contraire (pas d'association nette entre les deux partitions de l'espace), des enjeux existeront, mais seront plus difficiles à repérer et plus encore à évaluer dans des scénarios (puisque un même usage sera à la fois gagnant et perdant, quelle que soit la stratégie d'aménagement adoptée).

2.2.1.2. Un découpage d'amont à aval

Une partition de la vallée, d'amont à aval cette fois, peut permettre ultérieurement de cerner d'une manière plus fine

les enjeux liés à des partis alternatifs de protection-développement.

On cherchera à constituer des **sections homogènes** à la fois par :

- leurs caractéristiques physiques : physiographiques-hydrauliques (proportion de fond de vallée vs. terrasses) et géomorphologique (lit actif vs. lit en voie de stabilisation vs. lit stabilisé),
- la configuration des secteurs économiques (dominante agricole, ou forestière, etc.).

2.2.2. Des espaces aux enjeux

Mieux encore qu'un espace physique (hydraulique, écologique) auquel divers secteurs économiques sont associés, une vallée constitue un champ d'intervention pour une multiplicité d'acteurs (publics ou privés, individuellement ou collectivement) et dotés d'objectifs, de contraintes et d'une stratégie. Chacun de ceux-ci, face à l'évolution naturelle de la rivière ou/et à l'action présente ou possible des autres, a un **intérêt à défendre ou à promouvoir**.

Il importe donc de **repérer**, parmi les secteurs économiques présents et potentiels de la vallée (ou, mieux : dans chaque section homogène), les principales interférences entre ces intérêts, que ce soit en termes de conflit ou de complémentarité, avant d'introduire une **hiérarchisation** parmi les différents enjeux ainsi mis en évidence.

2.2.2.1. Des interférences nombreuses mais repérables

On peut résumer les informations et interrogations sur les secteurs économiques et leurs relations à travers une **matrice secteurs x secteurs**, dans laquelle seront spécifiés :

- le **degré de développement** de chaque usage (actuel et potentiel),
- (s'il y a lieu) le **type d'interférence** de l'usage considéré, avec chacun des autres, jugée « importante » en termes d'aménagement-gestion :
 - complémentarité, conflit ou neutralité,
 - caractère effectif ou seulement possible,
 - caractère positif (atout) ou négatif (risque),
 - entre secteurs existants ou entre secteurs potentiels (au moins un ou un existant en développement).

Quel que soit le procédé de visualisation adopté, cette synthèse reflétera en partie la vision qu'aura acquise l'homme d'étude à travers son information, ses contacts et ses réflexions. La démarche devra donc être conçue

afin de minimiser la part du subjectif et assurer une cohérence correcte. Outre sa portée informative, ce volet de la synthèse vaut aussi par la **discussion** qu'il doit susciter entre les personnes ayant la meilleure connaissance des sites et concernées par leur étude ou leur gestion.

2.2.2.2. Des enjeux multiples à hiérarchiser

Au total, les enjeux risquent d'apparaître nombreux : au maximum, un par usage et par section. Eventuellement davantage : il n'est pas rare qu'un même usage se caractérise, au moins localement, par des enjeux (sous-enjeux) multiples et contradictoires. *[Par exemple : au sein de l'usage «pêche sportive», une multiplication des enrochements sera considérée par les dirigeants piscicoles comme catastrophique pour l'ombre commun (compte tenu de la disparition à terme de la granulométrie appropriée à sa reproduction), mais favorable à la truite.]*

En fait, certains enjeux peuvent être regroupés, d'autres circonscrits, dans l'espace ou sur toute autre base, en fonction des besoins réels de l'information et de la discussion ultérieures (en particulier pour le chiffrage de propositions d'action). Surtout, à ce stade, une réflexion essentielle reste encore à mener sur la façon de les **ordonner en vue de choisir une stratégie**, en tenant compte des caractéristiques fonctionnelles de la rivière et du système des secteurs économiques. Trois critères peuvent être mis en oeuvre successivement (ordre lexicographique) :

2.2.2.3. Premier critère : le mécanisme générateur de l'enjeu

Un premier tri peut consister à distinguer deux ensembles d'enjeux et donc de secteurs économiques :

- 1- secteurs présentant un **intérêt lié au système** technonaturel de la rivière,
- 2- intérêts **indépendants du fonctionnement** de la rivière, mais impliqués indirectement dans le système des secteurs à travers une compétition foncière ou une relation de voisinage terrestre.

1- Pour inventorier les secteurs économiques du premier type, il s'agit :

- d'énumérer les mécanismes de l'hydrosystème : assèchement, submersion, enfoncement, érosion de berge, méandrage, etc.
- et associer, à chacun de ces derniers, l'ensemble :
 - des secteurs perdants,
 - des secteurs gagnants,
 - des secteurs neutres.

[Par exemple, il s'agit ici d'une illustration particulière sans portée générale, pour une tendance à l'enfoncement d'un lit mineur, on identifiera :

- comme **gagnants** :
 - l'industrie du granulat (accroissement du gisement exploitable),
 - l'urbanisme (extension des zones constructibles),
 - le canoë-kayak (effet canyon),
- comme **perdants** :
 - les boisements (au titre de la production),
 - la protection de la nature (disparition des bras morts, réduction des bancs de galets et de la nidification d'oiseaux inféodés),
 - l'A.E.P. (disparition de la nappe),
 - l'urbanisme (consolidation des ponts),
 - la pêche à l'ombre (disparition des frayères naturelles),
 - la baignade (réduction des bancs de galets).]

2- Le second type comprend les couples de secteurs se trouvant en confrontation :

- pour l'affectation d'un même espace (ex. : boisements naturels vs. exploitation de matériaux alluvionnaires en lit majeur),
- ou pour un conflit de voisinage (ex. : A.E.P. vs. élevage sur un périmètre de protection) ;

de plus, ces problèmes, souvent d'intérêt local, n'auront d'importance :

- qu'au niveau du diagnostic par section de vallée,
- ou à celui de la vallée dans son ensemble, que s'ils sont répétitifs.

2.2.2.4. Deuxième critère : le rapport à la fonctionnalité

Le second degré de hiérarchisation consistera à isoler, au sein du premier ensemble, les enjeux qui apparaissent le plus directement liés à ce qui fait l'**originalité fonctionnelle** de la rivière, telle que mise en évidence par le diagnostic des milieux. On distinguera ainsi :

- 1- des enjeux **centraux**, immédiatement concernés par le(s) mécanisme(s) en cause; ils seront donc les plus sensibles à des actions visant à le(s) favoriser ou au contraire contrecarrer,
- 2- des enjeux, certes liés à l'hydrosystème, mais non (ou moins) directement dépendants de ce «noyau dur» physique ; ils seront considérés comme **périphériques**, quelle que puisse être par ailleurs leur «importance» objective (physique ou économique) ou subjective (à travers un grossissement médiatique, le jeu de groupes de pression).

[Par ex. : si le mécanisme critique isolé par le diagnostic physique est une tendance du lit mineur à s'enfoncer, le planificateur devra se prononcer sur le point de savoir s'il souhaite éviter d'accélérer cet enfoncement, en s'abstenant de «contrôler» la rivière latéralement, donc en «tolérant» l'érosion en berges. Dès lors,

- seront considérés comme **centraux** les secteurs économiques liés :
 - au déplacement du lit mineur (négativement : occupations riveraines exposées à l'érosion ; positivement : espaces naturels associés au remaniement des méandres, et services finaux correspondants : loisirs, etc.),
 - au régime de la nappe (dont le niveau est calé sur celui du lit mineur) : A.E.P. (actuelle et future), boisements naturels,
- seront traités comme **périphériques** les secteurs concernés (positivement ou négativement par :
 - la pollution de l'eau de surface : activités émettrices de rejets directs, diffus ou accidentels, loisirs affectés,
 - la pollution (existante ou potentielle) de la nappe : irrigation et élevage, A.E.P.,
 - la production électrique : baignade (régime des débits et effet sur la pollution), pêche (idem, franchise-ment), canoë-kayak,
 - les crues (dans la mesure, du moins, où elles posent des problèmes en partie disjoints de ceux de la divagation proprement dite).]

2.2.2.5. Troisième critère : le poids économique

Qu'ils soient dépendant de l'hydrosystème ou non, centraux ou périphériques, les enjeux doivent aussi être «pondérés» suivant leur «importance» économique, qui revêt au moins deux réalités distinctes. En disant qu'un enjeu est «économiquement plus important» qu'un autre, l'on peut vouloir signifier :

- 1- une disparité de **taille des activités** en cause : chiffre d'affaires, valeur ajoutée, population active [par exemple : on constatera qu'avec 5 M.F. de chiffre d'affaires, les micro-centrales sont 10 fois plus importantes que l'agriculture riveraine (0,5 M.F.), ou les gravières (15 M.F.), 10 fois plus que la pêche à la ligne (1,5 M.F. de dépenses des pêcheurs estimées), etc.],
- 2- une disparité dans l'**ampleur du changement attendu** de situation économique pour les secteurs concernés.

L'information «1» est donnée directement par les monographies sectorielles, mais se limite :

- aux secteurs marchands,

- aux services naturels par fréquentation (quantifiables en volume) et assorties de retombées (évaluables en monnaie).

Par contre, l'information «2» nécessite une analyse de réponse des secteurs à un changement physique (supposé, dans le cadre d'une hypothèse d'aménagement) : c'est le but des **scénarios**, intervenant dans une étape ultérieure (cf. Evaluer un schéma). Cependant, dès le stade du diagnostic, il y a lieu d'attirer l'attention sur le fait que les enjeux «les plus importants» en termes de perte ou gain ne seront pas toujours ceux associés aux secteurs «les plus importants» en taille des activités...

[Dans le même exemple : la perte de revenu net des extracteurs (dans une hypothèse donnée de modification du zonage ou du régime d'exploitation) peut apparaître plus faible que celle des agriculteurs, en valeur absolue et (à fortiori dans ces deux cas précis) en pourcentage.]

2.2.2.6. Avantages d'une structuration

Au total, en proposant une structuration pertinente du système des secteurs, le diagnostic global (économique) peut aider le planificateur à :

- **Relativiser certains problèmes**, dont la solution (quelle qu'elle soit) sera en définitive peu affectée par les choix de base, ou/et aura peu d'incidence sur ces derniers. [Par exemple, si la nécessité d'augmenter l'effort contre la pollution de la rivière apparaît inéluctable (parce que la réglementation générale est renforcée ou que les acteurs sont unanimes), alors les avantages à attendre (en pêche, baignade, etc.) doivent être tenus pour seconds, quelles que soient leur importance et celle des dépenses de prévention à engager.] En particulier, on évitera ainsi que certains sujets seconds (non eau) ou acteurs «importants» (économiquement ou médiatiquement) ne «polluent» le débat au détriment des options fondamentales. [Par exemple : un problème de gestion hydroélectrique, bien que faiblement lié au fonctionnement de la rivière, devra-t-il être considéré comme «plus important», parce que source de conflit entre un acteur économique puissant (E.D.F.) et des adversaires médiatiquement agressifs (écologistes, pêcheurs), ...que la menace sur la pérennité de la nappe alluviale, dépourvue, elle, de groupe de pression ?...]
- **Relativiser certains enjeux**, dont l'ampleur économique doit être comparée à celle des enjeux symétriques. [Par exemple : l'enjeu agricole d'une érosion de berge (perte moyenne de terres en ha/an x valeur marchande de l'hectare) en cas de non protection, est à rapprocher de l'enjeu eau potable (valeur nette du capital nappe ramenée en équivalent annuel, et qui sera perdue à terme pour la collectivité en cas de développement d'une politique systématique de protection.)]
- **Repérer des convergences d'intérêts**, sur lesquelles le planificateur s'appuiera pour favoriser un consensus.

Partie 2 : Méthodes d'étude

Introduction

Dans cette deuxième partie, nous présentons les méthodes d'étude correspondant aux différentes approches détaillées dans le volume 1.

L'objectif de cette partie est de constituer un outil technique : elle permet de se référer ponctuellement à une fiche "méthode" pour connaître son intérêt, son domaine d'application, les données nécessaires, les principes généraux ou encore les références bibliographiques pour en savoir plus sur ladite méthode.

Les méthodes permettant l'étude de l'écosystème sont présentées dans le même ordre que les approches centrées sur l'écosystème dans le volume 1, à savoir :

- 1 - Hydrologie
- 2 - Hydraulique
- 3 - Hydrogéologie
- 4 - Géomorphologie et Morphodynamique
- 5 - Physico-chimie et Microbiologie
- 6 - Hydrobiologie
- 7 - Biologie et Ecologie

Comme dans la première partie de ce volume, relative aux usages, l'approche économique fait l'objet d'un chapitre particulier, indépendant des méthodes techniques. Le chapitre B présente les principes généraux du diagnostic économique - de l'élaboration des scénarios à l'évaluation économique d'un projet - en se référant aux différentes méthodes économiques existantes et applicables dans le domaine de l'eau. Les méthodes économiques sont ensuite présentées sous la forme de fiches synthétiques, selon le même schéma que celles relatives aux méthodes techniques.

Pour leur part, les méthodes sociologiques et les méthodes de l'analyse du paysage sont présentées dans le volume 1 ; en effet, celles-ci ne se prêtent pas réellement à une présentation synthétique sous forme de fiches.

La liste des fiches «méthodes», techniques et économiques, est détaillée ci-dessous.

Hydrologie

- HO-1 - Méthode rationnelle
- HO-2 - Méthode CRUPEDIX
- HO-3 - Méthode SOCOSE
- HO-4 - Méthode du GRADEX
- HO-5 - Méthode AGREGEE
- HO-6 - Méthode QDF

- HO-7 - Méthode Abaque SOGREA
- HO-8 - Méthode de CAQUOT
- HO-9 - Méthode des courbes isochrones
- HO-10 - Méthode de HORTON
- HO-11 - Méthode du réservoir linéaire
- HO-12 - Méthode stockage à n réservoirs

Hydraulique

- HA-0 - Méthode de MUSKINGUM
- HA-1 - Equation de Barré de Saint Venant 1D implicite
- HA-2 - Equation de BSV 1D explicite
- HA-3 - Equation de BSV 2D
- HA-4 - Calcul Hydraulique en section paramétrée
- HA-5 - Méthode inondabilité
- HA-6 - Méthode du périmètre mouillé
- HA-7 - Détermination du débit réservé biologique

Hydrogéologie

- HG-0 - Modèle de nappe
- HG-1 - Pompes d'essais
- HG-2 - Utilisation d'invertébrés dans l'évaluation des échanges nappe-rivière

Géomorphologie et Morphodynamique

- GM-0 - Analyse du profil en long de la rivière
- GM-1 - Evaluation de la capacité d'écoulement
- GM-2 - Evaluation de la capacité de transport
- GM-3 - Modélisation du transport solide
- GM-4 - Définition et évolution des styles fluviaux
- GM-5 - Définition et évolution de la bande de méandrage
- GM-6 - Diagnostic cartographique de l'état géomorphologique
- GM-7 - Analyse causale de l'évolution morphodynamique

Physico-chimie et Microbiologie

- PC-0 - Acquisition de données de qualité de l'eau
- PC-1 - Analyse des métaux lourds dans les bryophytes

- PC-2 - Analyse des micropolluants dans les sédiments
- PC-3 - Grille générale de qualité
- PC-4 - Grilles de qualité par usage
- PC-5 - Conservation des flux
- PC-6 - Modèle d'auto-épuration globale
- PC-7 - Modèles de simulation de la qualité des cours d'eau

Hydrobiologie

- HB-0 - Système saprobique - méthode allemande normalisée
- HB-1 - Analyses numériques et statistiques des biocénoses
- HB-2 - Indice biologique global normalisé
- HB-3 - Indice de qualité biologique des sédiments fins
- HB-4 - Indice chironomidien
- HB-5 - Méthode de capture de poissons
- HB-6 - Index of biotic integrity adapté à la France
- HB-7 - Zonation piscicole de Huet
- HB-8 - Biotypologie de Verneaux
- HB-9 - Méthode des microhabitats
- HB-10 - Modèles de prédiction du stock de poissons
- HB-11 - Méthode de Braun-Blanquet
- HB-12 - Indices diatomiques
- HB-13 - Indices bryophytiques de qualité des eaux
- HB-14 - Indices macrophytes
- HB-15 - Essais de fertilité algale
- HB-16 - Méthode des traceurs du phénomène d'eutrophication
- HB-17 - Diagnose rapide des plans d'eau

Biologie

- BI-0 - Dénombrement de peuplement d'oiseaux
- BI-1 - Méthode de capture-recapture
- BI-2 - Evaluation de l'indice kilométrique d'abondance et de l'indice ponctuel d'abondance
- BI-3 - Méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs

Ecologie

- EC-0 - Diagnostic de l'évolution en plan et de la diversité d'une mosaïque fluviale

Economie

- FE-1 - Méthode des coûts spécifiques
- FE-2 - Méthode du surplus et du rapport bénéfice/coût
- FE-3 - Méthode du temps de retour
- FE-4 - Méthode multicritère par surclassement : Electre-I
- FE-5 - Méthode par les dépenses d'adaptation
- FE-6 - Méthode Ecoriv, Impact économique des aménagements
- FE-7 - Méthode par le coût d'accès au service naturel
- FE-8 - Méthode par les prix hédoniques
- FE-9 - Méthode d'évaluation contingente
- FE-10 - Méthode de la valeur minimale de préservation

A - Méthodes d'étude pour le diagnostic

1 - Hydrologie

- HO-1 - Méthode rationnelle
- HO-2 - Méthode CRUPEDIX
- HO-3 - Méthode SOCOSE
- HO-4 - Méthode du GRADEX
- HO-5 - Méthode AGREGEE
- HO-6 - Méthode QDF
- HO-7 - Méthode Abaque SOGREAH
- HO-8 - Méthode de CAQUOT
- HO-9 - Méthode des courbes isochrones
- HO-10 - Méthode de HORTON
- HO-11 - Méthode du réservoir linéaire
- HO-12 - Méthode stockage à n réservoirs

Méthode

HO-1

Méthode rationnelle**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|----------------|------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet le calcul du débit maximum à l'exutoire d'un bassin versant de surface quelconque, urbain ou rural.

Données nécessaires

- la surface du bassin versant : A
- le coefficient de ruissellement moyen du bassin versant : C
- les courbes Intensité-Durée-Fréquence correspondant à la pluviométrie sur le bassin versant.

Description rapide et mise en oeuvre

- Le débit de période de retour T est calculée par la relation :

$$Q(T) = C \times i(T) \times A$$

- $i(T)$ est l'intensité moyenne de période de retour T, correspondant à une durée égale au temps de concentration du bassin versant.

Contraintes et limites d'utilisation

- Les deux principales difficultés de cette méthode concernent l'évaluation du coefficient de ruissellement C et l'estimation du temps de concentration.
- En pratique, elle peut fournir un premier ordre de grandeur du débit de pointe, mais il ne faut rien en attendre de plus.

Pour en savoir plus

- REMENIERAS : «*L'hydrologie de l'ingénieur*»; EYROLLES

Méthode

HO-2

Méthode CRUPEDIX**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Estimer rapidement le débit instantané maximal annuel de période de retour 10 ans sur un bassin versant rural de taille quelconque (entre 2 et 2000 km²) situé en France métropolitaine.

Données nécessaires

- La pluie journalière décennale et la superficie du bassin versant.

Description rapide et mise en œuvre

- La formule suivante, calée statistiquement sur un grand nombre de bassins versants étudiés en détail, permet de relier le QIXA10 à S et P10 en faisant intervenir un coefficient de correction régional.

$$QIXA_{10} = S^{0.8} \cdot \left(\frac{P_{10}}{80} \right)^2 \cdot R$$

- Dans le cas où P10 n'est pas connu on peut l'estimer par la formule suivante :

$$P_{10} = \frac{P_a}{K_t} + 15$$

où Pa est la pluie annuelle moyenne et Kt le coefficient des températures.

Contraintes et limites d'utilisation

- L'intervalle de confiance (Q/2, 2Q) a une probabilité de 90% d'encadrer la bonne réponse. L'intervalle de confiance (2Q/3, 3Q/2) a une probabilité de 70% d'encadrer la bonne réponse.
- Dès que le nombre d'années de mesures est supérieur à 7 ans (voire moins si la période observée est humide et riche en crues) le calcul statistique est préférable.
- La surestimation est fréquente, souvent due aux bassins versants perméables trop isolés pour pouvoir leur affecter un R spécifique.

Pour en savoir plus

- Synthèse nationale des crues des petits bassins versants, Fascicule 3 : la méthode CRUPEDIX
- Ministère de l'Agriculture (SRAE, DASH, CTGREF), janvier 1980.

Compléments ...

2A

Méthode CRUPEDIX

Cartes

Données CEMAGREF

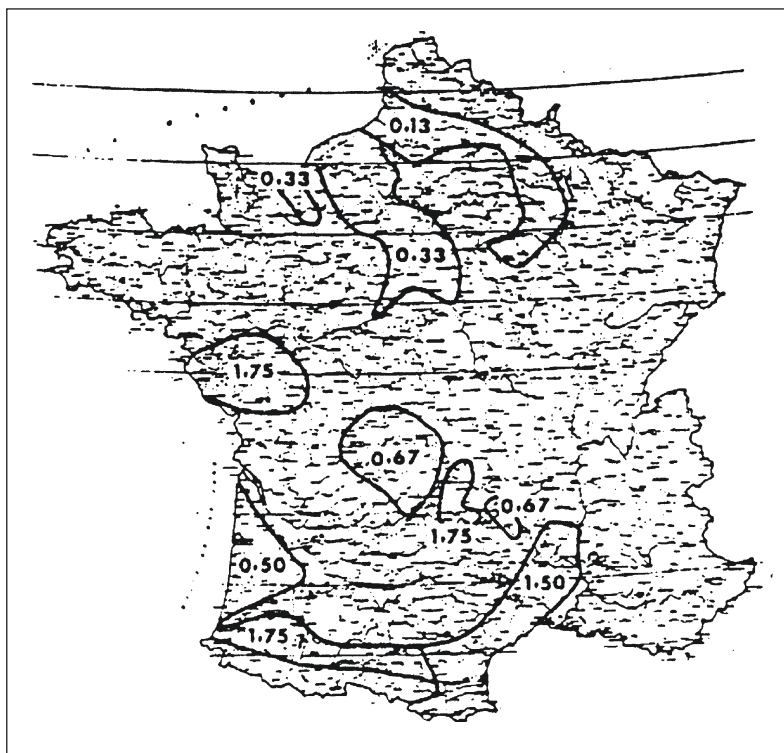


Figure 2.1. : Carte du coefficient régional R à utiliser pour le calcul QIXA10 par la méthode CRUPEDIX



Figure 2.2. : Carte des précipitations journalières de fréquence décennale

Méthode

HO-3

Méthode SOCOSE**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet le calcul du débit instantané maximal annuel de période de retour 10 ans à l'exutoire d'un petit bassin versant rural et l'estimation de l'hydrogramme de projet correspondant.

Données nécessaires

- Surface (S) et longueur (L) du bassin versant, pluie décennale journalière (P10) et coefficient de Montana (b), pluie annuelle moyenne (Pa), température moyenne (ta), coefficient correcteur ξ donné par des tables.

Description rapide et mise en oeuvre

- La méthode est inspirée des méthodes du Soil Conservation Service, mais a été complètement remaniée.

$$QIXA_{10} = \xi \cdot \frac{K \cdot S}{1.250^b} \cdot \frac{p^2}{15 - 12 \cdot p}$$

avec $p = f(k, b, S, L, Pa, P)$

Contraintes et limites d'utilisation

- Surface du bassin versant comprise entre 2 et 200 km².
- La méthode est peu précise et il est préférable de l'appuyer sur des informations hydrométriques locales.

Pour en savoir plus

- *Synthèse nationale des crues des petits bassins versants, Fascicule 2 : la méthode SOCOSE*
- Ministère de l'Agriculture (SRAE, DASH, CTGREF), janvier 1980.

2A

Méthode

HO-4

Méthode du GRADEX**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet le calcul des débits de crue journaliers correspondant à des périodes de retour rares et extrêmes.

Données nécessaires

- Données débitométriques et pluviométriques sur le bassin versant ou sur des bassins versants voisins ou similaires. Des valeurs journalières de précipitations sont suffisantes.

Description rapide et mise en œuvre

- La méthode repose sur un ajustement des lois de distribution des pluies et des débits extrêmes par une loi de Gumbel (droite dans un repère logarithmique). On fait l'hypothèse que passée une certaine valeur de hauteur d'eau précipitée, l'excédent de précipitation ruisselle intégralement. La pente de l'ajustement de la loi de distribution des débits classés devient donc parallèle à la loi de distribution des précipitations.
- Cette méthode est intéressante dans la mesure où l'on dispose de séries de mesures pluviométriques généralement plus longues que les séries de mesures débitométriques. Ceci est d'autant plus vrai qu'il est possible d'allonger artificiellement la longueur temporelle des séries en multipliant le nombre de postes de mesures indépendants mais situés dans une zone climatique homogène.

Contraintes et limites d'utilisation

- Cette méthode est théoriquement utilisable pour des bassins versants de surface quelconque, mais s'applique mieux si la surface est inférieure à quelques milliers de km² (au delà, il est difficile de définir la pluie).
- Elle impose une stabilité du type d'occupation des sols, du moins pour les périodes de retour faibles.
- La méthode du Gradex conduit souvent à une surestimation des débits de crue, et différentes variantes ont été proposées (Gradex esthétique, Gradex progressif, etc.). Voir le modèle " AGREGEE ".

2A

Méthode

HO-5

Méthode AGREGEE**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Ce modèle a été développé pour estimer les quantiles de crue de périodes de retour rares et extrêmes grâce à une généralisation du modèle du GRADEX couramment utilisé en hydrologie.

Données nécessaires

- Il valorise l'information hydrométrique et pluviométrique disponible sur un bassin versant qui doit donc disposer d'un minimum d'observations (ou de simulations validées) en pluie et en débit. Pour différentes durées, il faut disposer d'échantillons de valeurs maximales annuelles ou de valeurs supérieures à un seuil de pluie et de débit.

Description rapide et mise en œuvre

- Le modèle reprend les hypothèses du GRADEX (EdF) et de ses variantes progressives (CEMAGREF). Elle introduit une hypothèse alternative sur la distribution des pluies permettant de se contenter de la limite du pseudo-gradex $a(T)$ pour une période de retour infinie (éventuellement finie mais très rare). Cette hypothèse permet de généraliser le modèle à toute fonction de distribution des pluies ayant ou non un comportement asymptotique exponentiel.

Le modèle permet aussi de composer les lois liées pour estimer les variables composites comme les débits seuils ou les débits de pointe non directement extrapolables.

Contraintes et limites d'utilisation

- Le modèle est disponible sous une forme informatisée sous MS DOS - GKS ou VMS - UNIRAS.
Pour des bassins versants très perméables, il est préférable de disposer de longues séries d'observation des débits (au moins 30 ans), si possible complétées par des informations historiques.
- Il ne permet pas d'expliquer les processus de transformation pluie-débit mais il est cohérent avec les nouvelles connaissances sur les processus et en particulier celles sur les surfaces participantes variables avec la pluie et le degré de saturation du bassin versant. Il est plus particulièrement adapté aux bassins à crue rapides et ruisselantes sous climats à fortes pluies.
- Pour des bassins de grande superficie ($S > 10\,000\text{ km}^2$) la notion de pluie de bassin versant devient difficile à appréhender et les hypothèses de base de la méthode (équivalence en volume des accroissements de pluie et de débit) ne sont plus respectées.

Pour en savoir plus

- *Documentation sur le modèle "AGREGEE"* disponible auprès de la Division Hydrologie - Hydraulique du CEMAGREF de Lyon.
- *Rapport de synthèse sous X° Plan Etat-Région Rhône-Alpes*

Compléments ...

2A

Méthode AGREGÉE

Le modèle permet le calcul des débits de type QCXd (seuil) et VCXd (volume) pour toute durée comprise entre $D/2$ et $10D$ (D , durée caractéristique de crue de Socose) ainsi que le débit instantané, et pour toute période de retour T , observable, rare ou extrême (de 1 an à 10 000 ans). Il permet de vérifier localement de manière approfondie l'applicabilité d'un modèle de synthèse QdF, choisi en général pour son formalisme mathématique plus facile à utiliser.

Les résultats obtenus permettent de construire ensuite des modèles QdF en VCXd et QCXd locaux ou de confirmer le choix d'un modèle préexistant en bibliothèque. On peut en extraire ensuite des hydrogrammes synthétiques monofréquences, tels que ceux utilisés par la méthode INONDABILITE.

Il est utilisable pour des bassins versants ruraux de taille quelconque. Pour les très grands, il est nécessaire de les décomposer en sous-bassins versants, puis de composer les crues.

Il nécessite une stabilité du type d'occupation des sols, pour les fréquences peu rares mais les résultats pour les fréquences rares sont peu affectés par d'éventuelles instabilités dans les conditions «POS» du régime des crues.

Il permet d'estimer indifféremment des débits de période de retour quelconque.

La saisonnalisation de l'analyse est souhaitable, mais non indispensable.

Il est particulièrement adapté à l'aménagement des cours d'eau (crues moyennes et rares) mais permet aussi d'estimer des crues de projet pour le dimensionnement des grands ouvrages hydrauliques (crues extrêmes), domaine où il est alors presque équivalent au gradex.

Le logiciel peut être utilisé sous une forme dégradée (sans utiliser la combinaison Pluie-Débit) simplement pour étudier la distribution d'une variable aléatoire (8 lois de probabilité proposées).

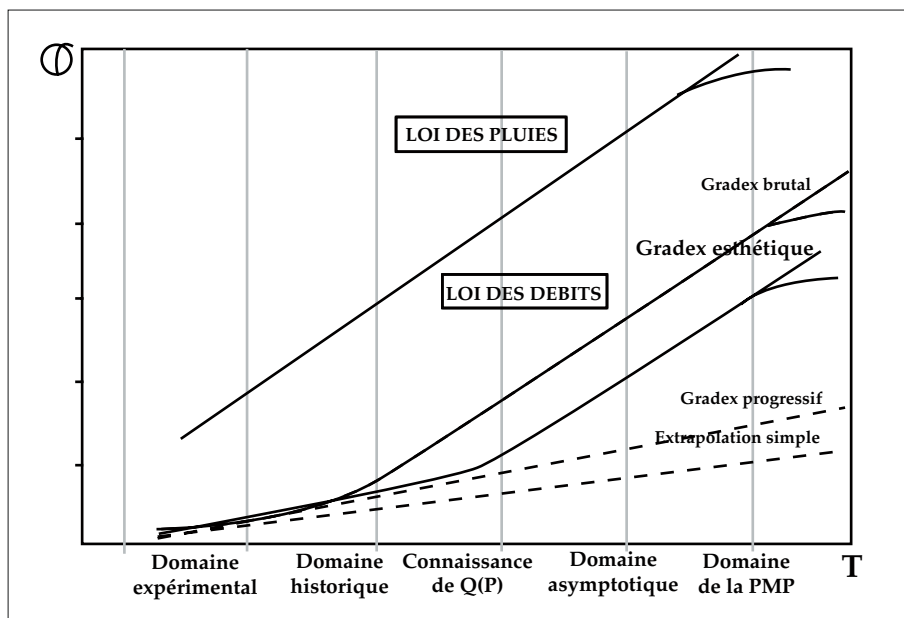


Figure 2.3. : Les 8 lois de probabilité proposées par le modèle «AGREGÉE»

Méthode

HO-6

Méthode QDF

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Les modèles QdF sont des modèles synthétiques qui permettent une description complète et opérationnelle du régime hydrologique des bassins versants. Ils permettent la description sur des bassins versants jaugés ou non de 10 à 1 000 km² de tout quantile de crue pour des période de retour de 0 à 1 000 ans, pour toute durée d de 1s à 30 jours.

Données nécessaires

- Leur application nécessite la connaissance des modèles de base au nombre de 3 (Florac, Vandenesse et Soyans) et des paramètres locaux (durée caractéristique de crue, D, et débit instantané maximal annuel décennal, QIXA₁₀)

Description rapide et mise en œuvre

- Une description statistique et un procédé de normalisation des modèles initiaux permettent de transférer localement l'information hydrométrique disponible suivant les propriétés suivantes, valables pour des débits seuils ou moyens :

$$\frac{Q(T, d')}{QIXA_{10}} \Big|_{\text{site non jaugé}} = \frac{Q(T, d)}{QIXA_{10}} \Big|_{\text{site jaugé}}$$

$$\frac{d'}{D} \Big|_{\text{site non jaugé}} = \frac{d}{D} \Big|_{\text{site jaugé}}$$

- La description synthétique obtenue permet de construire des hydrogrammes synthétiques monofréquence permettant d'alimenter les modèles hydrauliques. Cette méthodologie est utilisée dans le modèle INONDABILITE pour la traduction de l'objectif de protection des parcelles.

Contraintes et limites d'utilisation

- Pour les très grands bassins versants il est nécessaire de travailler par sous-bassins versants et de composer ensuite les crues en faisant appel à un modèle hydraulique. La fiabilité des résultats dépend bien évidemment de la qualité des données locales qui permettent le recalage du modèle choisi.

Pour en savoir plus

- *Documentation sur les modèles QdF* auprès de la Division Hydrologie - Hydraulique du CEMAGREF de Lyon.
- *Hydrologie des crues en vignobles de coteaux : guide à l'usage des aménageurs*, Galea et al. CEMAGREF, 1993.

2A

Compléments ...

Méthode QDF

Pour des faibles périodes de retour $0.5 < T < 20$ ans, on utilise la généralisation d'un modèle de renouvellement (binôme loi de Poisson + loi exponentielle) :

$$Q(T, d) = [A \cdot \ln(T) + B] \cdot QIXA_{10}$$

avec
$$A = \frac{1}{x_1 \cdot \frac{d}{D} + x_2} + x_3$$

et
$$B = \frac{1}{x_4 \cdot \frac{d}{D} + x_5} + x_6$$

Pour des périodes de retour comprises entre 20 et 1 000 ans, généralisation avec d/D de la forme d'extrapolation esthétique par le Gradex des pluies maximales.

$$Q(t, d) = Q(10, d) + \left[C \cdot \ln \left(1 + \frac{A \cdot (T - 10)}{C \cdot 10} \right) + B \right] \cdot QIXA_{10}$$

avec
$$C = \frac{1}{x_7 \cdot \frac{d}{D} + x_8} + x_9$$

La formulation existe en débits seuils (c'est à dire continûment dépassés pendant la durée d donnée), notés QCX, comme en débits moyens (corrélés directement avec le volume de l'hydrogramme), notés VCX.

Les paramètres X_i sont des paramètres régionaux disponibles pour les trois modèles cités (Vandenesse, Soyans et Florac).

La validation de ces modèles a été réalisée sur un grand nombre de bassins versants dans l'ensemble de l'Europe. Leur souplesse d'utilisation en fait des outils parfaitement bien adaptés en aménagement de cours d'eau ou de vignobles.

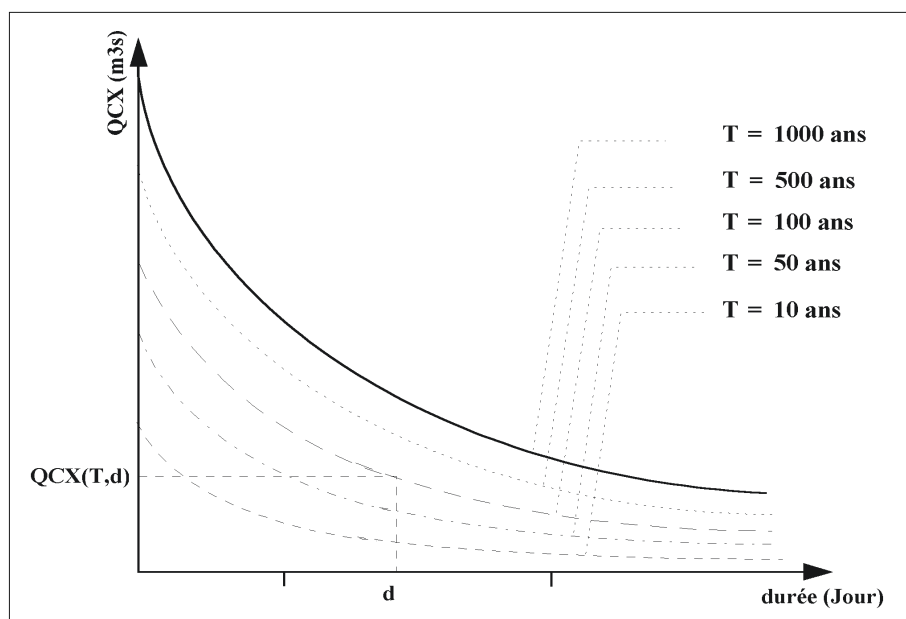


Figure 2.4.

Méthode

HO-7

Méthode abaque SOGREAH

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet d'estimer un ordre de grandeur du débit décennal (éventuellement extrapolé à d'autres périodes de retour) à l'exutoire d'un bassin versant non jaugé.

Données nécessaires

- surface du bassin versant ;
- perméabilité du sol ;
- pente ;
- pluie décennale journalière (P10).

Description rapide et mise en œuvre

- Lecture directe d'un abaque pour le débit décennal.
- Application d'une formule correctrice si la période de retour est différente de 10 ans :

$$Q_n = K_n \times Q_{10}$$

Les valeurs de K_n ayant été définies par de grands bassins versants à partir d'une étude de synthèse.

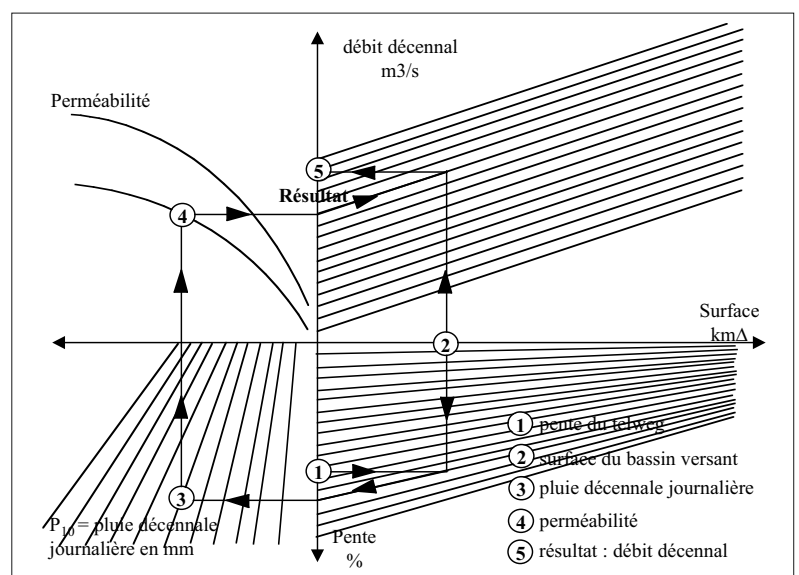
Contraintes et limites d'utilisation

- Fournit seulement un ordre de grandeur.
- Limitée à des bassins versants peu urbanisés et inférieurs à 1000 km²
- On estime qu'il y a 80% de chances que : $Q_{calcul} / 1,5 < Q_{reel} < 1,5 Q_{calcul}$

Pour en savoir plus

- Memento évacuation des eaux pluviales : La documentation française, Paris, 349p., 1989.

Schéma de principe de l'abaque



Méthode

HO-8

Méthode de CAQUOT**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet le calcul du débit maximum de période de retour T à l'exutoire d'un bassin versant urbain équipé d'un réseau d'assainissement.

Données nécessaires

- surface du bassin versant : A ;
- coefficient d'imperméabilisation : C ;
- longueur du plus long parcours de l'eau : L ;
- pente du plus long parcours de l'eau : I ;
- région pluviométrique ou coefficients a et b d'un ajustement de type Montana des courbes Intensité-Durée-Fréquence.

Description rapide et mise en œuvre

- Le débit maximum de fréquence F (ou de période de retour $T = 1 / F$) : Q(F), se déduit directement d'une formule de la forme :

$$Q(F) = k^{1/u} \times I^{v/u} \times C^{1/u} \times A^{w/u}$$

- Il doit être corrigé par un coefficient m fonction de l'allongement M du bassin versant :

$$M = L / \sqrt{A}$$

ou L est la longueur du drain principal

- Les paramètres k, u, v, w sont fonction de la région pluviométrique (voir compléments)

Contraintes et limites d'utilisation

- Cette méthode ne peut être appliquée que sur des bassins versants urbains vérifiant les conditions suivantes :

surface : $A < 200$ hectares

coef. d'imper. : $C > 20\%$

pente : $2\% < I < 5\%$

- d'autre part, elle peut conduire à des erreurs importantes si le réseau fonctionne mal (en particulier s'il se met en charge ou s'il déborde) ou s'il comporte des ouvrages spéciaux).

Pour en savoir plus

- «*instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations*» ; imprimerie nationale ; 1977

Compléments ...

Méthode de CAQUOT

$$Q(F) = K^{\frac{1}{u}} \times I^{\frac{v}{u}} \times C^{\frac{1}{u}} \times A^{\frac{w}{u}}$$

Si l'intensité moyenne sur une durée t , correspondant à une fréquence F peut se mettre sous la forme :

$$i(t, F) = a(F) \times t^{b(F)}$$

alors les différents coefficients de la formule se mettent sous la forme :

$$k = 0.5^{b(F)} \times \frac{a(F)}{6.6}$$

$$u = 1 + .287 \times b(F)$$

$$w = .95 + .507 \times b(F)$$

Unités : A en hectares,
C en rapport de surface ($0 < C < 1$)
t en minutes
I en mètres par mètre
i en mm / minute
Q en m³/s

L'instruction technique de 1977 propose de diviser la France métropolitaine en 3 régions pluviométriques homogènes selon la carte ci-jointe. Pour chacune de ces régions et pour les périodes de retour de 1, 2, 5 et 10 ans, les coefficients de la formule de Caquot sont les suivants :

| Région 1 | $k^{1/u}$ | v/u | $1/u$ | w/u |
|-----------------|-----------|-------|-------|-------|
| T = 10 ans | 1.430 | .29 | 1.20 | .78 |
| T = 5 ans | 1.192 | .30 | 1.21 | .78 |
| T = 2 ans | 0.834 | .31 | 1.22 | .77 |
| T = 1 an | 0.682 | .32 | 1.23 | .77 |

| Région 2 | $k^{1/u}$ | v/u | $1/u$ | w/u |
|-----------------|-----------|-------|-------|-------|
| T = 10 ans | 1.601 | .27 | 1.19 | .80 |
| T = 5 ans | 1.290 | .28 | 1.20 | .79 |
| T = 2 ans | 1.087 | .31 | 1.22 | .77 |
| T = 1 an | 0.780 | .31 | 1.22 | .77 |

| Région 3 | $k^{1/u}$ | v/u | $1/u$ | w/u |
|-----------------|-----------|-------|-------|-------|
| T = 10 ans | 1.296 | .21 | 1.14 | .83 |
| T = 5 ans | 1.327 | .24 | 1.17 | .81 |
| T = 2 ans | 1.121 | .20 | 1.18 | .80 |
| T = 1 an | 0.804 | .26 | 1.18 | .80 |

La formule de Caquot est valable pour un bassin versant homogène ; dans le cas d'un groupement de bassins hétérogènes, de paramètres individuels A_j , C_j , I_j , L_j , Q_{pj} (débit de pointe du bassin j), les paramètres équivalents seront calculés selon les formules du tableau.

Méthode

HO-9

Méthode des courbes isochrones**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet de calculer l'hydrogramme à l'exutoire d'un bassin versant, correspondant à une pluie quelconque connue par son hyétogramme.

Données nécessaires

- Le bassin versant doit être découpé en n éléments de surface A_j et de coefficient de ruissellement C_j . Le découpage doit être tel que le temps mis par l'eau précipitée sur l'élément j pour atteindre l'exutoire soit compris entre $(j-1)Dt$ et jDt , si Dt est le temps de base du découpage (temps mis par l'eau pour traverser un élément).
- Il est également nécessaire de connaître le hyétogramme de pluie, discrétisé sur le pas de temps Dt (tableau des valeurs ij).

Description rapide et mise en oeuvre

- La méthode est fondée sur le principe d'une vitesse d'écoulement de l'eau constante à travers chacun des éléments du système. Dans ces conditions, l'hydrogramme à l'exutoire se déduit facilement du découpage aire/temps. Par exemple si k est inférieur à n, le débit à la fin du pas de temps k se calcule simplement par la formule :

$$Q_{sk} = \sum_{j=1}^k C_j \cdot A_j \cdot ij$$

Contraintes et limites d'utilisation

- L'hypothèse de la constance des vitesses d'écoulement est rarement vérifiée ;
- le découpage aire/temps est généralement difficile ;
- l'estimation des coefficients de ruissellement C_j est également délicate.

Pour en savoir plus

- Remeniéras : «*Hydrologie de l'ingénieur*» - Eyrolles - 1976 - 451 p

Compléments ...

2A

Méthode des courbes isochrones

On choisit la durée de la pluie égale à :

$$n \cdot t_p = t_c ;$$

avec : n : nombre de zones isochrones ;
 t_p : temps de parcours d'une zone isochrone ;
 t_c : temps de concentration du bassin versant.

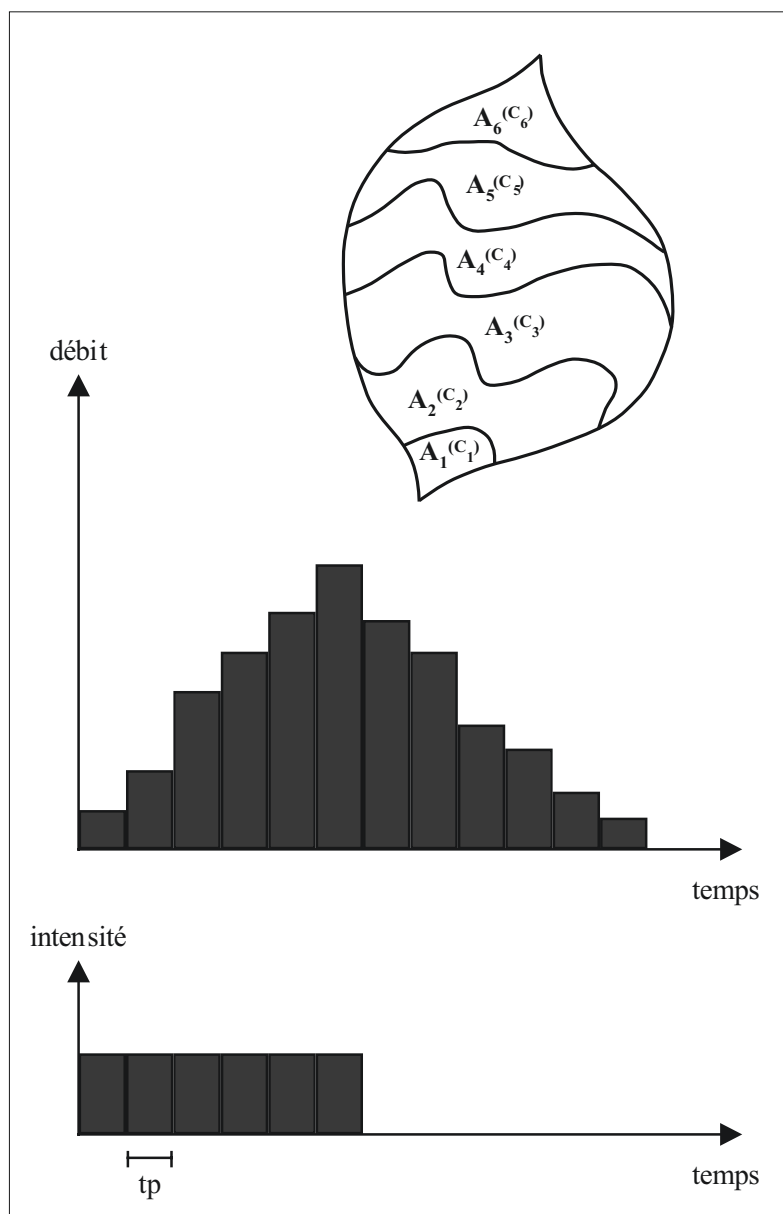
On choisit l'intensité moyenne de la pluie sur la courbe IDF en fonction de sa durée et de la période de retour choisie.

Si le temps est compris entre 0 et t_p , seule la zone A1 produit un débit à l'exutoire ;

si le temps est compris entre t_p et $2t_p$, seules les zones A1 et A2 produisent un débit à l'exutoire ;

si le temps est compris entre $2t_p$ et $3t_p$, les zones A1, A2 et A3 produisent un débit à l'exutoire ;

etc ...



La pluie est de durée $n \cdot t_p$; son intensité est choisie en fonction de la période de retour retenue sur la courbe I.D.F. pour :

$D = n t_p$ (n = nombre de zones isochrones)

D = temps de concentration

Au bout du temps t_p , seule A1 débite,

au bout du temps $2t_p$, A1 et A2 débitent,

au bout du temps $6t_p$, tout le bassin versant débite,

au bout du temps $7t_p$, tout le bassin sauf A1 débite,

au bout du temps $12t_p$, l'hydrogramme est nul.

Méthode

HO-10

Méthode de HORTON**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet d'estimer l'évolution des pertes par infiltration pour un bassin versant et d'en déduire le débit de pluie nette disponible pour le ruissellement.

Données nécessaires

- f_0 : taux d'infiltration initial du sol ;
- f_c : taux d'infiltration final du sol (à saturation) ;
- a : constante de temps.
- Ces données peuvent être issues d'un calage effectué à partir de mesures locales, ou à défaut, peuvent être estimées. Voir les indications plus loin.

Description rapide et mise en oeuvre

- Les pertes par infiltration au temps t se calculent par la relation :

$$f(t) = f_0 + (f_0 - f_c) e^{-at}$$

- Voir plus loin les règles d'utilisation au début de la pluie.

Contraintes et limites d'utilisation

- Il s'agit d'une formule empirique qui s'applique assez bien à des sols humides et végétalisés. Le phénomène d'infiltration dans un sol sec et nu est beaucoup plus complexe car il dépend des relations entre l'eau qui pénètre dans le sol et l'air qui doit s'en échapper.
- Dans tous les cas, l'estimation correcte des paramètres est difficile et les résultats doivent être utilisés avec précaution car le modèle est très sensible aux erreurs de calage. En l'absence de mesure, on ne peut attendre de ce modèle qu'un ordre de grandeur.

Pour en savoir plus

- Remeniéras : «*Hydrologie de l'ingénieur*» - Eyrolles - 1976 - 451 p

Compléments ...

2A

Méthode de HORTON

Le tableau suivant donne des indications sur le choix des paramètres f_0 et f_c à utiliser en cas d'absence de mesures locales. Ces valeurs doivent être utilisées avec précaution.

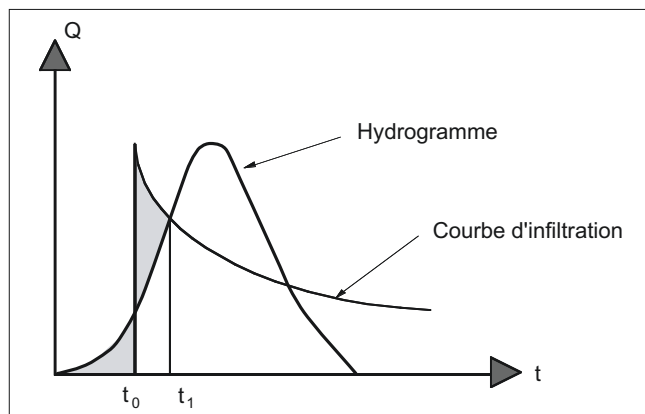
En début de pluie, il arrive souvent que la capacité d'infiltration soit supérieure à l'intensité de pluie. Comme il n'est pas possible d'infiltrer plus d'eau qu'il n'en est tombée, on risque donc de faire diminuer trop rapidement la capacité d'infiltration.

Pour éliminer ce risque, on décale la loi d'infiltration d'un temps t_0 , tel que lorsque la loi d'infiltration croise le hyétogramme (temps t_1), le cumul des pertes par infiltration soit égal au cumul des hauteurs d'eau précipitée :

$$\int_0^{t_0} i(t) dt = \int_0^{t_1-t_0} f(t) dt \quad \text{et} \quad i(t_1) = f(t_1 - t_0)$$

| Type de couverture végétale | Nature du sol | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
| | Très imperméable | Imperméable | Moyennement perméable | Perméable | Très perméable |
| Forêts Cultures | $200 \leq f_c$ | $200 \leq f_c$ | $200 \leq f_c$ | $200 \leq f_c$ | $200 \leq f_c$ |
| Jardins | $0 \leq f_c < 50$ | $0 \leq f_c < 50$ | $50 \leq f_c < 100$ | $100 \leq f_c < 200$ | $200 \leq f_c$ |
| Prairies Pelouses | $f_c < 10$ | $0 \leq f_c < 50$ | $50 \leq f_c < 100$ | $100 \leq f_c < 200$ | $200 \leq f_c$ |
| Terrains de sports Espaces résidentiels | $f_c < 10$ | $f_c < 10$ | $f_c < 10$ | $f_c < 10$ | $f_c < 10$ |

Tableau 2.1.



Le décalage temporel de la courbe théorique d'infiltration est tel que les volumes grisés situés au dessus et en dessous de l'hydrogramme soient égaux.

2A

Méthode

HO-11

Modèle du réservoir linéaire**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet de calculer l'hydrogramme produit par un bassin versant urbain soumis à une précipitation définie par son hyétogramme.
- Ce modèle s'utilise généralement dans le cadre d'un programme informatique après décomposition du site d'étude en éléments de production (bassins versants sur lesquels on représente la transformation pluie-débit) et en éléments de transfert (tronçons de rivière homogènes).

Données nécessaires

- surface du bassin versant : A ;
- coefficient d'imperméabilisation : C ;
- longueur du plus long parcours de l'eau : L ;
- pente du plus long parcours de l'eau : I ;
- lag time du bassin versant : K
- *remarque* : K peut se calculer à partir des caractéristiques du bassin versant ou se mesurer. (voir au verso différentes formules de calcul possibles).

Description rapide et mise en œuvre

- Le hyétogramme de pluie doit être discrétisé selon un pas de temps constant Dt, et se présenter sous la forme d'un tableau de valeur : $i_1, i_2, \dots, i_p, \dots$
- L'hydrogramme produit se présente également sous la forme d'un tableau de valeurs numériques (Q_{s_1}, Q_{s_2}, \dots), calculées par des relations de la forme :

$$Q_{s_{j+1}} = C1 \cdot Q_{e_{j+1}} + C2 \cdot Q_{s_j}$$

- Les termes C1, C2 sont constants pour un bassin versant et un événement donné ; ils dépendent du lag time K et du pas de temps Dt. (voir plus loin les formules de calcul). Les valeurs de débit de pluie nette, Q_{ei} , se déduisent des intensités de pluie, généralement par des relations très simples de la forme $Q_{ei} = C \cdot A \cdot i_i$

Contraintes et limites d'utilisation

- Ce modèle suppose une réponse linéaire (ou pseudo linéaire si le paramètre K dépend de la précipitation) du bassin versant.
- Il convient relativement bien pour des bassins versants urbains (imperméabilisation supérieure à 20%), équipés d'un système de drainage, petits (surface de quelques dizaines d'hectares) et homogènes.
- Son extension à d'autres cas est délicate et il est souvent préférable d'utiliser des modèles à plusieurs réservoirs.

Pour en savoir plus

- Deutsch et al : *memento sur l'évacuation des eaux pluviales urbaines* - STU - la documentation française - 1989 - 379p

Compléments ...

Modèle du réservoir linéaire

Les constantes C1 et C2 sont généralement calculées en intégrant les équations avant de les discrétiser. On obtient alors une forme exponentielle :

$$C2 = 1 - C1$$

$$C1 = e^{-Dt/K}$$

Le paramètre K peut être calculé à partir de l'une des formules suivantes :

$$K = c \frac{(L\sqrt{A})}{\sqrt{I}} \quad (0.6 < c < 1.8) \quad (\text{Linsley})$$

$$K = 1.4L^{0.24}I^{-0.16}IMP^{-0.26} \quad (\text{Normand})$$

$$K = 1.27A^{0.46}(1+IMP)^{-1.66}HE^{-0.27}TE^{0.29} \quad (\text{Sarma-Delleur-Rao})$$

$$K = 0.494A^{-0.0076}IMP^{-0.512}I^{-0.401}L^{0.608} \quad (\text{Desbordes})$$

$$K = 5.07A^{0.18}(1+IMP)^{-1.9}L^{0.15}HE^{-0.07}TE^{0.21} \quad (\text{Desbordes})$$

avec : A : surface du bassin versant ;
 L : plus long parcours de l'eau ;
 I : pente du plus long parcours ;
 IMP : pourcentage imperméabilisé ;
 HE : hauteur totale précipitée ;
 TE : durée de pluie.

Méthode

HO-12

Méthode stockage à n réservoirs**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|--------------|------------------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet de simuler la transformation pluie nette - débit à l'exutoire pour n'importe quel bassin versant et d'obtenir l'hydrogramme correspondant à une pluie quelconque.

Données nécessaires

- Caractéristiques des réservoirs (dépendent du type de réservoir utilisé, généralement obtenues par calage à partir de mesures).
- Les grandeurs utilisées sont :
 $Q_e(t)$: débit entrant dans le système ;
 $Q_s(t)$: débit sortant du système ;
 $V_s(t)$: volume stocké dans le système.

Description rapide et mise en œuvre

- Il s'agit d'une famille de modèle reposant sur deux équations de base :

L'équation de continuité qui traduit la conservation de la masse (donc du volume) :

$$\frac{dV_s(t)}{dt} = \sum Q_e(t) - \sum Q_s(t)$$

- Une ou plusieurs équations de stockage reliant le volume stocké au débit de sortie, au temps et éventuellement au débit d'entrée (par extension car dans ce cas il n'est pas possible de représenter le bassin versant par un réservoir équivalent).

Contraintes et limites d'utilisation

- Les modèles de ce type doivent être associés à une fonction de production fournissant un hydrogramme de pluie nette ($Q_e(t)$).
- Ils offrent un tel nombre de possibilités qu'il y a toujours une possibilité de les utiliser, quelles que soient les caractéristiques du bassin versant.
- Cependant, le nombre de modèles possibles est tel que le choix d'un modèle particulier relève du hasard, de la chance ou de l'expertise. Ces modèles sont donc difficiles à utiliser (sauf certains modèles particuliers : par exemple le réservoir linéaire).

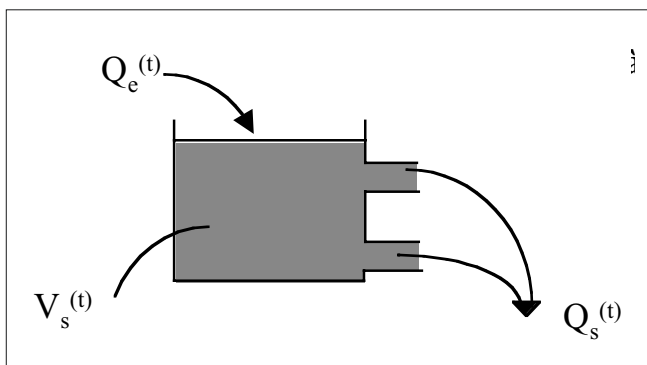
Pour en savoir plus

- Deutsch et al : *memento sur l'évacuation des eaux pluviales urbaines* - STU - la documentation française - 1989 - 379p

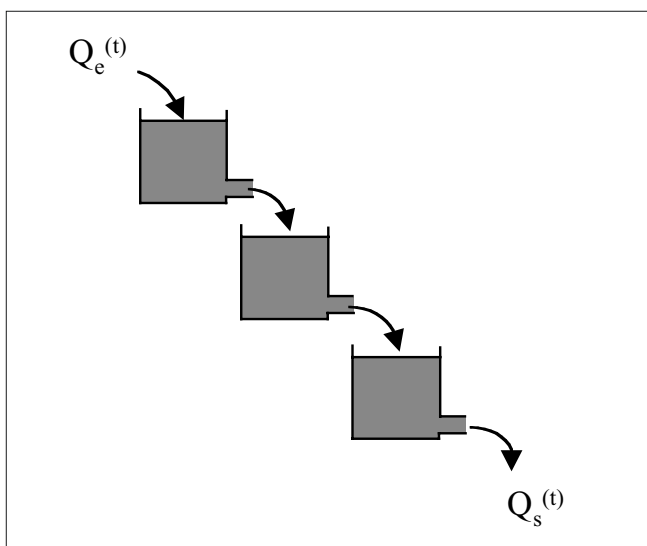
Compléments ...

2A

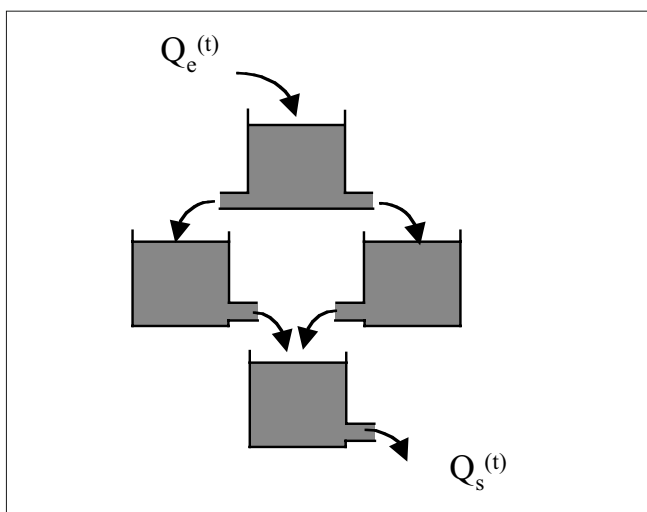
Méthode stockage à n réservoirs



Exemples de modèles à réservoirs



Réservoirs à plusieurs sorties



Réservoirs en série

Réservoirs en parallèle

2A

2 - Hydraulique

- HA-0 - Méthode de MUSKINGUM
- HA-1 - Equation de Barré de Saint Venant 1D implicite
- HA-2 - Equation de BSV 1D explicite
- HA-3 - Equation de BSV 2D
- HA-4 - Calcul Hydraulique en section paramétrée
- HA-5 - Méthode inondabilité
- HA-6 - Méthode du périmètre mouillé
- HA-7 - Détermination du débit réservé biologique

Méthode

HA-0

Méthode de MUSKINGUM**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet de calculer l'hydrogramme sortant d'un tronçon de rivière si l'on connaît l'hydrogramme qui y rentre ; le modèle MUSKINGUM représente le décalage temporel et l'amortissement.
- Ce modèle s'utilise généralement dans le cadre d'un programme informatique après décomposition du site d'étude en éléments de production (bassins versants sur lesquels on représente la transformation pluie-débit) et en éléments de transfert (tronçons de rivière homogènes).

Données nécessaires

- Temps moyen de transfert de l'onde dans le tronçon (lag time) : K
- *remarque* : K peut se calculer à partir des caractéristiques du tronçon (longueur, pente et rugosité), ou se mesurer.

Description rapide et mise en oeuvre

- L'hydrogramme d'entrée doit être discrétisé selon un pas de temps constant Dt, et se présenter sous la forme d'un tableau de valeur : $Q_{e_1}, Q_{e_2}, \dots, Q_{e_p}, \dots$
- L'hydrogramme de sortie se présente également sous la forme d'un tableau de valeurs numériques (Q_{s_1}, Q_{s_2}, \dots), calculées par des relations de la forme :

$$Q_{s_{i+1}} = C1 \times Q_{e_i} + C2 \times Q_{e_{i+1}} + C3 \times Q_{s_i}$$

- Les termes C1, C2 et C3 sont constants pour un tronçon et un événement donné; ils dépendent du lag time K, du pas de temps Dt et d'un paramètre (voir les formules de calcul dans les compléments)

Contraintes et limites d'utilisation

- Cette méthode peut conduire à des erreurs importantes dans le cas d'écoulements fluviaux ou dans le cas de fortes influences en aval. Elle doit être utilisée avec précaution pour des tronçons à pente faible. Elle peut également conduire à un écrêtement numérique excessif de l'hydrogramme si le pas de temps est mal choisi.

Pour en savoir plus

- Deutsch et al : *memento sur l'évacuation des eaux pluviales urbaines* - STU - la documentation française - 1989 - 379p

Compléments ...

Méthode de MUSKINGUM

$$Q_{s_{i+1}} = C1 \cdot Q_{e_i} + C2 \cdot Q_{e_{i+1}} + C3 \cdot Q_{s_i}$$

Avec :

$$C1 = (2 K \cdot \alpha) / (2 K \cdot (1 - \alpha) + Dt)$$

$$C2 = (Dt - 2 K \cdot \alpha) / (2 K \cdot (1 - \alpha) + Dt)$$

$$C3 = (K (1 - \alpha) / (2 K \cdot (1 - \alpha) + Dt)$$

α peut être choisi voisin de 0,8. En fait le modèle est assez peu sensible à ce paramètre.

K peut être approximé par la relation : $K = L/V$

Avec : L = longueur du tronçon ;

V = vitesse en régime permanent uniforme correspondant à un débit égal à 80 % du débit maximum de l'hydrogramme d'entrée.

V peut être calculée par les formules classiques de l'hydraulique (BAZIN, MANNING-STRICKLER, COLEBROOK), en fonction de la pente du tronçon, de la forme du profil en travers et de la rugosité.

Il est également possible de considérer K comme un paramètre numérique de calage.

Méthode

HA-1

Equation de Barré de Saint-Venant 1D implicite

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs
et domaine d'utilisation

- Calcule la propagation d'un écoulement dans un réseau hydrographique que l'on peut considérer comme linéaire (rivière) pour déterminer des temps de propagation, des hauteurs d'eau, des débits ... sous réserve que l'écoulement soit de type fluvial (nombre de Froude inférieur à 1).

Données nécessaires

- Topographie complète en géométrie réelle du lit de la rivière (mineur, moyen et majeur) et caractéristiques des ouvrages hydrauliques. Cela revient à disposer des profils en travers sous forme d'une relation abscisse-cote
- Conditions aux limites (hydrogrammes d'entrée et condition aval).
- Caractéristiques hydrauliques (rugosité) et données de calages observées (lignes d'eau) autant que possible.

Description rapide
et mise en œuvre

- Résolution des équations de Saint-Venant 1D (intégrées sur la section en travers) par une méthode numérique implicite en permanent ou en transitoire, c'est à dire en conditions variables dans le temps.
- Il calcul en tout point d'un réseau de biefs (il existe des modèles ramifiés et des modèles maillés) et à tout instant, des caractéristiques de l'écoulement $[h, V, S, Q]$ connaissant les conditions aux limites (en général hydrogramme à l'amont, limnigramme ou loi $Q=f(h)$ à l'aval) et la géométrie de la rivière.

Contraintes
et limites d'utilisation

- La mise en oeuvre fait obligatoirement appel à des codes de calcul informatique nécessitant un matériel et des opérateurs spécialisés. La puissance de calcul du matériel conditionne les applications possibles.
- Il est nécessaire d'avoir des données de qualité, dont la précision dépend du niveau de précision des résultats souhaités.
- Les hypothèses de base des équations de Saint-Venant doivent être respectées. La méthode de résolution ne permet pas les variations très brutales de l'écoulement ou les pentes longitudinales trop fortes ($>1\%$) ou des tirants d'eau trop faibles ($d_{50}/h < 0.1$).

Pour en savoir plus

- *Hydraulique générale et appliquée*, M. CARLIER, Eyrolles 1980.
- *Open Channel Hydraulics*, Ven Te Chow, McGraw Hill 1973.
- *Modélisation numérique d'un écoulement permanent dans un réseau hydraulique maillé à surface libre en régime fluvial*, JP BAUME, M POIRSON, La Houille Blanche n° 1-2/1984.
- Notices de présentation des logiciels.

Compléments ...

2A

Equations de Barré de Saint-Venant 1D implicite

- Le choix du logiciel lui-même dépend de considérations matérielles propres à chaque utilisateur.
- Le CEMAGREF utilise la chaîne TALWEG-FLUVIA (régime permanent), MAGE (régime transitoire) développé par ses équipes et commercialise ces codes. On peut aussi citer LIDO développé par le LNH d'EdF, ECOPER et CARIMA de SOGREAH et du LHF, SALMON F de WALLINGFORD, MIKE 11 du DANISH INSTITUTE et de nombreux autres codes...

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\beta \cdot Q^2}{S} \right) + g \cdot S \cdot \frac{\partial h}{\partial x} = g \cdot S \cdot \left(I - \frac{Q^2}{S^2 \cdot C^2 \cdot R_h} \right) + k \cdot q \cdot V$$

avec

x : abscisse curviligne

t : temps

Q : débit

q : apports latéraux

h : hauteur d'eau

S : section mouillée

I : pente longitudinale

R_h : rayon hydraulique

C : coefficient de Chézy

β : Coefficient de Qté de mouvement

Méthode

HA-2

Equation de Barré de Saint-Venant 1D explicite

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|--------------|------------------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Résolution des équations de Saint-Venant dans un réseau monodimensionnel par une méthode explicite qui permet la prise en compte de variations très brutales dans le temps. Calcul en régime fluvial et torrentiel.

Données nécessaires

- Identiques au modèle précédent.

Description rapide et mise en œuvre

- Le schéma de résolution numérique utilisé est explicite ce qui permet la prise en compte de situations particulières (front sec, ondes brutales) mais en contrepartie augmente considérablement les temps de calcul. Ce type de modèle est développé principalement pour le calcul de la propagation d'onde de rupture de barrage ou de crues éclairs dans des rivières torrentielles.

Contraintes et limites d'utilisation

- Le nombre de courant doit être inférieur à 1 ce qui entraîne des contraintes fortes sur le pas de temps et d'espace utilisé. Le calcul est couteux sur le plan informatique.
- Les contraintes liées à l'utilisation des équations de Saint-Venant restent valides (pente du fond < 1%, ...)
- Seul un opérateur spécialisé peut utiliser ce type de code.

Pour en savoir plus

- Cours de mécanique des fluides
- Notice d'utilisation des logiciels.

Equations de Saint-Venant

- Le système d'équation à résoudre est un système non linéaire nécessitant de faire appel à des modes de résolution explicite.
- Le choix du logiciel lui-même dépend de considérations matérielles propres à chaque utilisateur.
- Le CEMAGREF utilise RUBAR3 développé par ses équipes.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\beta \cdot Q^2}{S} \right) + g \cdot S \cdot \frac{\partial h}{\partial x} = g \cdot S \cdot \left(I - \frac{Q^2}{S^2 \cdot C^2 \cdot R_h} \right) + k \cdot q \cdot V$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

x : abscisse curviligne

S : section mouillée

 R_h : rayon hydraulique

h : hauteur d'eau

t : temps

I : pente longitudinale

C : coefficient de Chézy

Q : débit

q : apports latéraux

 β : Coefficient de Qté de mouvement

Méthode

HA-3

Equation de Barré de Saint-Venant 2D

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|--------------|------------------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Calculer des paramètres hydrauliques (hauteurs, vitesses, ...) en tout point d'un domaine de calcul bidimensionnel (horizontal : plaine d'inondation par exemple). Il existe des modèles en régime permanent ou transitoire, suivant des schémas implicites (variations lentes) ou explicites (variations brutales), ...

Données nécessaires

- Description topographique du domaine de calcul et définition des conditions initiales et aux limites du calcul : état initial, hydrogrammes, rugosité, conditions aval, ...

Description rapide et mise en oeuvre

- La mise en oeuvre de ces modèles pour obtenir une description bidimensionnelle des écoulements et de leurs caractéristiques fait appel à des outils de calcul très sophistiqués et nécessite des opérateurs spécialisés.

Equations de Saint-Venant

Dans le cas particulier d'une intégration sur la verticale des équations de Navier-Stokes

- Les modèles de résolution de ces équations sont implicites ou explicites selon les applications souhaitées. Largement utilisés dans le domaine maritime, les modèles 2D dits horizontaux, c'est à dire intégrés sur la verticale, le sont moins couramment dans le domaine fluvial étant donné le caractère le plus souvent filaire des écoulements en rivière. On y fera appel dans certains cas particuliers (zoom nécessaire sur une situation locale spécifique) après une analyse approfondie de la nécessité de cette modélisation.
- Leur mise en oeuvre est plus délicate que les modèles 1D et nécessite des matériels performants.
- Le choix du logiciel lui-même dépend de considérations matérielles propres à chaque utilisateur et des outils disponibles.

Contraintes et limites d'utilisation

- Très gourmands en données nécessaires et en moyens de calcul, l'appel à de tels modèles est réservé à des cas spécifiques tels que la propagation d'onde de rupture de barrage sur des domaines très plats, le calcul de champ de vitesse dans une plaine d'inondation sensible, ou les caractéristiques locales à proximité d'un ouvrage, ...

Pour en savoir plus

- Cours de mécanique des fluides.
- Notices d'utilisation des logiciels.

2A

- Le CEMAGREF utilise RUBAR 20 développé par ses équipes. Le LNH utilise TELEMAR 2D, le STCPMVN le logiciel REFLUX, le Danish Institute MIKE21, ...

$$\frac{\partial h}{\partial x} V_x + \frac{\partial h}{\partial y} V_y + \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} V_x + \frac{\partial}{\partial x} (\beta_x h V_x^2) + \frac{\partial}{\partial y} (h V_x V_y) + g h \frac{\partial (h + Z_f)}{\partial x} = f_H g \frac{V_x V}{C^2} + K \Delta V_x$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} V_y + \frac{\partial}{\partial y} (\beta_y h V_y^2) + \frac{\partial}{\partial x} (h V_x V_y) + g h \frac{\partial (h + Z_f)}{\partial y} = -f_H g \frac{V_y V}{C^2} + K \Delta V_y$$

x, y : coordonnées

t : temps

h : tirant d'eau

V : module de la vitesse

 Δ : opérateur Laplacien

C : coefficient de Chézy

 β_x, β_y : coef. de qté de mouvement V_x, V_y : composantes de la vitesse

K : viscosité moléculaire + turbulence

Méthode

HA-4

Calcul Hydraulique en section paramétrée

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Réaliser des calculs hydrauliques rapides sur des sections géométriques en régime permanent (non variable dans le temps) pour estimer rapidement des hauteurs d'eau ou des débits dans des ouvrages, des lignes d'eau Formule de Manning-Strickler, formule de déversoir, de vanne, formule d'Euler pour la courbe de remous, ...

Données nécessaires

- Caractéristiques géométriques des ouvrages ou des sections de travail.
- Caractéristiques hydrauliques (coefficient de débit des ouvrages, coefficient de rugosité)

Description rapide et mise en œuvre

- Ces modèles rassemblent sous une forme simple d'utilisation les principales formules hydrauliques permettant de faire des calculs en régime uniforme voire en régime graduellement varié dans des canaux de section géométrique (rectangulaire, trapézoïdale, etc.) pour effectuer des calculs simples et rapides.

Contraintes et limites d'utilisation

- Ne permettent que de calculer des ordres de grandeur lorsqu'ils sont appliqués pour modéliser des écoulements en milieu naturel dans des géométries irrégulières.
- Ils permettent de faire rapidement des estimations de grandeurs hydrauliques très intéressantes pour tester le fonctionnement de certains aménagements.

Pour en savoir plus

- *Manuel d'hydraulique générale*, A. LENCASTRE, Coll. DER EdF, Ed. EYROLLES.
- *Abaques de calcul d'hydraulique à surface libre*, CTGREF, 1979 (texte+abaques)
- *CANAL9, Notice d'utilisation*, CEMAGREF 1993

Compléments ...

2A

Calcul Hydraulique en section paramétrée

Equation du régime uniforme, formule de Manning Strickler :

$$Q = K \cdot S \cdot R_H^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Q : débit
 K : Strickler
 S : section mouillée
 R_H : rayon hydraulique
 I : pente du profil en long

Equation d'un déversoir :

$$Q = \mu \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$$

Q : débit
 μ : coef. de débit
 L : largeur du déversoir
 h : hauteur d'eau au dessus du seuil

Equation d'une vanne :

$$Q = C_d \cdot S \cdot \sqrt{2gh}$$

Q : débit
 C_d : coef. de débit
 S : section hydraulique
 h : hauteur d'eau au dessus du seuil

Equation de la courbe de remous, déduite des équations d'Euler :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{I - \frac{Q^2}{K^2 S^2 R_H^{4/3}}}{1 - \frac{Q^2 L}{S^3 g}}$$

x : abscisse curviligne
 h : hauteur d'eau
 S : section mouillée
 L : largeur au miroir
 g : accélération de la pesanteur
 R_H : rayon hydraulique
 C : Coefficient de Chézy
 (= $K R_H^{1/6}$ avec K coef. Strickler)

Etc..

Le choix des paramètres et des grandeurs hydrauliques à prendre en considération est éclairé par les règles que l'on trouve dans les manuels d'hydraulique générale.

Certains logiciels comme le logiciel CANAL9, conçu et diffusé par le CEMAGREF, réalisent ces calculs avec une interface didactique rappelant les principes généraux de l'hydraulique.

Méthode

HA-5

Méthode inondabilité**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Méthode de synthèse ayant pour but de quantifier objectivement les risques d'inondation le long des cours d'eau tout en donnant les schémas d'aménagement possibles et les bases d'une négociation nécessaire pour améliorer la situation. Elle relève d'une approche volontairement globale et intégrée au niveau du bassin versant.

Contraintes et limites d'utilisation

- La méthode elle-même est très souple d'utilisation et adaptable à différentes échelles et à différents types d'écoulements. Sa mise en oeuvre pratique fait appel à des outils plus ou moins sophistiqués selon le degré de précision recherché.

Pour en savoir plus

- *Documentation auprès de la Division Hydrologie - Hydraulique* du CEMAGREF de Lyon.
- *INONDABILITE, Cartographie de synthèse, rapport du X^e Plan Etat-Région Rhône Alpes, Thème risque naturel en montagne, Crues en rivière et inondations en vallée*, CEMAGREF, 100p., Dec. 1992 (+ une cassette vidéo diffusée par le LHF à Grenoble).

Données nécessaires

- Mise en oeuvre complémentaire des outils hydrologiques, hydrauliques et cartographiques dans un ensemble cohérent. Les données nécessaires à chacun de ces domaines doivent être disponibles : les différents régimes de crue, la topographie des lits du cours d'eau, l'occupation du sol, enquête socio-économique pour une première estimation du risque maximal acceptable, ...

Description rapide et mise en oeuvre

- Par une prise en compte parallèle de l'aléa d'inondation, décrit par l'hydrologie et l'hydraulique du cours d'eau, et de la vulnérabilité liée à l'occupation du sol, actuelle ou future, on classe les parcelles en fonction de leur situation de risque (sous- ou sur-protégée), ce dernier étant quantifié objectivement. La présentation cartographique des résultats est accessible à tous. L'effet des aménagements proposés peut-être testé de la même manière pour éviter des effets induits négatifs non identifiés.

Compléments ...

Méthode inondabilité

La prise en compte globale du bassin versant nécessite une sensibilisation au risque d'inondation de toutes les collectivités territoriales concernées. Une étude hydrologique détaillée permet de déterminer les apports dus à chaque sous bassin versant pour toute durée-fréquence de débit (du non débordant au «déluge»). Une analyse de l'occupation du sol permet de caractériser chaque parcelle par un objectif de protection adapté à son usage. Une modélisation hydraulique des crues de différentes fréquence permet d'estimer le risque d'inondation de chaque parcelle, et de tester les aménagements possibles. La synthèse de ces informations confrontant l'objectif de protection et le risque d'inondation de chaque parcelle au moyen de cartes colorées permet de bien visualiser l'état du bassin versant et l'effet des aménagements. Elle délimite en particulier les zones à crédits et les zones à déficit de protection, ce qui donne des éléments objectifs de négociation avec les occupants du lit majeur concerné.

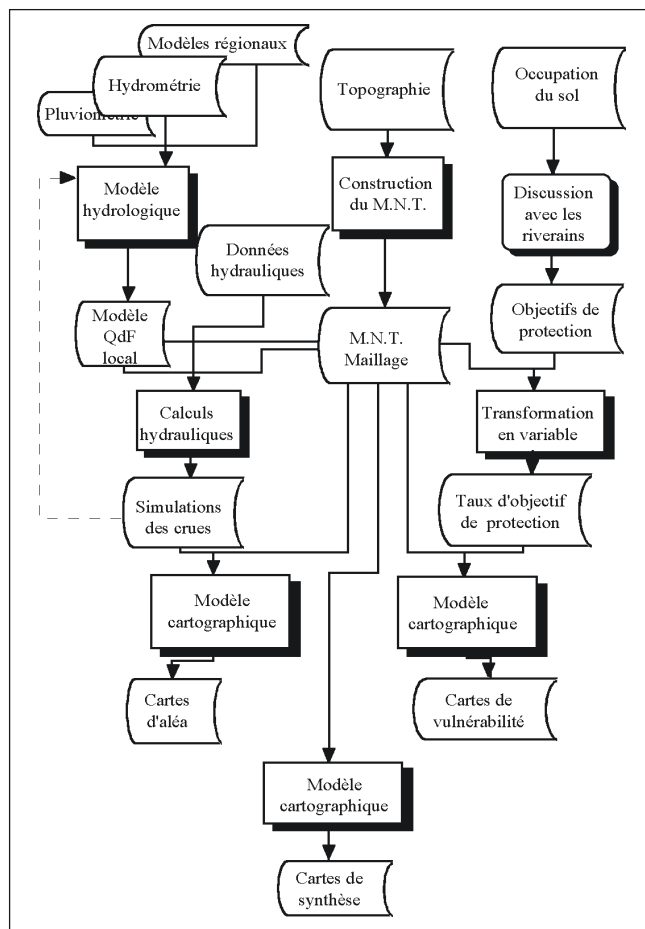


Figure 2.1 : Inondabilité : Organigramme général

Elle oblige les riverains à afficher un niveau de protection non total, voire même modeste, ce qui leur impose un comportement civique (solidarité inter propriétaires et inter collectivités) qui n'est pas encore habituel. Ce modèle contribue à la tendance actuelle à créer une «responsabilité environnementale individuelle». Cet effort peut faire l'objet de mesures de compensation, voire de contrats et de rémunération, à négocier dans le cadre des règles disponibles qui sont potentiellement suffisantes.

Il est nécessaire de mettre en place des procédures de négociations si l'on veut passer à une phase d'aménagement qui, comme cela a toujours été le cas, mais cette fois avec un affichage explicite (et non plus une réalité cachée), mesure et localise (cartographie quantifiée) l'aggravation des contraintes hydrauliques sur certaines parcelles pour pouvoir alléger ces mêmes contraintes sur les autres parcelles. Les procédures existantes dans d'autres cas (calamités agricoles, assurance catastrophe naturelle, par exemple) n'ont jamais été utilisées dans un processus d'aménagement et nécessitent au moins une adaptation.

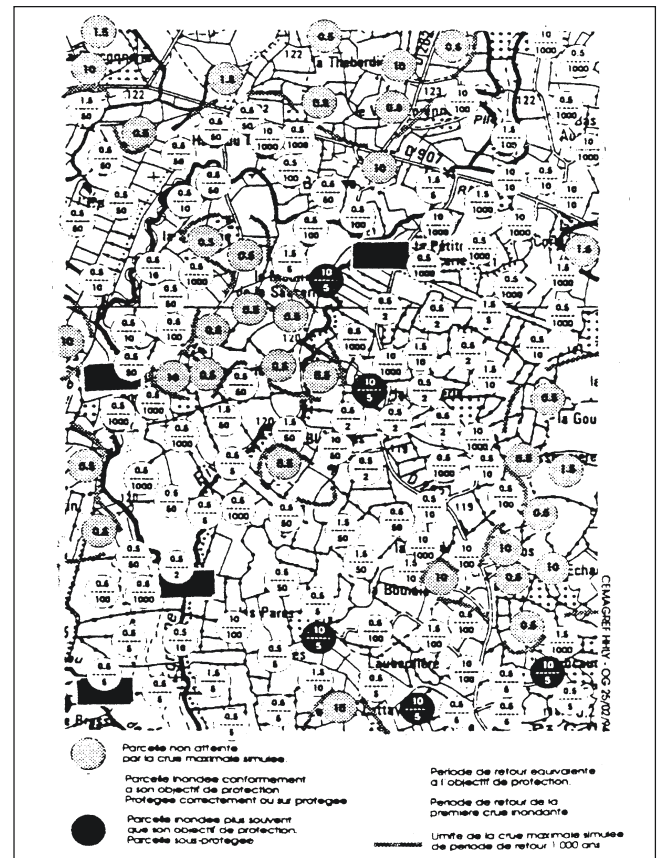


Figure 2.2 : Exemple d'application

2A

Méthode

HA-6

Méthode du périmètre mouillé**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet le calcul d'un débit réservé tenant compte de particularités locales.

Données nécessaires

- Profils en travers et pentes de la rivière.

Description rapide et mise en oeuvre

- Cette méthode postule l'existence d'une relation directe entre les habitats piscicoles et le périmètre mouillé des sections du cours d'eau. Le périmètre mouillé est calculé à partir de trois paramètres :
 - la vitesse ;
 - la profondeur ;
 - la nature du substrat.
- Le calcul est effectué à l'aide d'un modèle hydraulique (en général équation de Manning). On trace la courbe périmètre mouillé en fonction du débit et l'on cherche le point d'inflexion de cette courbe. Ce point correspond au débit pour lequel l'eau cesse de toucher les berges, pour n'occuper que le fond du lit.
- C'est cette valeur de débit qui est recommandée comme débit de maintien biologique.

Contraintes et limites d'utilisation

- permet d'adapter le débit réservé aux particularités locales.
- plus lourde à mettre en oeuvre que la méthode du Montana.
- nécessite un recueil de données plus important.
- Débit réservé défini à partir des courbes (l'observation graphique induit des chiffres légèrement différents d'un expert à l'autre).

Méthode

HA-7

Détermination du débit réservé biologique**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|----------------|------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet de trouver une valeur de débit réservé compatible avec le maintien de la diversité de la faune benthique.

Données nécessaires

- cartographie de l'écoulement dans un cours d'eau et étude de la répartition de trois classes de vitesses en fonction du débit. On cherche un DRB tel que les trois classes de vitesses F1, F2 et F3 soient à peu près équitablement réparties.

(0 cm/s < F1 < 30 cm/s < F2 < 80 cm/s < F3)

Description rapide et mise en œuvre

- Mesure des vitesses de courant en surface sur une succession de profils en travers et basée sur des données biologiques identifiant des cartes faunistiques différentes dans les trois classes de vitesses précédentes.
- S'appuie sur la notion d'optimum faunistique dans l'hétérogénéité maximale de l'habitat.

Contraintes et limites d'utilisation

- Applicable pour des cours d'eau à forte pente (1 à 5%) et nécessite de faire plusieurs mesures à différents débits. Pour cela on préfère l'utiliser sur des cours d'eau où l'on peut moduler facilement le débit (aval de barrages).
- Accessible à des équipes de terrain peu nombreuses.
- Ne prend en compte que la faune invertébrée et pas les poissons.
- Ne prend pas en compte la variabilité des débits (rôle des crues et étiages) dans le maintien de la biodiversité.

Pour en savoir plus

- *Open Channel Hydraulics*, Ven Te Chow, McGraw Hill, 1973.
- Baume J.P., Poirson M., *Modélisation numérique d'un écoulement permanent dans un réseau hydraulique maillé à surface libre en régime fluvial*, La Houille Blanche, n° 1-2, 1984.

2A

2A

3 - Hydrogéologie

- HG-0 - Modèle de nappe
- HG-1 - Pompage d'essais
- HG-2 - Utilisation d'invertébrés dans l'évaluation des échanges nappe-rivière

Méthode

HG-0

Modèle de nappe

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Modéliser le fonctionnement d'une nappe souterraine en fonction des conditions aux limites et des contraintes imposées, comme par exemple les échanges avec un cours d'eau proche ou des pompages.

Données nécessaires

- le calage de ce type de modèle n'est précis que si l'on dispose de suivis piézométriques locaux qui permettent de valider les coefficients de transmissivité et de stockage utilisés.

Description rapide et mise en œuvre

- Certains modèles permettent le calcul des échanges entre la nappe et 1 ou plusieurs cours d'eau. Il faut pour cela connaître :
 - l'évolution du coefficient d'échange $[T^{-1}]$ le long du cours d'eau,
 - quelques épisodes transitoires de fluctuation des niveaux de la rivière et de la nappe pour caler le coefficient de diffusivité hydraulique (T/S avec T : transmissivité et S : coefficient d'emmagasinement), qui traduit l'inertie du système nappe-cours d'eau.
 - Ces modèles utilisent des moyens informatiques puissants et nécessitent des opérateurs spécialisés capables de les mettre en oeuvre et connaissant leurs limites d'utilisation.

Contraintes et limites d'utilisation

- Nécessité d'avoir une information locale pour le calage du modèle.
- Ces modèles sont utilisés pour connaître les réponses d'une nappe à des contraintes extérieures mais ne permettent pas toujours de connaître des effets très ponctuels en l'absence de mesures spécifiques.

Pour en savoir plus

- Recking, 1992. *Etude de la représentation des interactions nappe-rivière en modélisation bidimensionnelle plane* - Mémoire de 3^e année ENITRTS - Strasbourg

Méthode

HG-1

Pompage d'essais**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Diagnostiquer l'existence ou l'absence d'une liaison hydraulique entre une nappe alluviale et un cours d'eau.

Données nécessaires

- Evolution du rabattement du niveau piézométrique en fonction du temps de pompage (à débit constant) dans un sondage de type piézométrique situé à proximité des berges.

Description rapide et mise en oeuvre

- Les paramètres fournis sont la transmissivité moyenne T_m et le coefficient d'emmagasinement moyen S_m de la tranche de milieu poreux situé entre le puits et la berge. Plus la diffusivité moyenne $a = T_m/S_m$ est importante, plus vite et plus fort la nappe réagira à une sollicitation du cours d'eau lors d'une modification de son niveau.
- La mise en oeuvre nécessite la réalisation d'un sondage équipé de crépines à l'aplomb de l'aquifère, et d'un matériel de pompage approprié.

Contraintes et limites d'utilisation

- Il s'agit d'une méthode plus qualitative que quantitative. Elle est en général associée à d'autres méthodes permettant de quantifier les échanges nappe-rivière comme la mesure des vitesses par tranche dans le piézomètre, l'analyse des fluctuations piézométriques dans le temps, nécessaire au calage des paramètres de modélisation numérique, et des méthodes hydro-biologiques.

Pour en savoir plus

- Durbec A., Leduc C. 1988. *Etude hydrogéologique de l'île du Grand Gravier et de la basse vallée du Garon*. Rapport CEMAGREF, Lyon
- Lafont M., 1989. *Contribution à la gestion des eaux continentales : utilisation des oligochètes comme descripteurs de l'état biologique et du degré de pollution des eaux et des sédiments*. Thèse de doctorat d'Etat ès Sciences, UCB Lyon I

2A

Méthode

HG-2

Utilisation d'invertébrés dans l'évaluation des échanges nappe-rivière

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en oeuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Prendre en considération des organismes vivants, plus particulièrement les oligochètes benthiques, susceptibles de signaler et de décrire les zones d'échanges actifs entre les hydrosystèmes souterrains et superficiels.

Description rapide et mise en oeuvre

- La méthode postule la relation directe entre le nombre d'individus d'une espèce donnée d'oligochètes benthiques et l'importance des échanges nappe-rivière ou/et l'indice d'un secteur pollué.
- La mise en oeuvre simple consiste à effectuer des relevés qualitatifs des invertébrés avec estimation empirique de l'abondance.
- Utilisée au droit de plusieurs champs captants, elle a montré que l'augmentation des pourcentages de *Phalodrilus* et de *Cernovitoviella* décrivait les zones d'échanges actifs, et que *Priparius* se révélait une espèce résistante aux rejets industriels.

Contraintes et limites d'utilisation

- Il s'agit d'une méthode qualitative nécessitant une mise en oeuvre simple et peu coûteuse. Elle est en cours de validation, notamment par association avec d'autres méthodes permettant de quantifier les échanges nappe-rivière comme les pompages d'essai, la mesure des vitesses par tranche dans le piézomètre, l'analyse des fluctuations piézométriques dans le temps, nécessaire au calage des paramètres de modélisation numérique.

Pour en savoir plus

- Durbec A., Leduc C. 1988. *Etude hydrogéologique de l'île du Grand Gravier et de la basse vallée du Garon*. Rapport CEMAGREF, Lyon
- Lafont M., 1989. *Contribution à la gestion des eaux continentales : utilisation des oligochètes comme descripteurs de l'état biologique et du degré de pollution des eaux et des sédiments*. Thèse de doctorat d'Etat ès Sciences, UCB Lyon I

4 - Géomorphologie et Morphodynamique

- GM-0 - Analyse du profil en long de la rivière
- GM-1 - Evaluation de la capacité d'écoulement
- GM-2 - Evaluation de la capacité de transport
- GM-3 - Modélisation du transport solide
- GM-4 - Définition et évolution des styles fluviaux
- GM-5 - Définition et évolution de la bande de méandrage
- GM-6 - Diagnostic cartographique de l'état géomorphologique
- GM-7 - Analyse causale de l'évolution morphodynamique

Méthode

GM-0

Analyse du profil en long de la rivière

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Concerne le plus souvent les rivières à fond mobile sur alluvions dans la mesure où le profil en long est en équilibre avec les autres variables géomorphologiques.
- Permet de déterminer une sectorisation amont-aval de la rivière intéressant directement le gestionnaire.
- Permet d'étudier l'évolution de l'altitude du fond du lit et de diagnostiquer l'ampleur du phénomène d'incision (très important dans le cas des rivières ayant subi des extractions en lit mineur).

Données nécessaires

- Tous les profils en long ou en travers actuels et anciens disponibles.
- Des données supplémentaires, telles que des débits de fréquence Q_{15} ou des débits à plein bord, peuvent permettre d'affiner l'approche.

Description rapide et mise en œuvre

- **Approche préconisée**
 - le mieux est de normaliser la démarche et de retenir une valeur minimale altitudinale, à partir du profil en long levé sur le terrain, tous les 250, 500, voire 1000 m.
 - noter néanmoins toutes les ruptures de pentes majeures observées sur le profil en long.
- **Typologie des secteurs**
 - calculer les pentes sur les sections définies auparavant;
 - calculer la puissance spécifique $\frac{(qgQS)}{L}$ si les données sur des débits à plein bord et la largeur du lit sont disponibles ;
 - définir en fonction de seuils visuels, les différents secteurs géomorphologiques.

• Diagnostic de l'incision

- caler les différents profils disponibles les uns par rapport aux autres ;
- comparer sur chacune des sections définies l'altitude des différents profils et déterminer la valeur de l'enfoncement ;
- si la largeur de la rivière est connue, il est possible d'estimer sommairement le volume de sédiments déstockés.

Contraintes et limites d'utilisation

- Les limites sont liées aux données disponibles. Il est impossible de faire un diagnostic de l'incision si l'on ne possède pas au moins deux profils ;
- Les relevés disponibles ne sont souvent pas effectués au même endroit et pour une même ligne d'eau (débits variables). Parfois, il s'agit du profil en long du fond du lit ;
- Tenir compte de la dynamique de la rivière. Quand celle-ci a une tendance à migrer latéralement, la position d'un point de relevé peut changer de place, sur un transect donné, d'une date à l'autre. La longueur du chenal en eau peut également se modifier sur une période donnée ;
- La marge d'erreur concernant le calage des profils les uns par rapport aux autres est d'autant plus élevée que la pente du cours d'eau est forte ;
- L'utilisation est optimale pour des cours d'eau à faible dynamique latérale et à pente faible à moyenne.

Pour en savoir plus

- Revue de Géographie de Lyon : *Enfoncement des lits fluviaux : processus naturels et impacts des activités humaines* - vol. 69, 1-1194.

Méthode

GM-1

Evaluation de la capacité d'écoulement d'une section**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|----------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet d'évaluer les débits morphogènes (à plein bord) dont la fréquence de retour est un élément important en terme de gestion.

Données nécessaires

- Profils en travers et pente de la rivière

Description rapide et mise en œuvre

- Les débits les plus efficaces pour le transport des sédiments et le façonnement des lits fluviaux sont voisins du plein bord et ne correspondent donc pas aux événements extrêmes. Ils ont été évalués en terme de période de retour de 1 à 3 ans sur un grand nombre de rivières avec une valeur modale de 1,5 ans.
- L'idée est de confronter le débit à plein bord théorique avec le débit à plein bord réel. C'est un indicateur important :
 - des impacts subis par la rivière,
 - de sa stabilité.

- La formule générale communément utilisée pour estimer un débit à partir de la géométrie du lit est celle de Manning-Strickler.

$$Q = V \times S \text{ avec } V = 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

où Q est le débit en $m^3 \cdot s^{-1}$, V, la vitesse de l'eau en m/s et S le secteur mouillé en m^2 , où I est la pente du radier (en m/m) et R, le rayon hydraulique (S/P c'est-à-dire le rapport section mouillée/périmètre mouillé). n enfin peut être défini comme un coefficient de rugosité.

$$n = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6) n_6$$

avec

- n_1 caractérisant le fond et les bords du lit,
- n_2 caractérisant les irrégularités du fond et des bords du lit,
- n_3 caractérisant la variation de formes et de dimensions de la section mouillée,
- n_4 caractérisant l'obstruction de la section mouillée,
- n_5 caractérisant la végétation aquatique,
- n_6 caractérisant l'importance des méandres.

Contraintes et limites d'utilisation

- La valeur de n intervient grandement dans la détermination du débit de projet. Aussi, son estimation doit être effectuée avec la plus grande prudence.

2A

Méthode

GM-2

Evaluation stationnelle de la capacité de transport d'une section**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|----------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet si nécessaire de choisir le type de protection de berges.
- Permet d'évaluer le débit solide et l'autorestauration potentielle d'une rivière ayant été incisée à la suite d'extractions ou autres impacts.

Données nécessaires

- Profils en travers et pente de la rivière
- Taille des sédiments

Description rapide et mise en œuvre

- L'entraînement et le transport des sédiments dans le cours d'eau est fonction des relations entre la force de cisaillement au fond et sur les berges et la taille et la densité des particules. Pour qu'il y ait transport, il est nécessaire de dépasser un seuil de telle sorte que les forces de cisaillements excèdent les forces de résistance. Il s'agit donc d'évaluer la force tractrice ou force de cisaillement (t) exercée sur le fond du lit et qui détermine l'entraînement des sédiments :

$$t = r R S \text{ (en } N \cdot m^{-2} \text{)}$$

où r = poids unitaire de l'eau (10000 N/m^3), R = rayon hydraulique, et S = pente du cours d'eau

- Ce résultat est à comparer à la force tractrice critique t_0 défini comme étant la force tractrice à partir de laquelle les matériaux de fond commencent à se déplacer.

Pour les matériaux grossiers et non cohérents, la formule la plus commune est la suivante :

$$t_0 \text{ (N/m}^2\text{)} = 8 d_{75}$$

où t_0 est la force tractrice critique sur le fond et d_{75} est le diamètre correspondant à 75 % des matériaux de diamètre inférieur sur la courbe granulométrique cumulée.

- Ces deux formules permettent d'estimer la capacité de transport par charriage sur le lit par unité de largeur à l'aide de la formule de Meyer-Peter, la formule de base étant la suivante :

$$q_s = C (t - t_0)^{3/2}$$

où q_s désigne le débit solide par mètre de largeur, t la force tractrice, t_0 la force tractrice critique et C , une constante (1,29 en unité MKS).

Contraintes et limites d'utilisation

- L'effet de sinuosité du cours d'eau n'est pas pris en compte dans ces formules, or la force d'arrachement est plus grande dans la courbe externe d'un méandre que dans la courbe interne.
- La formule de la force tractrice critique n'est applicable que pour des matériaux non cohérents. Les limons montrent une grande résistance à l'érosion en raison de la cohérence de ses particules.

Méthode

GM-3

Modélisation du transport solide**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|--------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Cette approche cherche à quantifier les phénomènes de transport solide et de dynamique fluviale pour prévoir l'évolution géomorphologique des cours d'eau et l'effet des aménagements sur le lit des rivières.

Données nécessaires

- La connaissance de l'hydraulique du cours d'eau et les résultats d'un modèle de calcul hydraulique. A cela il faut rajouter une information concernant le substrat : granulométrie du fond, cohésion, ...

Description rapide et mise en œuvre

- On assure un couplage explicite ou non des formules de transport solide existant dans la littérature spécialisée avec le calcul hydraulique. Celui-ci peut-être auparavant globalisé ou non suivant l'application que l'on veut en faire.
- La littérature spécialisée donne plusieurs équations permettant de modéliser les phénomènes de transport solide (charriage et suspension). On peut citer les plus connues : Meyer-Peter-Müller, Engelund-Hansen, Einstein-Brown, ... Leur champ d'application est plus ou moins bien défini et complémentaire. Il est nécessaire de prendre toutes les précautions d'usage avant de les appliquer. Le domaine du transport solide et de sa modélisation relève encore largement du domaine de la recherche même si des modèles pré-opérationnels existent déjà et donnent des résultats encourageants.

$$(1 - \rho) \cdot \frac{\partial S_s}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

x : abscisse curviligne

t : temps

Q : débit solide

 S_s : terme source

C : concentration ou température

 ρ : coefficient de dispersion

- Un important programme français de modélisation des rivières à fond mobile impliquant la plupart des différents acteurs travaillant dans ce domaine est en cours. Mais les mécanismes de base sont encore largement méconnus et font l'objet de recherche fondamentale dans le monde entier.
- Les problèmes de déstabilisation des lits et de gestion des sédiments dans les rivières nécessiteraient une meilleure connaissance de ces phénomènes mais des méthodes d'analyse objective sont déjà disponibles, utilisant ces équations.

Contraintes et limites d'utilisation

- La complexité des phénomènes mis en jeu dans l'interaction entre l'eau et les sédiments rendent ces outils délicats à utiliser. Un premier niveau d'application relativement simple sous des hypothèses d'écoulement uniforme et permanent est possible dans certain cas. Les données nécessaires sont rarement disponibles en grande quantité et les données de calage généralement inexistantes en raison de la difficulté à mesurer ces phénomènes. Aussi, seuls des opérateurs spécialisés peuvent prétendre à mettre en œuvre efficacement ces méthodes.
- L'utilisation de ces modèles pour quantifier les phénomènes ne dispense pas d'utiliser une approche plus descriptive ou qualitative de la géomorphologie.

Pour en savoir plus

- *Dynamique fluviale*, JC LEBRETON, EYROLLES 1974
- *Principles of river engineering, the non-tidal alluvial rivers*, P. Jansen and al., PITMAN, 1979.
- *fluvial forms and process*, D. Knighton, Edward Arnold ed., 1984.
- *Erosion et transport solide en rivière, tome 1 : guide pour la compréhension des phénomènes*, P. Ramez, Cemagref collection études GMA, n° 8, 1995.

2A

Méthode

GM-4

Définition et évolution des styles fluviaux

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Les différents tracés en plan d'une rivière ont été classés en fonction du nombre de chenaux et d'un indice de sinuosité. Quatre types ou styles fluviaux élémentaires sont distingués (voir figure ci-dessous).
- L'objectif est donc de :
 - définir le style fluvial pour permettre de diagnostiquer rapidement le fonctionnement physique de la rivière (énergie potentielle). Le style en tresses se développe par exemple sur un plancher alluvial avec une forte pente, une charge de fond abondante et un régime hydrologique contrasté.
 - définir une tendance géomorphologique à partir d'une analyse diachronique. Ceci est fondamentale pour mettre en évidence des impacts et choisir des scénarii de gestion de l'érosion des berges.

Données nécessaires

- Le style fluvial est étudié à partir de documents divers : photographies aériennes, cartes anciennes, cadastre ancien et rénové, ...

Contraintes et limites d'utilisation

- Pour conduire une étude représentative et définir une tendance fine, calée dans l'espace et dans le temps, il est nécessaire d'avoir le plus grand nombre possible de documents, notamment anciens (XIXème).
- Une telle étude est d'autant plus difficile à conduire que le cours d'eau est petit.

Pour en savoir plus

- Leopold L.B. et Wolman M.G., 1957 : *River channel patterns - Braided, meandering and straight*. U.S. Géol. Survey. Prof. Paper - 282 B.
- Rust B.R.I., 1978 : *A classification of alluvial channel systems in fluvial sedimentology*. Miall A.D. Ed., Can. Soc. Petr. Géol. Mem., 5 : 187 - 198.
- Church M., 1992, "Channel morphology and typology" in P. Calow and G.E. Petts "The river handbook: hydrological and ecological principles", Oxford, Blackwell scientific publications, pp. 126-143.

Compléments ...

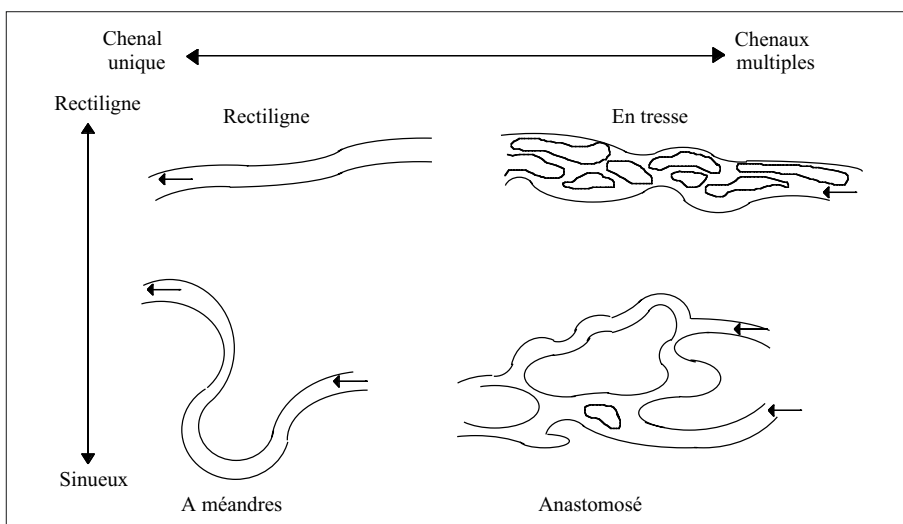


Figure 2.7 : Types de styles fluviaux selon les critères de sinuosité et de multiplicité des chenaux (classification de Rust, 1978)

Définition et évolution des styles fluviaux

Description rapide et mise en œuvre

La caractérisation du style fluvial et la description des variations spatiales et temporelles de la géométrie interne des chenaux s'appuient sur plusieurs paramètres morphométriques semi-quantitatifs (figure suivante) : indices de sinuosité et de tressage, largeur de la bande active.

• Largeur de la bande active

L'intensité de l'activité peut être appréhendée par un premier indice morphométrique facilement mesurable : la largeur de la bande active. Celle-ci est définie comme étant la largeur du lit parcouru par un ou plusieurs chenaux actifs enserrant des bancs non végétalisés. Il est nécessaire d'établir pour chaque cours d'eau un «point zéro» à partir duquel sera mesurée, tous les 500 m, cette largeur perpendiculairement à l'axe du lit. L'absence de végétation sur les bancs est révélatrice de submersions régulières (tous les ans ou tous les 1,5 ans).

• Taux de sinuosité

Le taux de sinuosité est le rapport entre la longueur du talweg et la longueur de la vallée. Le seuil théorique de 1,5 sépare les rivières à méandres des rivières sinueuses. Un problème se pose lorsque la rivière est à chenaux multiples. Deux autres définitions utilisées :

- le rapport longueur du bras le plus sinueux/longueur de l'axe de la bande active ;
- le rapport longueur du bras principal/longueur de l'axe de la bande active.

• Taux de tressage

Le taux de tressage est défini comme le rapport entre la longueur totale des bras et la longueur de la bande de tressage.

- Les taux de tressage ou de sinuosité peuvent être étudiés par sections de cours d'eau comme la largeur de la bande active. Une étude comparée des représentations graphiques de ces valeurs pour chaque date retenue permet un diagnostic de la tendance géomorphologique. Parfois, un changement de style est observé.

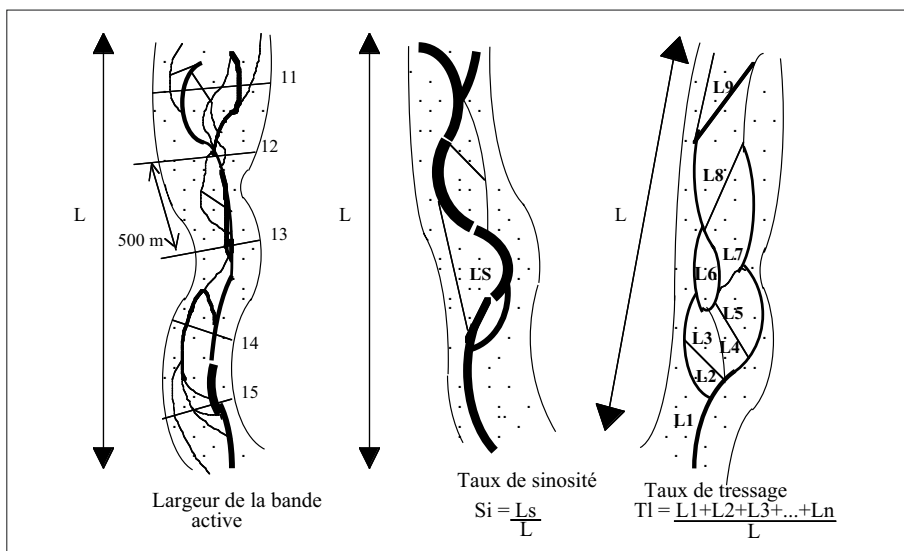


Figure 2.8 : Définition de la largeur de la bande active, du taux de sinuosité et du taux de tressage.

Méthode

GM-5

Définition et évolution de la bande de méandrage**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|----------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Cette analyse ne porte que sur les rivières à dynamique latérale active : généralement les rivières à méandres. Néanmoins, la méthodologie peut également s'appliquer aux rivières en tresses ou à sinuosité active.
- Elle est employée pour définir un zonage «érodabilité», c'est à dire l'espace nécessaire au bon fonctionnement géomorphologique de la rivière. Elle concerne les vallées où l'érosion des berges est un risque au niveau foncier. Il s'agit de proposer des mesures de recul ou d'adaptation concertées.
- L'objectif est :
 - de définir la bande de méandrage de la rivière à partir d'un diagnostic diachronique ;
 - de mettre en évidence l'évolution de la dynamique des méandres. Quelle est la tendance (régressive, progressive), la direction préférentielle, les vitesses, ...

Données nécessaires

- Le style à méandres, comme tous les styles fluviaux, est étudié à partir de documents photographiques ou cartographiques.

Contraintes et limites d'utilisation

- Voir les remarques concernant l'étude du style fluvial. Les limites sont liées à la taille de la rivière et aux sources disponibles.

Description rapide et mise en œuvre**• Définition de la bande de méandrage**

- Elaboration de cartes analytiques à la même échelle : chacune donne le tracé en plan de la rivière à une date donnée.
- Elaboration d'une carte de synthèse à partir des différentes cartes analytiques. Celle-ci peut être plus ou moins fine et représenter :
 - les différents tracés ;
 - des unités selon leur période de recolonisation végétale.

• Diagnostic de l'évolution effectué pour chaque méandre, afin de définir une tendance générale et des tendances spécifiques, secteur par secteur

Pour chaque méandre, il est possible d'observer :

- le sens de la migration (voir les types définis plus loin) ;
- l'harmonie du train de méandres en relevant systématiquement le rayon de courbure et la longueur d'onde du méandre (voir figure ci-dessous) ;
- la vitesse de la migration et la tendance (accélération ou ralentissement du processus) à partir de la distance de migration et des périodes considérées ;
- les types de recouplement et la vitesse du turn over.

Pour en savoir plus

- Lewis G.W. et Lewin J., 1983 : *Alluvial cutoffs in Wales and the bordelands*. Spec. publ. int. Ass. Sediments, 6 : 145 - 154.
- Hickin E.J., 1974 : *The development of meanders in natural river channels*. Am. J. of Sc., 274 : 414 - 442.
- Hooke J.M. et Harvey A.M., 1983 : *Meander changes in relation to bend morphology, and secondary flows*. In : *modern and ancient fluvial system*, Collison J.D., Lewin J. Ed., Blackwell, Scientific Publications, Cambridge, 121 - 132.

Compléments ...

Définition et évolution de la bande de méandrage

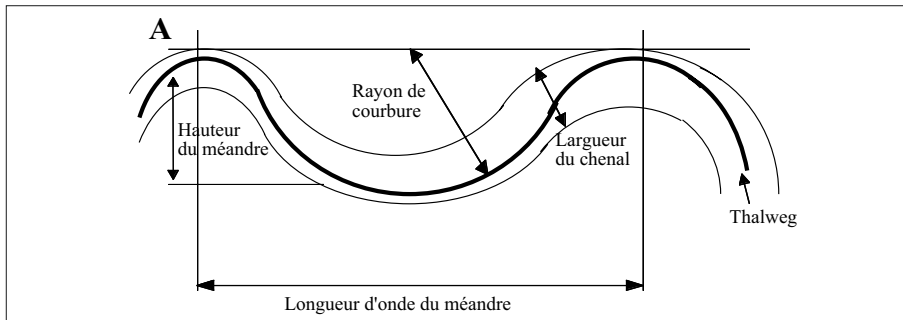


Figure 2.9 : Rayon de courbure et la longueur d'onde du méandre

Typologie des mouvements du lit (Hooke et Harvey, 1983)

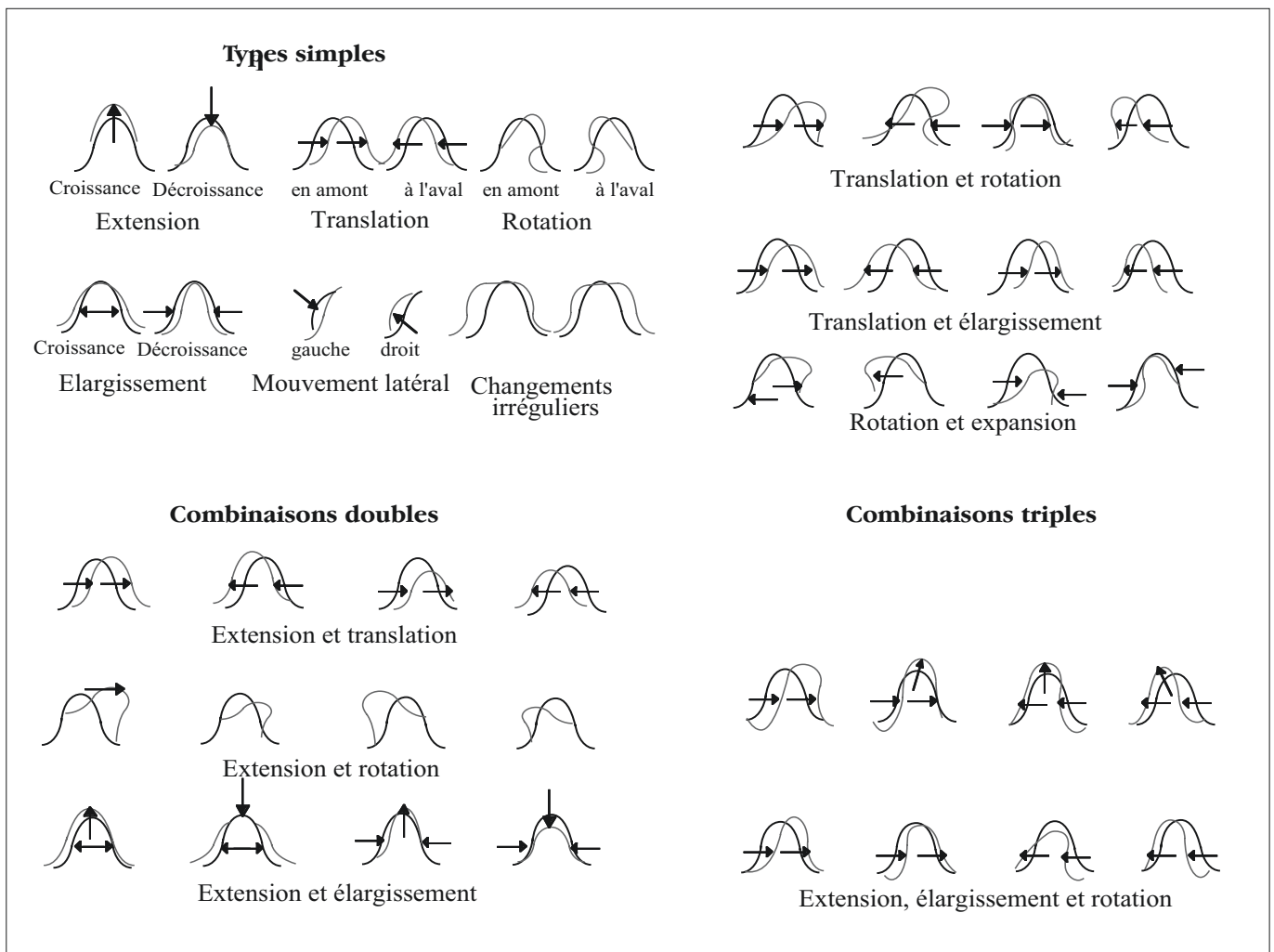


Figure 2.10 : Typologie des mouvements du lit

2A

Méthode

GM-6

Diagnostic cartographique de l'état géomorphologique**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|----------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Cette méthode permet de recenser les phénomènes morphologiques à l'échelle d'un tronçon ce qui est d'une grande utilité au niveau de la gestion puisque sont identifiés les milieux les plus intéressants ou ceux soumis à un risque d'érosion, d'alluvionnement exagéré, ...

- 2) de la nature et de la morphologie des berges : analyse
 - de la hauteur des berges,
 - de la nature géologique des berges,
 - de la stabilité des berges (érosion ou non, degré de végétalisation),
 - de la valeur de la pente.

Chacun des indicateurs est discrétisé en 4 à 6 classes et cartographié.

- 3) du fond du lit : analyse

- des formes : seuils/mouilles/radiers
- de la nature géologique des fonds : alluvions (sables, grains, galets)/substratum.

Données nécessaires

- Une certaine expérience du terrain,
- Une grille d'analyse et une carte à grande échelle.

Description rapide et mise en œuvre

- Cette démarche descriptive permet si elle est effectuée à l'échelle d'un tronçon et qu'elle est rigoureusement normalisée, de conduire à une typologie des secteurs de la rivière et de définir les spécificités fonctionnelles de chacun des types.
- Cette démarche sera d'un intérêt majeur lors de l'étape de gestion et de l'identification de la vocation de tel ou tel secteur.
- La méthode consiste à établir une carte géomorphologique :
 - 1) des marges de la bande active : analyse des principales unités morphologiques du tronçon : versants, haute et moyenne terrasses, basses terrasses, lit majeur ou plaine moderne, milieux annexes du réseau et leur degré de connexion.

Contraintes et limites d'utilisation

- L'approche de terrain est lourde mais peut être facilitée par des photographies obliques des berges à partir d'une mission hélicoptère.
- Un savoir-faire cartographique est indispensable pour la restitution et l'analyse des données.

2A

Méthode

GM-7

Analyse causale de l'évolution morphodynamique**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Les usages et les aménagements effectués sur les cours d'eau depuis un à un siècle et demi ont façonné partiellement le fonctionnement actuel de la rivière. Il est impossible en France de comprendre le fonctionnement géomorphologique d'une rivière sans faire intervenir les phénomènes humains.
- L'objectif est donc de faire un recensement le plus exhaustif possible des différents usages et des aménagements actuels et passés, et de les confronter aux résultats d'un diagnostic de l'évolution de la mosaïque fluviale.
- Cette démarche doit permettre de comprendre l'évolution de la rivière afin de proposer aux maîtres d'ouvrage des scénarii de gestion réfléchi, intégrant la dimension temporelle, c'est à dire basée sur une tendance.
- L'objectif est double :
 - relier métamorphose physique et faits humains, les hydrosystèmes en Europe étant influencé par les stratégies humaines de gestion de l'espace ;
 - identifier les usages et leur localisation afin de proposer des scénarii de gestion globale.

Données nécessaires

- Plusieurs types de documents peuvent être exploités :
 - les documents cartographiques officiels de l'aménagement de l'espace (POS, Cadastre) ;
 - les données statistiques (INSEE, RGA, ...), collectées depuis parfois très longtemps (l'INSEE détient les recensements de la population des communes/paroisses qui existent depuis le début du XIXème siècle) ;
 - l'ancien cadastre, le cadastre rénové et les documents officiels des services de l'Etat conservés aux archives départementales ;
 - les rapports et schémas d'aménagement conservés à la DDAF ou à la DDE, qui ont en charge la police des eaux.

- La recherche doit porter avant tout sur des documents graphiques et cartographiques. Les sources écrites sont également intéressantes mais leur exploitation est plus longue et plus subjective et nécessite toujours d'avoir une problématique initiale précise.

Contraintes et limites d'utilisation

- Documentation souvent abondante mais ne couvrant que rarement tous les champs thématiques et le champ temporel.
- Cartographie thématique élaborée intégrant un grand nombre de variables et de formes de représentation.

Pour en savoir plus

- Bravard J.P. et Petts G.E., 1993 : *Interférences avec les interventions humaines, in Hydrosystèmes Fluviaux*, sous la direction de C. Amoros et G.E. Petts, Masson, 233 - 253.
- Brookes A., 1988 : *Channelized rivers, perspectives for environmental management*. J. Wiley and sons Ed., 326 pp.
- Conseil Général de l'Ain et Agence de l'Eau R.M.C., 1990 : *La basse Vallée de l'Ain : étude préalable à la mise en place d'une gestion intégrée. Volets économique, sociologique et géomorphologique*.

Compléments ...

2A

Analyse causale de l'évolution morphodynamique

Description rapide et mise en œuvre

- Les thèmes envisagés concernent les pratiques agropastorales, la dynamique forêt-friche, l'urbanisation, les activités économiques remarquables et la dynamique spatiale de la population. Ils sont perçus en terme d'occupation de l'espace passé, présent et futur.
 - Une démarche bibliographique doit être un préalable obligatoire à l'étude spatialisée. Il s'agit de faire le point concernant la documentation administrative traditionnelle et la documentation géohistorique et géographique régionale (voir les travaux de l'université régionale).
- Deux axes d'analyse doivent être reconnus et conduire à l'élaboration de cartes :
 - la connaissance des aménagements (historiques, techniques, état actuel et localisation) ;
 - investigation à partir de cartes anciennes, plans, témoignages anciens, cartes récentes ; visites de terrain, photographies aériennes et hélicoptère lorsque cela est possible ; afin de construire :
 - la cartographie des usages actuels ;
 - la cartographie d'un état de référence (celui-ci étant étendu au moment du maximum démographique) ;
 - un modèle des tendances.

5 - Physico-chimie et Microbiologie

- PC-0 - Acquisition de données de qualité de l'eau
- PC-1 - Analyse des métaux lourds dans les bryophytes
- PC-2 - Analyse des micropolluants dans les sédiments
- PC-3 - Grille générale de qualité
- PC-4 - Grilles de qualité par usage
- PC-5 - Conservation des flux
- PC-6 - Modèle d'auto-épuration globale
- PC-7 - Modèles de simulation de la qualité des cours d'eau

Méthode

PC-0

Acquisition de données sur la qualité de l'eau**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Caractérisation de la pollution physico-chimique et microbiologique de l'eau dans le milieu
- Applicable à tout cours d'eau.

Données nécessaires

- Un point de mesure ponctuel ou un réseau de mesures.
- Prélèvements d'échantillons instantanés ou moyens (par ex. sur 24 h) dans le milieu pour analyse.
- Analyses physico-chimiques et microbiologiques sur le terrain et en laboratoire.
- Doivent être accompagnées de données hydrologiques et hydrauliques pour être interprétées.

Description rapide et mise en œuvre

- Exploitation des données existantes issues :
 - du réseau national de bassin
 - des réseaux complémentaires de bassin
 - des études antérieures (études de qualité du milieu et études d'impact)
- Les organismes à consulter pour acquérir ces informations sont les agences de l'eau et les DIREN
- Ces données étant acquises, il sera généralement nécessaire de les compléter par la mise en place d'une campagne de mesures spécifique : choix des points de mesure, des paramètres étudiés (physico-chimiques, microbiologiques, hydrologiques et biologiques), de la fréquence de prélèvement et d'analyse (échantillons moyens ou ponctuels), de la durée de la campagne.

Contraintes et limites d'utilisation

- Sources d'erreur multiples : échantillonnage, conservation des échantillons, analyse et interprétation ;
- Représentation discrétisée du milieu, dans l'espace et dans le temps ;
- Mesures ponctuelles, susceptibles de représenter la valeur moyenne sur une section ;
- Les analyses ne sont effectivement représentatives que de ce qui est mesuré.

Méthode

PC-1

Analyse des métaux lourds dans les bryophytes**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Caractérisation et suivi de la pollution métallique dans l'eau
- Applicable à tout type de cours d'eau

Données nécessaires

- Prélèvement de bryophytes autochtones de préférence
- Possibilité de transférer des bryophytes sur le site d'étude (notamment amont - aval d'un rejet)
- Résultats d'analyses chimiques.

Description rapide et mise en œuvre

- La méthode est basée sur le pouvoir d'accumulation de ces mousses aquatiques qui sont largement présentes dans les cours d'eau et qui ont une bonne résistance à la pollution.
- Les prélèvements sont généralement réalisés en début d'étiage.
- Pour les bryophytes transférés, une immersion de 15 jours est suffisante ; un échantillon témoin doit être analysé ; les bryophytes doivent provenir de site «non pollués», si possible sur le même cours d'eau ou d'un milieu de caractéristiques similaires.
- Les échantillons sont séchés et confiés à un laboratoire spécialisé.
- L'interprétation s'effectue par la détermination d'un facteur de pollution pour chaque paramètre analysé qui correspond au rapport de la concentration observée à une concentration de référence standard. 5 classes de qualité sont définies.
- Les règles de calcul diffèrent pour l'interprétation des analyses sur les bryophytes autochtones et transférés ; pour ces derniers, il n'existe pas d'échelle de référence nationale.

Contraintes et limites d'utilisation

- La méthode reste qualitative vis à vis de la qualité de l'eau ; la relation entre concentration dans les bryophytes et concentration dans l'eau n'est pas établie.
- Pour les bryophytes transférés, il n'existe pas d'échelle de référence standard nationale ; ces analyses peuvent cependant être très intéressantes en relatif entre des points amont et aval.

Pour en savoir plus

- Mouvet - *Métaux lourds et mousses aquatiques - synthèse méthodologique* - Agences de l'Eau Rhin-Meuse et Rhône-Méditerranée-Corse, 1986.
- André, Lascombe - *Comparaison de deux traceurs de la pollution métallique des cours d'eau : les sédiments et les bryophytes* - Sciences de l'eau, pp. 225-247, 1987
- *D'autres polluants peuvent être analysés sur les bryophytes : les organochlorés* (Mouvet 1984 ; Mouvet & al. 1985) *et les radionucléides* (C.E.N. Cadarache et Mouvet, 1983), in [André, Lascombe, 1987]

Compléments ...

2A

Analyse des métaux lourds dans les bryophytes

Le classement proposé par [Mouvet, 1986] dans la synthèse méthodologique sur les «métaux lourds et mousses aquatiques» est appliqué au niveau national pour les résultats acquis avec des mousses autochtones. En effet, il n'existe pas de règles nationales pour interpréter les résultats obtenus avec des mousses transférées.

Un facteur de pollution est calculé pour chaque polluant métallique étudié par le rapport entre la concentration observée et la concentration standard de référence. Des classes sont déterminées en fonction de valeurs seuils du facteur de pollution.

| Métaux | Hg | Cd | As | Cr | Cu | Pb | Ni | Zn | Mn | Fe |
|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|-----|------|----|
| Unité | mg/kg = ppm | | | | | | | | g/kg | |
| C. Ref | 0,08 | 1 | 3 | 7 | 19 | 19 | 20 | 200 | 0,6 | 3 |

Tableau 2.2 : Concentrations de référence standard pour les métaux dans les mousses aquatiques (autochtones)

| Classe | Facteur de Pollution (FP) | Interprétation |
|--------|---------------------------|--------------------------|
| M0 | FP < 2 | Situation normale |
| M1 | 2 < FP < 6 | Situation suspecte |
| M2 | 6 < FP < 18 | Pollution certaine |
| M3 | 18 < FP < 54 | Pollution importante |
| M4 | 54 < FP | Pollution exceptionnelle |

Tableau 2.3 : Proposition de classes de qualité basées sur le dosage des métaux dans les bryophytes autochtones

En l'absence de bryophytes autochtones, les bryophytes transférées sont très utiles pour juger de l'impact des rejets sur les cours d'eau, car elles permettent de comparer les états à l'amont et à l'aval des rejets. Cependant, l'interprétation des analyses sur les bryophytes importées est délicate et ce système tend à être abandonné.

Méthode

PC-2

Analyse des micropolluants dans les sédiments**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Caractérisation et suivi des micropolluants dans les cours d'eau.
- Applicable aux cours d'eau lents et à fond déposé.
- Permet de préciser la pollution stockée et relargable et l'état de contamination des écosystèmes lénitiques.

Données nécessaires

- Prélèvements de sédiments
- Analyses chimiques

Description rapide et mise en œuvre

- La méthode est basée sur le pouvoir d'accumulation des sédiments.
- Les prélèvements sont réalisés à l'étiage (mobilité liée aux débits).
- Les prélèvements sont confiés à un laboratoire spécialisé.
- Pour les métaux, l'interprétation est similaire à celle sur les bryophytes, cependant, il n'existe pas de références standards nationales. Un facteur de pollution est déterminé par le rapport entre la concentration en métal observée et une concentration de référence standard.
- 5 classes de qualité sont définies pour les métaux.
- De nombreux composés peuvent être analysés sur les sédiments : le carbone, l'azote, le phosphore, des toxiques organochlorés, des composés benzéniques, etc...

Contraintes et limites d'utilisation

- La méthode est limitée aux cours d'eau lents à fond déposé.
- L'échantillonnage peut être difficile.
- La méthode reste qualitative vis à vis de la qualité de l'eau ; la relation entre concentration dans les sédiments et concentration dans l'eau n'est pas établie.

Pour en savoir plus

- André, Lascombe - *Comparaison de deux traceurs de la pollution métallique des cours d'eau : les sédiments et les bryophytes* - Sciences de l'eau, pp. 225-247, 1987

Compléments ...

2A

Analyse des micropolluants dans les sédiments

Par analogie à la méthode employée pour l'analyse des métaux sur les bryophytes, il existe une méthode d'analyse des métaux dans les sédiments, également concentrateurs de la pollution de l'eau. Des valeurs de référence ainsi que des classes de qualité (en fonction d'indices de pollution)

sont proposés. Cependant, il semble qu'il n'existe pas de système national homogénéisé relatif à ce type d'analyse. Le réseau national des données sur l'eau propose la grille suivante, les classes de qualité étant délimitées par les mêmes valeurs que dans les bryophytes :

| Métaux | Hg | Cd | As | Cr | Cu | Pb | Ni | Zn |
|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|-----|
| Unité | mg/kg = ppm | | | | | | | |
| C. Ref | 0,08 | 1 | 3 | 7 | 19 | 19 | 20 | 200 |

Tableau 2.4 : Concentrations de référence standard pour les métaux dans les sédiments

| Classe | Facteur de Pollution (FP) | Interprétation |
|--------|---------------------------|--------------------------|
| M0 | FP < 2 | Situation normale |
| M1 | 2 < FP < 6 | Situation suspecte |
| M2 | 6 < FP < 18 | Pollution certaine |
| M3 | 18 < FP < 54 | Pollution importante |
| M4 | 54 < FP | Pollution exceptionnelle |

Tableau 2.5 : Proposition de classes de qualité basées sur le dosage des métaux dans les sédiments

Méthode

PC-3

Grille générale de qualité

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Déterminer la qualité de l'eau en un point à partir de l'analyse de différents paramètres physico-chimiques et d'analyses biologiques
- Applicable à tous les types de cours d'eau : **Système en cours de modification**

Données nécessaires

- Résultats d'analyses physico-chimiques, hydrobiologiques et microbiologiques.

Description rapide et mise en œuvre

- Comparaison des résultats d'analyses avec les valeurs seuils définies dans les grilles pour chaque paramètre étudié. Ces valeurs sont établies en référence aux besoins de qualité des principales fonctions du milieu.
- L'altération est exprimée en pourcentage. Cinq classes de qualité sont proposées pour la représentation graphique 0-20% ; 20-40% ; 40-60% ; 60-80% ; 80-100%.
- La qualité est attribuée par le paramètre le plus discriminant pour les grilles multi-paramètres.
- Appliquée à des analyses ponctuelles ou à des suivis. Dans ce cas, les qualités physico-chimiques et microbiologiques sont attribuées après élimination de la valeur extrême quand il y a 10 mesures ou plus (règle des 90 %). Elle ne s'applique pas à l'oxygène dissous.

Contraintes et limites d'utilisation

- Méthode générale ; le nouveau système est plus précis que l'ancien ; il permet de bien identifier les principaux problèmes de pollution ; il sera accompagné d'un outil informatique d'aide au calcul des altérations en fonction des concentrations mesurées.
- L'interprétation nécessite des connaissances sur le fonctionnement des cours d'eau.
- Le système est évolutif (par exemple, les valeurs seuils relatives aux micropolluants toxiques ne sont pas définitives).
- Le nouveau système d'évaluation de la qualité de l'eau apporte une homogénéisation nationale.

Pour en savoir plus

- Etude interagence : un nouveau système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau SEQ-eau
- La qualité physico-chimie (matière oxydable) est défini d'après la Circulaire de nov. 1971.
- La qualité azote, phosphore et chlorophylle «a» ont été harmonisées au niveau national le 26 juin 1990 dans le cadre du réseau national de bassin.
- La qualité hydrobiologique est normalisée NFT 90 350 (Cf. fiche M10).
- La qualité microbiologique est définie par la norme européenne pour la baignade (Directive C.E.E. du 8 décembre 1975).
- Pour les autres paramètres physico-chimiques : référence à la qualité pour la fabrication d'eau potable (Directive C.E.E. du 15 juillet 1980 et Décret de la France du 3 janvier 1989).
- Cartes départementales de qualité et d'objectifs de qualité des cours d'eau.
- *Composantes chimiques des eaux courantes* - NISBET et VERNEAUX - 1970.

2A

Méthode

PC-4

Grilles de qualité par usage

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|----------------|------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Définition de l'aptitude d'un milieu à la pratique d'un usage du point de vue de la qualité de l'eau et détermination de la qualité nécessaire à la satisfaction d'un usage
- Applicable à tous les types de cours d'eau

Données nécessaires

* Résultats d'analyses physico-chimiques et microbiologiques.

Description rapide et mise en œuvre

- Analyse de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau au regard de la qualité minimale nécessaire à la satisfaction d'une fonction (alimentation en eau potable, baignade, irrigation, vie piscicole, usages industriels, etc...).
- Référence à des normes spécifiques pour certains usages (eau potable, baignade et vie piscicole).
- Définition de la qualité de l'eau vis à vis d'un usage par comparaison des résultats d'analyses avec les valeurs seuils et fréquences de dépassement acceptables de celles-ci définies pour chaque paramètre étudié.
- La classe de qualité de l'eau est définie par le paramètre le plus discriminant dans les grilles multi-paramètres.

Contraintes et limites d'utilisation

- Contraintes identiques à celles de la grille générale de qualité.
- Il ne s'agit que de l'analyse d'un des critères de satisfaction : la qualité de l'eau.
- Certains micropolluants ne sont pas ou peu pris en compte (pesticides, ...).

Pour en savoir plus

- **Baignade** : directive européenne du 8 décembre 1975, traduite en droit français par la circulaire du 26 décembre 1978.
- **Fabrication d'eau potable** : directive européenne du 16 juin 1975, traduite en droit français par les décrets du 3 janvier 1989, du 10 avril 1990 et du 7 mars 1991.
- **Vie piscicole** : directive européenne du 18 juillet 1978, traduite en droit français par les circulaires du 26 décembre 1978 et du 2 novembre 1984.

Compléments ...

Quatre objectifs particulièrement sensibles à la qualité de l'eau font l'objet de normes spécifiques : la pêche et la pisciculture, la conchyliculture, la baignade et la fabrication d'eau potable.

La qualité nécessaire aux autres usages est définie en référence à la grille de qualité générale de l'eau. (cf. Volume 1 partie 4.1.B.)

Grilles de qualité par usage

La pêche et la pisciculture : Directive européenne du 18 juillet 1978 et décret du 19 décembre 1991.

| Paramètres | Unités | Eaux Salmonicoles * | | Eaux Cyprinicoles ** | |
|------------|--|------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | Valeur Guide | Valeur impérative | Valeur Guide | Valeur impérative |
| 2 | Oxygène dissous | mg/l | 50 % >=9 100 % >7 | 50 % >=9 | 50 % >=8 100 % >=5 |
| 4 | MES | mg/l | 25 | | 25 |
| 10 | Ammoniaque non ionisée | mg/l NH ³ | 0.005 | 0.025 | 0.005 0.025 |
| 5 | DBO ₅ | mg/l | 3 | | 6 |
| 7 | Nitrites | mg/l NO ² | 0.01 | | 0.03 |
| 11 | Ammonium total | mg/l NH ⁴ | 0.04 | 1 | 0.2 1 |
| 12 | Chlore résiduel | mg/l HOCL | | 0.005 | 0.005 |
| 13 | Zinc total, selon la dureté en mg/l CaCO ₃ | 10 50 100 500 | mg/l Zn | 0.03 0.2 0.3 0.5 | 0.3 0.7 1 2 |
| 14 | Cuivre total, en fonction de la dureté en mg/l CaCO ₃ | 10 50 100 500 | mg/l Cu | 0.005 0.022 0.04 0.112 | 0.005 0.022 0.04 0.113 |

* **Eaux salmonicoles** : saumons, truites, ombres, corégones.

** **Eaux cyprinicoles** : cyprinides, brochets, perches, anguilles.

Les valeurs guides et impératives doivent être respectées pour 95 % des échantillons.

Tableau 2.6 : Qualité requise pour la vie piscicole

La baignade : La Directive Européenne du 8 Décembre 1975 définit des valeurs guides et impératives à respecter en plus des paramètres à étudier pour s'assurer que la qualité générale de l'eau est satisfaisante. Elle est notamment plus sévère sur les paramètres microbiologiques : absence de salmonelles et entérovirus, et valeurs guides et impératives à respecter sur les coliformes totaux et coliformes fécaux :

| | | Valeur guide | Valeur impérative | |
|----------------------|----------|--------------|-------------------|---|
| Coliformes totaux | U/100 ml | 500 | 10 000 | |
| Coliformes fécaux | U/100 ml | 100 | 2 000 | |
| Fréquence de respect | A | B | C | D |
| Valeur guide | 80 % | – de 80 % | | |
| Valeur impérative | 95 % | 95 % | 66 % | |

Tableau 2.7 : Qualité requise pour la baignade

Les classes de qualité des eaux de baignade, de A à D, sont établies en fonction des temps de non dépassement des valeurs guides et impératives. Le niveau de qualité requis d'un point de vue réglementaire est la qualité B. Le respect de ces objectifs n'est nécessaire que dans la période de pratique de l'usage, c'est à dire en général de mai à septembre.

La conchyliculture : Le Décret du 19 décembre 1991 fixe comme valeur guide une concentration en coliformes fécaux inférieure à 300 unités pour 100 ml de liquide intervalvaire et dans la chair du coquillage. La valeur impérative est cette même concentration dans l'eau.

La fabrication d'eau potable : La Directive Européenne du 16 Juin 1975 définit trois classes de qualité de l'eau brute en fonction du type de traitement nécessaire à la fabrication d'eau potable :

- A1 : Traitement physique simple et désinfection,
- A2 : Traitement normal physique, chimique et désinfection,
- A3 : Traitement normal physique, chimique poussé, affinage et désinfection.

Pour chaque classe, la directive propose des valeurs guides et impératives selon 46 paramètres.

Méthode

PC-5

Conservation des flux**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Détermination des concentrations en polluants à l'aval d'un rejet.
- Applicable à tous les types de cours d'eau.
- Le bilan des flux permet d'évaluer l'impact d'un rejet sur la qualité du cours d'eau dans trois états : actuel, souhaité et projeté. Il permet d'évaluer la part de responsabilité d'un rejet dans l'état actuel de dégradation du milieu. Il peut également être exploité afin de définir la réduction de flux nécessaire pour satisfaire un objectif de qualité à l'aval du rejet. Enfin, il permet d'évaluer l'amélioration de la qualité escomptée, en fonction de la réduction projetée du flux de pollution rejeté.

Contraintes et limites d'utilisation

- La méthode s'appuie sur une hypothèse de mélange parfait et instantané des eaux.
- On néglige l'auto-épuration et les différents phénomènes de sources et pertes qui peuvent se produire entre le point de rejet et la zone de mélange.

Données nécessaires

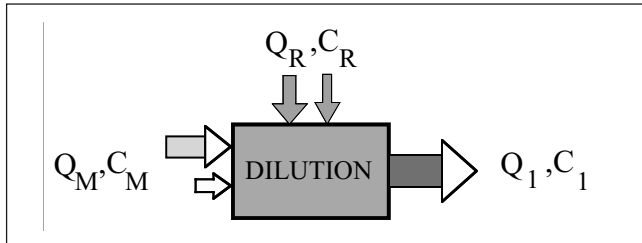
- Concentrations en polluants du rejet et du cours d'eau en amont du rejet.
- Débits du rejet et du cours d'eau en amont.

Description rapide et mise en œuvre

- Basée sur la conservation des flux, c'est à dire sur un simple calcul de dilution, le flux de matière polluante dans un cours d'eau en aval d'un rejet est la somme des flux du rejet et du cours d'eau en amont. Cf. méthode de calcul.
- Les paramètres les plus souvent retenus sont : DBO_5 , NO_3^- et PO_4^{3-} . La méthode est applicable à l'ensemble des paramètres caractérisés par une concentration dans l'eau.
- Le débit privilégié est le débit d'étiage de référence (conditions les plus défavorables).
- La comparaison des résultats avec les grilles d'altération permet de déterminer une classe de qualité.

Compléments ...

Conservation des flux



- De ce fait, elle est à appliquer de préférence sur des valeurs moyennes.

Figure 2.11 : Modèle simplifié de dilution

Soient :

- Q_M, C_M, F_M , respectivement le débit, la concentration et le flux massique des apports à l'amont des rejets étudiés ($F_M = Q_M \cdot C_M$),
- Q_R, C_R, F_R , respectivement le débit, la concentration et le flux massique des rejets étudiés ($F_R = Q_R \cdot C_R$),
- Q_1, C_1, F_1 , respectivement le débit, la concentration et le flux massique à l'aval des rejets étudiés ($F_1 = Q_1 \cdot C_1$).

Les caractéristiques du milieu au point de rejet, selon l'hypothèse d'une dilution parfaite et immédiate, sont calculées comme suit :

$$\begin{aligned} F_1 = F_R + F_M & \Rightarrow C_1 = \frac{F_1}{Q_1} = \frac{F_R + F_M}{Q_R + Q_M} \\ Q_1 = Q_R + Q_M & \end{aligned}$$

La contribution relative des rejets étudiés en concentration est un bon indicateur de l'importance de la contribution des rejets à l'impact sur le milieu ; r_1 est le rapport entre ΔC_{R1} , la contribution des rejets en terme de concentration, et C_1 la concentration dans le milieu à l'aval des rejets :

$$\begin{aligned} \Delta C_{R1} = C_1 - C_M & \Rightarrow r_1 = \frac{Q_R(C_R - C_M)}{Q_R \cdot C_R + Q_M \cdot C_M} \\ r_1 = \frac{\Delta C_{R1}}{C_1} & \end{aligned}$$

Soit C_1^0 la concentration fixée comme objectif dans le milieu au point de rejet. Il est possible de définir quelle est la

réduction minimale nécessaire des rejets pour atteindre l'objectif, avec l'hypothèse que les apports amont restent inchangés.

Soit Q_R^0, C_R^0 et F_R^0 respectivement le débit, la concentration et le flux massique moyens des rejets contrôlables nécessaires à la satisfaction des objectifs : $F_M + F_R^0 = F_1^0$

Il est possible définir deux situations extrêmes. Si l'on choisit de réduire l'impact des rejets par traitement, le débit total des rejets reste inchangé, seule la concentration moyenne est diminuée.

Alors l'objectif peut être défini comme suit :

$$\begin{aligned} Q_R^0 &= Q_R \\ C_R^0 &= C_R - \frac{Q_1}{Q_R} \cdot (C_1 - C_1^0) \end{aligned}$$

Si l'on choisit de réduire l'impact par le stockage et la suppression de rejets, la concentration moyenne reste inchangée, seuls les débits rejetés sont réduits, alors :

$$\begin{aligned} C_R^0 &= C_R \\ Q_R^0 &= Q_R - Q_1 \cdot \frac{C_1 - C_1^0}{C_R - C_1^0} \end{aligned}$$

Nous avons ainsi défini la réduction nécessaire des apports en fonction de la qualité objective définie au point de rejet. Le calcul de dilution au point de rejet constitue cependant essentiellement le premier module de calcul des modèles suivants.

Méthode

PC-6

Modèle d'auto-épuration globale

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Evaluation de la réduction de la pollution entre deux points d'un cours d'eau.
- Permet notamment d'évaluer l'impact d'un rejet à l'aval.
- Applicable à tous les types de cours d'eau sur des tronçons dépourvus de rejet.

Données nécessaires

- chroniques de flux de polluants en deux points d'un cours d'eau et flux entrants entre ces deux points (concentrations et débits).

Description rapide et mise en œuvre

- Une reconnaissance préalable du tronçon de cours d'eau testé est indispensable.
- En l'absence de rejets intermédiaires, le coefficient d'auto-épuration (A) est déterminé par le calcul suivant entre le flux amont (F_{n-1}) et le flux aval (F_n) :

$$A = \frac{F_{n-1} - F_n}{F_{n-1}}$$

- Ce rapport peut être également exprimé par longueur de cours d'eau :

$$K^{d(n-1,n)} = \frac{F_{n-1} - F_n}{F_{n-1}}$$

- La méthode est quasiment applicable aux mêmes paramètres que le modèle de dilution.
- Le calage du modèle doit être effectué pour une période bien identifiée (tenir compte notamment de la saison (influence du cycle trophique), du type de rejets (temps sec ou temps de pluie, etc...)).
- Les mesures effectuées doivent être corrélées en tenant compte des temps de transfert entre deux points (mesure du même flux massique après transfert).

Contraintes et limites d'utilisation

- Il est nécessaire d'appliquer le modèle sur des tronçons de cours d'eau homogènes (des points de vue morphodynamiques et hydrauliques).
- La signification du résultat est fonction du nombre de mesures et de leur précision.
- Ce modèle n'est pas représentatif des interactions entre paramètres.
- La mise en œuvre de cette méthode est réservée à des spécialistes.

Pour en savoir plus :

- Modifications du milieu aquatique sous l'influence des pollutions, LEYNAUD et VERREL *La pollution des eaux continentales incidences sur les biocénoses aquatiques* 1980.
- *Efficacités comparées des processus naturels d'épuration des eaux de surfaces : unités fonctionnelles lotiques connectées au Rbin (système île de Rhinau France)*, F. ROBACH, I. EGLIN, M. TREMOLIERES 1992.
- La Houille Blanche, 1990 n° 3/4 - *Les modèles mathématiques pour la gestion de la qualité des eaux superficielles*.

Compléments ...

Modèle d'auto-épuración globale

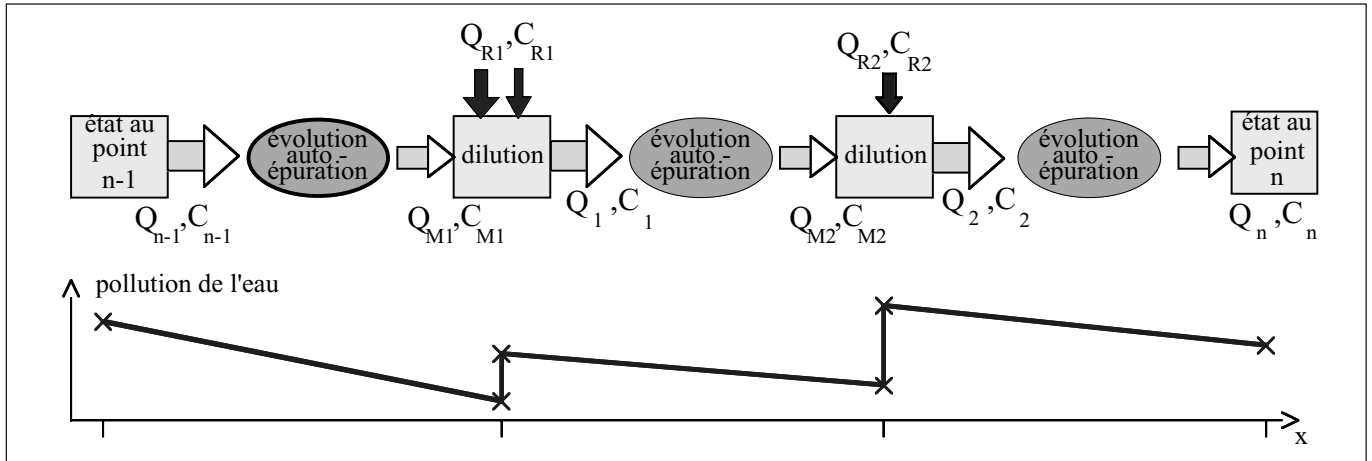


Figure 2.12 : Modèle d'auto-épuración

Le flux de pollution au point (n) est calculé en fonction du flux au point (n - 1) et des rejets intermédiaires, selon le schéma présenté ci-dessous, avec l'équation suivante :

$$F_n(x) = F_{n-1}(x) \cdot K_x^{d(n-1,n)} + \sum_i (F_{R_i}(x) \cdot K_x^{d(R_i,n)})$$

avec

- $F_n(x)$: flux du composant x au point n,
- $F_{n-1}(x)$: flux du composant x au point n - 1,
- $F_{R_i}(x)$: flux du composant x du rejet R_i ,
- K_x : coefficient global d'auto-épuración (m^{-1}), défini par calage, ($K_x < 1$)
- $d(n-1, n)$: distance entre les points n-1 et n,
- $d(R_i, n)$: distance entre le point R_i et le point n,
- Σ_i : pour les rejets R_i entre le point n-1 et le point n

La concentration dans le milieu est déterminée par :

$$C_n(x) = F_n(x)/Q_n$$

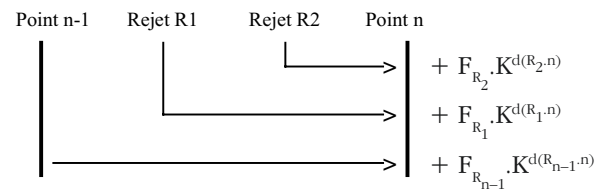


Figure 2.13 : Principe de calcul du flux de pollution au point n dans le modèle CARTOQE.

2A

Méthode

PC-7

Modèles de simulation de la qualité des cours d'eau**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Modèles mathématiques permettant de simuler l'évolution spatiale et temporelle de la qualité physico-chimique et microbiologique des cours d'eau.
- Modèles spécifiques à chaque site.
- Applicable à des cours d'eau ou à des bassins versants.

Données nécessaires

- Variables selon les méthodes (débits, analyses physico-chimiques, connaissances des rejets, ...).
- Volume de données nécessaires très important.
- Peut utilement être exploité en corrélation avec des modèles de rejets, afin d'étudier des scénarios de réduction de l'impact (donc d'amélioration de la qualité de l'eau)

Description rapide et mise en œuvre

- Variable selon les modèles.
- Les principales étapes de la mise en œuvre des modèles peuvent être :
 - Etude détaillée de terrain (acquisition de données).
 - Formulation mathématique des principaux processus.
 - Calage et validation du modèle à partir de différentes données de terrain.
 - Simulation de scénarios.

Contraintes et limites d'utilisation

- Le niveau de complexité est variable selon les modèles utilisés.
- Il est important de disposer d'un grand nombre de mesures sur le terrain et ce, d'autant plus que le modèle est complexe.
- La validité d'un modèle est limitée au cours d'eau étudié. Un nouveau calage est nécessaire pour la transposition à une autre rivière.
- Attention à «l'illusion» des équations mathématiques qui ne décrivent pas toujours la réalité du terrain.
- La mise en œuvre de ces méthodes est réservée à des spécialistes.

Pour en savoir plus

- Logiciel «Rejet» mis au point par les DIREN.
- La Houille Blanche, 1990 n°3/4 - *Les modèles mathématiques pour la gestion de la qualité des eaux superficielles.*
- Wolff E. ép. Brelot - *Eléments pour la prise en compte de l'impact des rejets urbains sur les milieux naturels dans la gestion des systèmes d'assainissement.* - Thèse de doctorat, INSA de Lyon, Novembre 1994, 340 pages.

Compléments ...

2A

6 - Hydrobiologie

- HB-0 - Système saprobique - méthode allemande normalisée
- HB-1 - Analyses numériques et statistiques des biocénoses
- HB-2 - Indice biologique global normalisé
- HB-3 - Indice de qualité biologique des sédiments fins
- HB-4 - Indice chironomidien
- HB-5 - Méthode de capture de poissons
- HB-6 - Index of biotic integrity adapté à la France
- HB-7 - Zonation piscicole de Huet
- HB-8 - Biotypologie de Verneaux
- HB-9 - Méthode des microhabitats
- HB-10 - Modèles de prédiction du stock de poissons
- HB-11 - Méthode de Braun-Blanquet
- HB-12 - Indices diatomiques
- HB-13 - Indices bryophytiques de qualité des eaux
- HB-14 - Indices macrophytes
- HB-15 - Essais de fertilité algale
- HB-16 - Méthode des traceurs du phénomène d'eutrophisation
- HB-17 - Diagnose rapide des plans d'eau

Méthode

HB-0

Système saprobique - méthode allemande normalisée**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|--------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Évaluation et suivi du niveau de pollution organique des milieux aquatiques.
- Applicable à tous les types de cours d'eau.

Données nécessaires

- Échantillonnage de différents organismes aquatiques.
- Valence saprobiale et poids indicatif de chaque espèce.

Description rapide et mise en œuvre

- Liste d'espèces hétérotrophes (organismes planctoniques, macroinvertébré et poisson).
- Détermination à l'espèce et comptage des individus.
- Rapport de l'abondance des organismes présents multiplié par la valence saprobiale et le poids indicatif de chaque espèce sur le nombre total d'individus.
- Un test indique le niveau de dispersion de l'indice.

Contraintes et limites d'utilisation

- Méthode mise au point en Allemagne, peu utilisée en France.
- Méthode non transposable directement ; nécessité d'adapter la liste des espèces indicatrices et de déterminer leur valence saprobiale et leur poids indicatif qui varient selon les pays et les régions.
- Ne prend en compte que l'affinité des organismes pour la matière organique.

Pour en savoir plus

- Norme allemande DIN 38 410 in *IDE Environnement* 1993.
- Il existe plusieurs autres méthodes utilisant la valeur saprobiale des espèces mises au point en Allemagne, en Hollande et dans les pays de l'Est. cf. *IDE Environnement* 1993.

Méthode

HB-1

Analyses numériques et statistiques des biocénoses**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Complètent les différentes méthodes biologiques d'appréciation de la qualité du milieu.
- Permettent d'appréhender la structure des communautés.
- Permettent de dégager des relations entre les biocénoses et les caractéristiques mésologiques des stations étudiées.

Données nécessaires

- Liste d'espèces étudiées.
- Données physico-chimiques, morpho-dynamiques, hydrologiques, ...

Description rapide et mise en œuvre

- Ces méthodes nécessitent un grand nombre de données.
- Utilisation de formules ou de logiciels de calculs selon les méthodes.

Contraintes et limites d'utilisation

- Ces méthodes doivent être mises en œuvre par des spécialistes.

Pour en savoir plus

- *Indices de diversité* (Indice de SHANNON et WEAVER 1948 ...).
- *Analyse en Composantes Principales* (A.C.P.) HOTELLING 1933.
- *Analyse Factorielle des Correspondances* (A.F.C.) BENZECRI 1973.
- cf. *IDE Environnement* 1993.

2A

Méthode

HB-2

Indice biologique global normalisé**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Évaluation de la qualité générale d'un cours d'eau au moyen d'une analyse de la macrofaune (expression synthétique de la qualité générale).
- Applicable aux cours d'eau excepté les zones de sources, les cours inférieurs des grands cours d'eau, et des milieux atypiques (canaux, zones estuariennes).

Données nécessaires

- Liste faunistique.
- Description de la station

Description rapide et mise en œuvre

- L'IBGN s'applique sur une station.
- L'échantillon, constitué de huit prélèvements, doit être représentatif du milieu étudié en respectant la diversité des habitats (couples support-vitesse).
- Procès verbal d'essai.
- Tri et détermination des invertébrés (en général à la famille).
- L'IBGN est établi à partir d'un tableau à double entrée : variété taxonomique (nombre de taxons recensés parmi une liste de 138 taxons) et groupe indicateur (groupe le plus «polluosensible» parmi une liste de 38 taxons répartis en 9 classes).
- La note IBGN est retranscrite en niveau de qualité (5 niveaux). cf. fiche grille de qualité M1.

Contraintes et limites d'utilisation

- Peu adapté à la mise en évidence de pollution toxique.
- Nécessité d'une interprétation dépassant le seul établissement de la note IBGN.
- La mise en œuvre de cette méthode est réservée à des spécialistes.

Pour en savoir plus

- *Norme Afnor NF T 90 - 350* du 20 décembre 1992.
- Cahier Technique aide à l'application de la norme et à l'interprétation des résultats.
- L'IBGN est l'aboutissement d'une série d'indices basée sur l'analyse des macroinvertébrés benthiques (*Indice biotique* - TUFFERY, VERNEAUX 1967; IQBG - VERNEAUX et al. 1976; *Coefficient d'aptitude biogène* - VERNEAUX et al. 1981; IBG - VERNEAUX et al. 1982.
- Pour les grands cours d'eau et les canaux où l'IBGN ne s'applique pas, il est possible de déterminer un indice biologique à partir de prélèvements réalisés dans le chenal (dragage), en bordure ou à l'aide de substrats artificiels :
 - IQBP VERNEAUX et al 1976 (*indice potentiel*).
 - *Application aux grandes rivières d'un indice de qualité biologique basé sur les macroinvertébrés benthiques* CELLOT, MAUCET, BOURNAUD 1987
 - *Cahier technique* IBGN.
- De nombreux indices biologiques ont été élaborés notamment en Grande Bretagne, avec des adaptations pour des pays européens (Italie, Espagne) cf. *IDE Environnement* 1993.
- Il existe également des indices spécifiques basés sur l'étude d'un groupe particulier : oligochètes, chironomes (cf. *fiches M11 et M12*) et mollusque (recherche en cours MOUTHON - CEMAGREF).

Méthode

HB-3

Indice de qualité biologique des sédiments fins**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|----------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Évaluation de la pollution organique de l'eau et de la toxicité des sédiments par l'étude du peuplement d'oligochètes.
- Applicable aux cours d'eau lents et aux canaux.

Données nécessaires

- Liste des espèces d'oligochètes recensés.

Description rapide et mise en œuvre

- Échantillonnage de sédiments.
- Tri et détermination des espèces d'oligochètes.
- Détermination d'un indice :
 $I_{ob} = 10 S T^{-1}$ avec
 S = nombre total d'espèces de l'échantillon.
 T = % du groupe dominant de Tubificidés avec ou sans soies capillaires.
- Établissement de classes de qualité (5 classes).

Contraintes et limites d'utilisation

- Méthode mise en œuvre par un spécialiste.

Pour en savoir plus

- Indice de qualité biologique des sédiments fins LAFONT *Biologie des eaux - Méthodes et techniques* 1988.
- *Contribution à la gestion des eaux continentales - Utilisation des oligochètes comme descripteur de l'état biologique et du degré de pollution des eaux et des sédiments*, LAFONT 1989
- L'auteur développe plusieurs indices dont une simplification de l'indice basée sur les sédiments fins, une adaptation applicable pour les sédiments grossiers (recherche en cours LAFONT - CEMAGREF)
- *Test des oligochètes polluo-résistants* (VINÇON 1987) *mis au point pour les cours d'eau de montagne de la zone des Pyrénées* in IDE Environnement 1993.

2A

Méthode

HB-4

Indice chironomidien**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|----------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Évaluation de la qualité globale du milieu.
- Applicable à tous les types de cours d'eau.

Données nécessaires

- Liste des espèces de Chironomes recensés.

Description rapide et mise en œuvre

- Échantillonnage d'exuvies nymphales de Chironomes au cours de 4 campagnes.
- Détermination des espèces de Chironomes (24 espèces).
- Détermination d'un indice qui est fonction de la richesse spécifique ou de la valeur de l'indice de Schannon et des groupes d'espèces classés suivant leur degré de sensibilité croissant à la pollution.

Contraintes et limites d'utilisation

- Méthode mise en œuvre par un spécialiste.
- Méthode mise au point pour la France.

Pour en savoir plus

- *Indice chironomidien* BAZERQUE et al. 1989 in IDE Environnement 1993.

Méthode

HB-5

Méthode de capture de poissons**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Étude des peuplements piscicoles (structure, données biométriques, état sanitaire).
- Permet la comparaison du peuplement inventorié avec des niveaux typologiques de référence HUET, VERNEAUX pour les cours d'eau (cf. fiches M15, M16).
- Applicable à tous les types de cours d'eau et de plans d'eau.

Données nécessaires

- Matériel de capture (électricité, filet, ...).

Description rapide et mise en œuvre

- Mise en œuvre de techniques de capture utilisant l'électricité (remise à l'eau des poissons - possibilité de marquage) ou des filets permettant de réaliser des sondages ou des inventaires piscicoles. Batteries de filets verticaux pour les lacs.
- Analyse du peuplement inventorié.

Contraintes et limites d'utilisation

- Ces méthodes doivent être mises en œuvre par des spécialistes.
- Toutes ces méthodes sont sélectives (selon la taille et le comportement du poisson).
- Obligation de l'obtention de différentes autorisations (administrative, de la fédération départementale de pêche, du détenteur du droit de pêche).

Pour en savoir plus

- Méthode DE LURY et PETERSEN in *Aménagement écologique et piscicole des eaux douces* ARRIGNON 1976.
- *Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance* (EPA), NELVA, PERSAT et CHESSEL 1979.
- *Utilisation des données nécessaires à l'évaluation des stocks piscicoles - rapport bibliographique*, GUILLOUET 1988.

2A

Méthode

HB-6

Index of biotic integrity adapté à la France**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Suivi de la qualité globale des milieux.
- Applicable à tous les types de cours d'eau.

Données nécessaires

- Capture et identification de poissons.
- Détermination de 12 paramètres.

Description rapide et mise en œuvre

- Analyse du peuplement selon 12 paramètres (facteurs du milieu et données autoécologiques).
- Établissement d'un score. Une note est attribuée à chaque paramètre en fonction de son degré de perturbation par rapport à un milieu de référence.

Contraintes et limites d'utilisation

- Méthode mise au point aux U.S.A., adaptée dans un premier temps pour le bassin de la Seine. Une étude Inter-agence est actuellement en cours sur ce thème.
- Difficulté de trouver des milieux de référence non dégradés ou d'évaluer leur potentiel théorique.
- Obligation de l'obtention de différentes autorisations (administrative, de la fédération départementale de pêche, du détenteur du droit de pêche).

Pour en savoir plus

- *Index of biotic integrity adapté pour la France* OBERDOFF et HUGHES 1992 in *IDE Environnement* 1993.

Méthode

HB-7

Zonation piscicole de Huet**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|----------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Reconnaissance de la place d'une station dans une zonation longitudinale.
- Permet de déterminer le peuplement piscicole théorique d'une station selon quatre grands types de peuplement piscicole (zone à Truites, à Ombres, à Barbeaux, à Brèmes).
- Applicable à tous les types de cours d'eau.

Données nécessaires

- Détermination de la pente et de la largeur du cours d'eau au niveau des stations étudiées.

Description rapide et mise en œuvre

- La lecture d'un graphique pente du cours d'eau par largeur permet de déterminer la position des stations étudiées dans la typologie proposée et d'en déduire son peuplement piscicole théorique.

Contraintes et limites d'utilisation

- Définition d'une situation théorique à replacer dans un contexte biogéographique.
- Cette méthode néglige des paramètres déterminants comme la température estivale.

Pour en savoir plus

- *Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles dans les eaux courantes* HUET 1949.
- *Aménagement écologique et piscicole des eaux douces* ARRIGNON 1976.

Compléments ...

2A

Zonation piscicole de Huet

ABaque

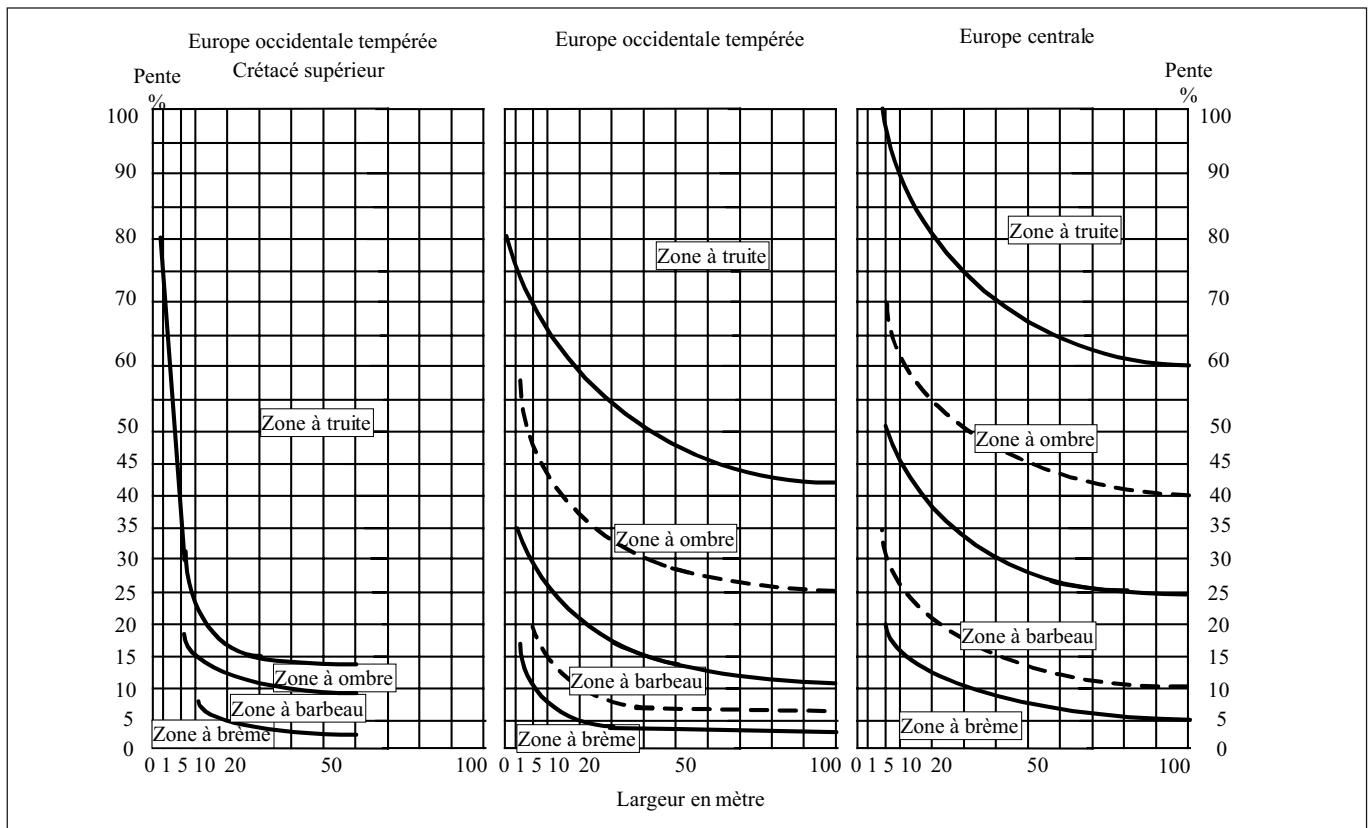


Figure 2.15 : Graphique des pentes pour les cours d'eau d'Europe. D'après HUET, LELEK, LIBOSVARSKY et PENAZ 1969 - ARRIGNON 1972 in *Aménagement écologique et piscicole des eaux courantes* ARRIGNON 1976.

| Zone à truite | Zone à ombre | Zone à barbeau | Zone à brème |
|-------------------|--|--|--|
| Faune salmonicole | Faune mixte Samonidés dominants | Faune mixte Cyprinidés dominants | Faune Cyprinicole (avec carnassiers) |
| Truite | <i>Truite (ombre)</i> <i>Cyprinidés d'eau vive</i> Cyprinidés d'accompagnement Carnassiers d'accompagnement | <i>Truite (ombre)</i> <i>Cyprinidés d'eau vive</i> <i>Cyprinidés d'accompagnement</i> <i>Carnassiers d'accompagnement</i> Cyprinidés d'eau calme | Cyprinidés d'eau vive <i>Cyprinidés d'accompagnement</i> <i>Carnassiers d'accompagnement</i> Cyprinidés d'eau calme |

Tableau 2.8 : Tableau représentatif des populations des zones piscicoles.
D'après HUET 1949 in *Aménagement écologique et piscicole des eaux courantes*, ARRIGNON 1976.

Méthode

HB-8

Biotypologie de Verneaux**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Reconnaissance de la place d'une station dans une zonation longitudinale.
- Permet d'évaluer l'impact d'une perturbation sur le milieu par comparaison entre le niveau typologique théorique et le niveau typologique ichtyologique.
- Applicable à tous les types de cours d'eau.

Données nécessaires

- Détermination de données mésologiques sur les stations étudiées.
- Réalisation d'un inventaire piscicole.

Description rapide et mise en œuvre

- Détermination approchée des appartenances typologiques d'une station : niveau typologique théorique basé sur les données mésologiques (facteur thermique, facteur trophique et facteur morphodynamique) et niveau typologique ichtyologique basé sur l'analyse du peuplement piscicole inventorié.
- Une discordance entre les deux niveaux typologiques obtenus peut mettre en évidence une perturbation du fonctionnement du cours d'eau.

Contraintes et limites d'utilisation

- Cette méthode ne permet pas de définir la nature de la perturbation mise en évidence.
- La discordance observée peut également être due à des caractéristiques biogéographiques ou écologiques qu'il faut intégrer lors de l'interprétation des résultats.

Pour en savoir plus

- *Biotypologie de l'écosystème «eau courante». Détermination approchée de la structure biotypologique et de l'appartenance d'un peuplement ichtyologique* VERNEAUX 1977 a et 1977 b.
- Fondements biologiques et écologiques VERNEAUX *La pollution des eaux continentales incidences sur les biocénoses aquatique* 1980.
- *Les poissons et la qualité de l'eau* VERNEAUX 1981.

Compléments ...

2A

Biotypologie de Verneaux

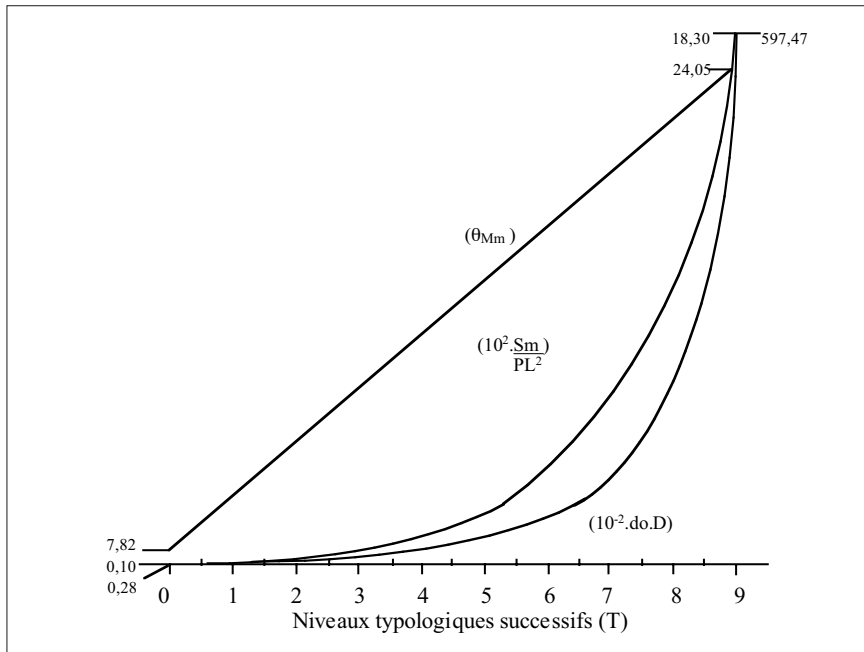


Figure 2.16 : Variation des trois facteurs synthétiques composant les niveaux typologiques - théoriques T

$$T = 0,45 T_1 = 0,30 T_2 + 0,25 T_3$$

avec

$$T_1 = 0,55 \theta_{\text{Min}} - 4,34$$

$$T_2 = 1,17 \text{Log}_e (d_e \cdot D \cdot 10^{-2}) + 1,50$$

$$T_3 = 1,75 \text{Log}_e (Sm/(PL^2)) + 3,92$$

θ_{Min} = temp. maxi. moyenne du mois le plus chaud en °C

d_e = distance aux sources en km

D = dureté totale en mg.l^{-1}

Sm = section mouillée à l'étiage en m^2

P = pente en %

L = largeur du lit en m

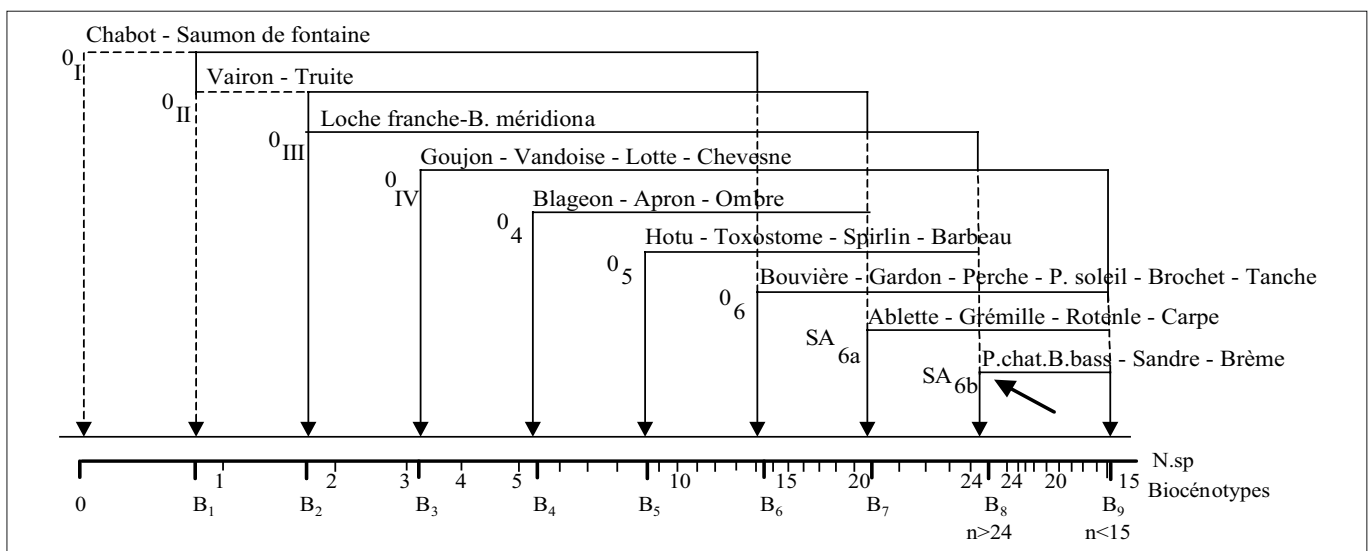


Figure 2.17 : Organisation des groupements sociécologiques de 32 espèces de poissons (O : ordres; A : alliances; S.A. : sous alliances) définissant les niveaux typologiques ichthyologiques B. Méthode d'estimation des niveaux typologiques théoriques T et ichthyologique B. D'après VERNEAUX 1977 a et 1977 b in *La truite biologique et écologie* INRA 1991.

Méthode

HB-9

Méthode des microhabitats**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Déterminer la valeur d'habitat théorique d'un secteur de cours d'eau vis-à-vis des différents stades de développement des salmonidés (truite fario et saumon atlantique).
- Outil d'aide à la décision pour la définition d'un débit réservé.
- Applicable aux rivières à salmonidés.

Données nécessaires

- Mesure des paramètres physiques (hauteurs d'eau, vitesse de courant granulométrie) sur les stations étudiées pour plusieurs débits.
- Modèles biologiques définissant les *preferenda* pour les différents stades de développement des espèces étudiées.

Description rapide et mise en œuvre

- Reconnaissance du secteur de cours d'eau étudié et choix des transects de mesure sur lesquels seront déterminés les paramètres physiques.
- Les transects doivent être représentatifs des différents types de faciès d'écoulement présents sur le secteur de cours d'eau (radier, rapide, mouille, ...).
- Les mesures des paramètres physiques sont réalisées pour une gamme de débits testés (des modèles hydrauliques permettent d'extrapoler à partir des mesures pour un débit).
- Les résultats sont confrontés aux modèles biologiques qui permettent de déterminer, pour chaque transect, la surface pondérée utile et la valeur d'habitat correspondant aux différents stades de développement des poissons (frais, alevin, juvénile et adulte pour la truite fario, frais, alevin, juvénile pour le saumon atlantique).
- L'évolution des valeurs d'habitats selon les débits testés permet de déterminer le débit optimum nécessaire au

bon développement de l'espèce considérée sur le secteur de cours d'eau étudié.

Contraintes et limites d'utilisation

- La méthode doit être mise en œuvre par des spécialistes.
- Les modèles biologiques ont été définis pour deux espèces de salmonidés, ce qui réduit son champ d'application. Recherche en cours sur d'autres espèces.

Pour en savoir plus

- Cette méthode est adaptée de travaux réalisés aux Etats Unis (BOVEE 1982)
- *Typologie des faciès d'écoulement ou unités morphodynamiques des cours d'eau à haute énergie* MALAVOI 1989.
- *Méthodologie de description et quantification des variables morphodynamiques d'un cours d'eau à fond caillouteux. Exemple d'une station sur la Fillière* MALAVOI et SOUCHON 1989.
- *Les modèles numériques des microhabitats des poissons : Application et nouveaux développements* SOUCHON et al. 1989.
- *Le Lignon du Velay du barrage de Lavalette jusqu'au confluent avec la Loire : simulation de l'habitat des poissons, aide à la détermination d'un débit réservé* SOUCHON et MALAVOI (CEMAGREF), COUROT et MIQUEL (EDF) 1990.
- *La méthode des microhabitats : un outil d'aide au choix d'un débit réservé à l'aval des ouvrages hydroélectriques. Expérience de EDF - SABATON et MIQUEL* 1993.
- *La truite : biologie et écologie* INRA 1991.
- Des recherches sont actuellement en cours pour déterminer les modèles biologiques pour d'autres espèces de poissons (Ombre commun, Barbeau fluviatile, ...).

Compléments ...

2A

Méthode des microhabitats

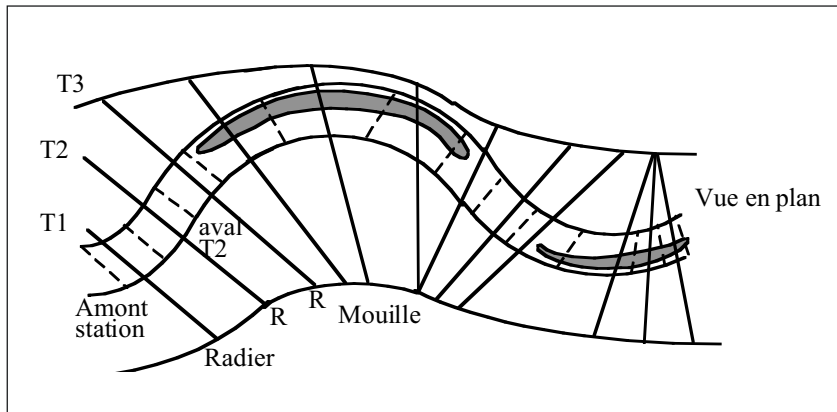


Figure 2.18 : Positionnement des transects.

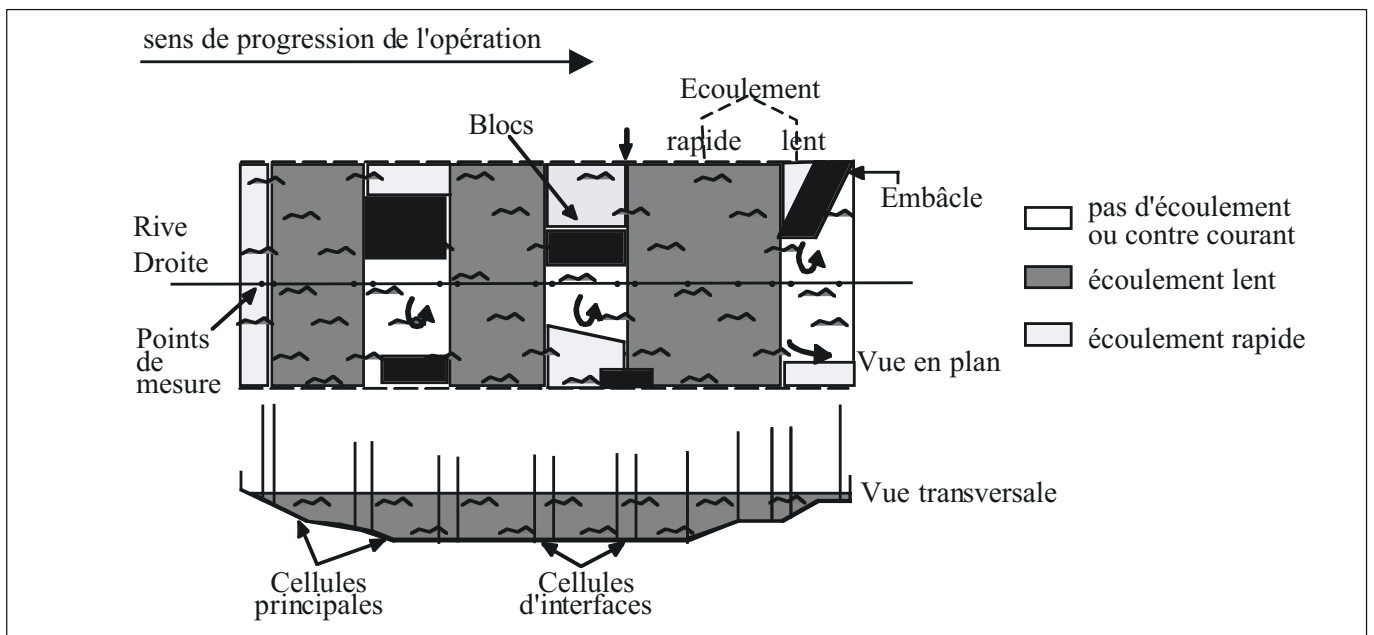


Figure 2.19 : Localisation des projets de mesure des variables morphodynamiques.
Méthode de description des variables morphodynamiques (D'après MALAVOI et SOUCHON, 1989).

Méthode

HB-10

Modèles de prédiction du stock de poissons

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Déterminer le stock piscicole d'un cours d'eau.

Données nécessaires

- Différentes caractéristiques du milieu (pente, largeur, ...) ou analyses physico-chimiques (température, teneur en calcium, ...) selon les modèles utilisés.

Contraintes et limites d'utilisation

- Mises en œuvre et interprétations souvent délicates.
- Modèles généraux ou prévus pour une espèce (truite en général).
- Modèles généralement mis au point pour un secteur géographique précis.

Description rapide et mise en œuvre

- Calcul de différents indices : voir le tableau 2.9.

Pour en savoir plus

- *Productivité piscicole théorique* (LEGER - 1910; HUET - 1964 in ARRIGNON - 1976).
- *Biomasse* CUINAT 1971, PHILLIPART 1978, LANKA et al 1987 . in *La truite : biologie et écologie* INRA 1991.
- *Aménagement écologique et piscicole des eaux douces* ARRIGNON 1976.
- *Utilisation des données nécessaires à l'évaluation des stocks piscicoles - rapport bibliographique* GUILLOUET 1988.

| Nom | Paramètre estimé | Forme du modèle | Variables utilisées |
|----------------------------|---|--|--|
| Léger-Huet* | Productivité piscicole P (kg.ha ⁻¹ .an ⁻¹) | P = B. L. K | L = largeur du cour d'eau B = capacité biogénique K = coefficient de productivité, fonction de la température, l'acidité, les types de poissons et leur âge. |
| Cuinat (1971) | Biomasse de truite T (kg.ha ⁻¹) pour Massif Central (France) | T = 41,26 + 16,4S/L ou T = 18,07 S/L + 7,28Y - 3,37 | S = pente L = largeur Y = indice de teneur en calcium |
| Phillipart (1978) ** | Ichtyomasse I (kg.ha ⁻¹) pour les rivières belges | I = 6,9569 L ^{1,8456} ou I = - 295 + 0,19A + 5,72θ + 17,585S + 16,8L | L = largeur moyenne θ = température moyenne S = pente moyenne A = alcalinité |
| Lanka <i>et al.</i> (1987) | Biomasse de Salmonidés M (kg.ha ⁻¹) pour Colorado, Missouri, Wyoming (U.S.A.) | M = f(L, L/H, S) ou M = f(RT, RC, P, R, R/O, GS, ID) ou M = fonction de toutes les variables | L = largeur moyenne H = profondeur moyenne S = pente RT = altitude du tronçon RC = altitude du centre du bassin versant P = périmètre du bassin versant R = relief = altitude des sources/altitude du tronçon O = distance des sources GS = pente moyenne du cours d'eau ID = densité de drainage |

Tableau 2.9 : Différents modèles de prédiction du stock piscicole HAURY, OMBREDANE, BAGLINIÈRE in *La truite : biologie et écologie* INRA 1991

Méthode

HB-11

Méthode de Braun - Blanquet**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Description de l'organisation d'une communauté végétale.

Contraintes et limites d'utilisation

- Difficulté d'appréhender les recouvrements de chaque espèce dans une mosaïque végétale.

Données nécessaires

- Liste des espèces végétales recensées.

Pour en savoir plus

- BRAUN - BLANQUET 1964.

Description rapide et mise en œuvre

- La méthode définie pour chaque espèce :

Les classes d'abondance - dominance (% de recouvrement du substrat et abondance) :

- 5 : recouvrement supérieur à 75 %, abondance quelconque.
- 4 : recouvrement de 50 % à 75 %, abondance quelconque.
- 3 : recouvrement de 25 à 50 %, abondance quelconque.
- 2 : très abondant ou recouvrement supérieur à 5 %.
- 1 : abondant et recouvrement faible ou assez peu abondant avec un grand recouvrement.
- + : simplement présent recouvrement et abondance très faibles.

Les classes de sociabilité (type de distribution) :

- 5 : en peuplements.
- 4 : en petites colonies.
- 3 : en troupes.
- 2 : en groupes.
- 1 : isolement.

Méthode

HB-12

Indices diatomiques**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------------|--------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Évaluation et suivi de la qualité de l'eau vis-à-vis de la pollution organique et de l'eutrophisation.
- Plusieurs indices proposés.
- Applicable à tous les types de cours d'eau.

Données nécessaires

- Liste des espèces de diatomées recensées.

Description rapide et mise en œuvre

- Échantillonnage de diatomées.
- Détermination des espèces de diatomées et comptage.
- Détermination d'un indice qui est fonction de la sensibilité des espèces.

Contraintes et limites d'utilisation

- La détermination et l'interprétation doivent être effectuées par un spécialiste.
- Méthodes mises au point en France et en Belgique.

Pour en savoir plus

- Indice diatomique - grille C.E.E. DECY et COSTE 1988 in *IDE Environnement* 1993.

2A

Méthode

HB-13

Indices bryophytiques de qualité des eaux

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Évaluation de la qualité globale de l'eau.
- Bien adapté aux cours d'eau canalisés.

Données nécessaires

- Identification des espèces de bryophytes recensés.
- Pourcentage de recouvrement de chaque espèce.

Description rapide et mise en œuvre

- L'indice se détermine par la formule suivante :

$$I_k = \sum_{j=1}^n RR_{jk} \times I_j$$

où

RR_{jk} = le recouvrement relatif de l'espèce j dans la station k

I_j = le coefficient de toxiphobie de l'espèce j

I_k = l'indice global de qualité des eaux de la station k

Contraintes et limites d'utilisation

- Mise au point pour les cours d'eau de Belgique.

Pour en savoir plus

- Utilisation des bryophytes aquatiques et subaquatiques comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes EMPAIN et al. *La pollution des eaux continentales incidence sur les biocénoses aquatiques* 1980.
- *IDE Environnement* 1993.

Méthode

HB-14

Indices macrophytes**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Évaluation de la qualité globale de l'eau.
- Applicable à tous les types de cours d'eau.

Données nécessaires

- Identification des espèces de macrophytes recensés.

Description rapide et mise en œuvre

- Variable selon les méthodes (valeurs bioindicatrices des espèces, niveaux trophiques, diversité, types de substrat, ...).
- Les indices sont déterminés par rapport à des listes d'espèces de référence qui varient selon les méthodes.

Contraintes et limites d'utilisation

- Mise au point en Grande Bretagne.
- Essai comparatif de ces méthodes sur des rivières du nord de la France.
- Mise en oeuvre et interprétation par des spécialistes.

Pour en savoir plus

- Indice de ELLENBERG 1979 in *IDE Environnement* 1993.
- Damage Rating HASLAM et WOLSELEY 1981 in *IDE Environnement* 1993.
- Plant Score HARDING 1987 in *IDE Environnement* 1993.
- Indice trophique NEWBOLD et HOLMES 1987 in *IDE Environnement* 1993.
- *Intérêts et limites des «indices macrophytes» pour qualifier la mésologie et la physico-chimie des cours d'eau : exemples armoricains, picards et lorrains.* HAURY et PELTRE 1993.
- *Les macrophytes aquatiques des milieux abandonnés par le Haut-Rhône et l'Ain : Diagnostic phyto-écologique sur l'évolution et le fonctionnement de ces écosystèmes* BALOCCO-CASTELLA 1988.

2A

Méthode

HB-15

Essais de fertilité algale**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Mesure de la capacité d'une eau à entretenir, accélérer ou inhiber la prolifération d'algues vertes standards.
- Applicable à tous les types de cours d'eau et plans d'eau.

Données nécessaires

- Prélèvement et analyses physico-chimiques des eaux à tester.
- Poids sec d'algues.

Description rapide et mise en œuvre

- L'eau à tester et différents milieux de culture sontensemencés avec une algue test : *Selenastrum capricornutum* (Chlorococcale).
- Les enrichissements sont effectués en azote, phosphore et EDTA (complexant des métaux).
- La production d'algue est déterminée pour les différents essais.
- Détermination du potentiel de fertilité de l'eau testée.

Contraintes et limites d'utilisation

- Mise en œuvre et interprétation par des spécialistes.

Pour en savoir plus

- *L'analyse de l'eau* RODIER 1984.
- *L'eutrophisation dans le bassin Rhône Méditerranée Corse*, POUSSARD, RIVAS et LASCOMBE 1988.

Méthode

HB-16

Méthode des traceurs du phénomène d'eutrophisation

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Mise en évidence des phénomènes d'eutrophisation d'un cours d'eau.
- Applicable à tous les types de cours d'eau.

Données nécessaires

- Mesures du pH et de l'oxygène

Description rapide et mise en œuvre

- Deux niveaux de bornes sont proposés selon le degré de manifestation du phénomène d'eutrophisation pour les deux paramètres étudiés :
 - pourcentage de saturation en oxygène dissous
B1 > 110 % et B2 > 150 %.
 - pH
pour les rivières «alcalines» B1 > 8,5 et B2 > 9
pour les rivières «acides» B1 > 8 et B2 > 8,5.

Contraintes et limites d'utilisation

- Les mesures doivent être réalisées en période de production végétale.
- Le paramètre pH est moins discriminant que la saturation en oxygène dissous.
- Les bornes sont proposées à partir d'une synthèse de données du bassin RMC.

Pour en savoir plus

- *L'eutrophisation dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse*, POUSSARD, RIVAS, LASCOMBE 1988.

2A

Méthode

HB-17

Diagnostic rapide des plans d'eau**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Évaluation approchée de l'état d'un plan d'eau, en particulier de son niveau trophique.
- Applicable au plan d'eau stratifié au temps de séjour assez long.

Données nécessaires

- Physico-chimie de pleine eau (trois campagnes).
- Physico-chimie des sédiments (une campagne).
- Hydrobiologie de pleine eau (deux campagnes).
- Hydrobiologie des sédiments (une campagne).

Description rapide et mise en œuvre

- Mise en œuvre d'un protocole de prélèvement d'eau et de sédiment et de mesures in situ.
- Détermination de différents indices :
 - Indice trophique de l'eau (en plus de l'interprétation classique de la physico-chimie).
 - Qualité du sédiment.
 - Indice trophique planctonique.
 - Indice oligochète et malacologique. Ce dernier ne s'applique pas aux retenues artificielles.

Contraintes et limites d'utilisation

- Cette méthode doit être mise en œuvre par des spécialistes.
- La multiplicité des indices rend l'interprétation délicate.
- Aucune approche concernant le bassin versant du plan d'eau.
- Aucune approche concernant l'aspect piscicole.
- Méthode récente pouvant être affinée.

Pour en savoir plus

- *Diagnose rapide des plans d'eau* CEMAGREF, CERGRENE 1987 et CEMAGREF 1990.
- *Limnologie* DUSSART nouvelle édition 1992.
- *Institut International de Gestion et de Génie de l'Environnement «plans d'eau de l'autre côté du miroir»*.
- Il existe plusieurs modèles pour déterminer le niveau de qualité : (OCDE 1982, Modèle thermique et biogéochimique du lac du Bourget CERGRENE 1990...).

2A

7 - Biologie

- BI-0 - Dénombrement de peuplement d'oiseaux
- BI-1 - Méthode de capture-recapture
- BI-2 - Evaluation de l'indice kilométrique d'abondance et de l'indice ponctuel d'abondance
- BI-3 - Méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs

Méthode

BI-0

Dénombrement de peuplement d'oiseaux**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet de mesurer une abondance absolue des différentes espèces présentes dans le milieu.
- « Consiste à cartographier les emplacements de tous les couples nichant sur une certaine surface du milieu, en profitant du fait que les territoires varient relativement peu pendant les quelques semaines que dure la nidification » (Frochot, 1975, C.R. Colloque Univ. Liège).

Description rapide et mise en œuvre

- Cette méthode peut être appliquée par des observateurs différents si les ornithologues suivent scrupuleusement les recommandations éditées par l'International Bird Committee (voir « Le Jean le Blanc », 1969, 8, pp. 25-30).

Contraintes et limites d'utilisation

- Méthode difficile à appliquer dans des milieux où les populations sont denses (difficile de distinguer les territoires contigus des couples de même espèce). Cette méthode n'est donc pas appropriée à l'analyse de la densité des espèces grégaires (voir méthode captures-recaptures).
- La « phase d'interprétation des données brutes continue de poser des problèmes délicats, même en appliquant des normes strictes » (Frochot, 1975).
- Cette méthode reste cependant l'une des plus précises pour obtenir directement des densités.

Pour en savoir plus

- Pough R., 1950, *Comment faire un recensement d'oiseaux nicheurs ? La Terre et la Vie*, 97, pp. 203-217.
- Blondel J., *Méthodes de dénombrement des populations d'oiseaux. In Problème d'Ecologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres* (Lamotte et Bourlière Ed.), Paris, Masson.
- Ferry C., 1969. *Pour une normalisation des résultats de dénombrement d'oiseaux. Symposium d'Amarnäs. Le Jean le Blanc* 8, pp. 25-30.
- Frochot B., 1975, *Problèmes liés à l'étude et à la gestion de la faune des Hautes-Fagnes et de la Haute-Ardenne. Les méthodes utilisées pour dénombrer les oiseaux. Compte-rendu de colloque*, Université de Liège, pp. 47-69.

2A

Méthode

BI-1

Méthode de capture-recapture**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Méthode permettant de mesurer une abondance absolue, en particulier dans le cas des espèces grégaires.

Description rapide et mise en œuvre

- Consiste à « capturer une partie des individus de la population étudiée, et, en extrapolant à partir du taux de recapture, obtenir l'effectif total recherché » (Frochot, 1975). Chaque individu est donc marqué lors de la capture.

Contraintes et limites d'utilisation

- Cette méthode exige une excellente « dilution » des individus marqués dans la population, ainsi qu'une accoutumance aux pièges, et ces conditions sont souvent difficiles à réaliser.
- « Pour obtenir une estimation sûre, il faut avoir pu capturer au moins un tiers à la moitié de la population totale » (Frochot, 1975).

Pour en savoir plus

- Lamotte et Bourlière F., 1971, *l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres* Paris, Masson.
- Frochot B., 1975, *Problèmes liés à l'étude et à la gestion de la faune des Hautes-Fagnes et de la Haute-Ardenne. Les méthodes utilisées pour dénombrer les oiseaux. Compte-rendu de colloque*, Université de Liège, pp. 47-69.

2A

Méthode

BI-2

Evaluation de l'indice kilométrique d'abondance (IKA) et de l'indice ponctuel d'abondance (IPA)

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Ces méthodes permettent d'évaluer une abondance relative. Elles permettent de comparer l'abondance des oiseaux dans des milieux différents ou, dans un même milieu à des époques différentes.
- Attention ! Les dénombrements relatifs effectués dans des milieux différents n'ont pas de sens s'ils ne sont pas accompagnés d'une description du milieu. La distribution des oiseaux est en effet principalement gouvernée par la structure de la végétation et par certains éléments topographiques.

Description rapide et mise en œuvre

- **IKA** : l'observateur dénombre les oiseaux (identification par l'observation ou le chant) en se déplaçant lentement, à pied, sur un trajet rectiligne de longueur bien définie en dénombrant les oiseaux d'un seul côté du trajet. Elle doit être appliquée en milieu homogène (forêts, landes, etc.).

Avantage de la méthode : en se déplaçant lentement, on localise mieux les chanteurs voisins qu'en restant immobile. La méthode a un bon pouvoir séparateur et convient particulièrement aux espaces vastes et de faibles densités de l'avifaune.

Inconvénient : il est souvent difficile de trouver un itinéraire rectiligne en milieu homogène.

- **IPA** : l'observateur reste fixe et effectue un dénombrement (identification par l'observation et/ou le chant) pendant une durée déterminée (généralement 15 ou 20 minutes). Les dénombrements sont constitués d'un ensemble de deux comptages de 20 minutes chacun effectués à des dates différentes.

Avantage de la méthode : elle est de très grande facilité d'emploi et peut être appliquée en milieu non homogène.

Inconvénient : un observateur ne peut guère identifier, en un même point d'écoute, plus de cinq ou six chanteurs de la même espèce.

Contraintes et limites d'utilisation

- Pour appliquer ces deux types de méthodes, l'observateur doit opérer toujours de la même manière, en stéréotypant au maximum sa façon de dénombrer et de noter.
- Les indices obtenus par des observateurs différents sont marqués de coefficients personnels non négligeables (acuité auditive, puissance de concentration, etc.).
- « Par ailleurs, les conditions d'heure, de date et de météorologie modifient énormément le comportement des oiseaux, les rendant plus ou moins repérables » (Frochot, 1975). Toutes ces conditions doivent être notées avec précision.
- Pour que les comparaisons soient pertinentes (entre milieux différents ou entre époques différentes en un même milieu), le nombre de sondages doit être le plus élevé possible (Frochot préconise 15 à 20 sondages de 20 minutes pour pouvoir dresser un portrait approximatif d'une avifaune et les comparer à d'autres).

Pour en savoir plus

- Ferry C. et Frochot B., 1958, *Une méthode pour dénombrer les oiseaux nicheurs. La Terre et la Vie*, pp. 85-102.
- Blondel J., Ferry C. et Frochot B., 1970, *La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute"*.
- Frochot B., 1975, *Problèmes liés à l'étude et à la gestion de la faune des Hautes-Fagnes et de la Haute-Ardenne. Les méthodes utilisées pour dénombrer les oiseaux. Compte-rendu de colloque*, Université de Liège, pp. 47-69.

Méthode

BI-3

Méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP)**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Permet d'évaluer la densité des espèces par le biais de leur fréquence, la fréquence étant directement liée à l'abondance de l'espèce.

Description rapide et mise en œuvre

- Il s'agit de réaliser des IPA en négligeant le nombre d'individus et en ne retenant que la notion de présence-absence.
- L'information acquise se précise avec la densité de l'échantillonnage (nombre d'échantillons élémentaires).

Contraintes et limites d'utilisation

- Inconvénient : ce type de méthode a, par essence, l'inconvénient de « saturer » très vite puisque les « présences » d'individus clairsemés sont assimilées à celles de populations denses, lors d'un sondage élémentaire. Cette méthode est donc peu sensible aux variations de densités. Pour limiter cet inconvénient, il faut multiplier les petits échantillons (écoute de 5 à 10 minutes) (Frochot, 1975).

Pour en savoir plus

- Blondel J., 1971. *L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP)*. *La Terre et la Vie*, pp. 533-589.
- Frochot B., 1975, *Problèmes liés à l'étude et à la gestion de la faune des Hautes-Fagnes et de la Haute-Ardenne. Les méthodes utilisées pour dénombrer les oiseaux*. *Compte-rendu de colloque*, Université de Liège, pp. 47-69.

2A

2A

8 - Ecologie

Méthode

EC-0

Diagnostic de l'évolution en plan et de la diversité d'une mosaïque fluviale

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Méthodologie utilisable sur des cours d'eau où les milieux annexes sont, ou ont été, importants.
- Il s'agit de déterminer l'évolution dans le temps de la mosaïque végétale de la rivière et sa diversité actuelle et passée.
- L'objectif est de faire des propositions de gestion, voire de préservation des annexes fluviales, basées sur :
 - une sectorisation de tronçons homogènes ;
 - une reconnaissance rapide des milieux remarquables ;
 - l'analyse de leur évolution transgressive ou au contraire régressive.
- Le pas de temps retenu est de 50 ans, ce qui est largement suffisant, compte tenu des documents utilisés et la dynamique végétale.

Données nécessaires

- Le diagnostic est effectué à partir de photographies aériennes et d'une reconnaissance de terrain initiale.

Description rapide et mise en œuvre

- L'évolution diachronique de la mosaïque végétale est abordée par une interprétation de photos aériennes, couplée à une démarche de cartographie.
- Des transects sont positionnés tous les 250 m sur les séries photographiques (3 séries au moins donnant un état de la mosaïque dans les années 1950, 1970 et 1990). Sur chacun d'eux, la largeur des unités végétales élémentaires (bande active, pelouses sèches/humides, stades pionniers, stades post-pionniers, stades arborés) est collectée.
- Chaque transect, replacé et identifié sur le linéaire de la rivière est représenté par un point. La taille des symboles varie selon la valeur de la variabilité étudiée (évolution de la largeur de la bande active entre 1950 et 1990, ...).

- Les principales évolutions sont ainsi présentées spatialement et la rivière peut être découpée en secteurs homogènes. Il est possible de présenter l'ensemble des cartes analytiques ou d'effectuer des combinaisons (évolution entre deux dates). Par ailleurs, il est possible de mettre en évidence l'évolution, spatiale (à une date donnée) et temporelle, de la diversité de la mosaïque végétale à partir d'un indicateur qui synthétise l'ensemble des résultats : l'entropie H de Shamon. Il s'agit d'une mesure de diversité spécifique, couramment employée, en relation avec le vecteur des fréquences relatives P_i des différents individus i de l'échantillon :

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i \quad \text{où } P_i \text{ est la largeur relative de chacune des unités présentes sur le transect.}$$

Contraintes et limites d'utilisation

- Savoir déterminer à partir des photographies les unités élémentaires d'une mosaïque.
- Savoir utiliser un logiciel de cartographie automatique.
- Les phénomènes ne peuvent être appréciés que sur des rivières importantes (NB : la collecte est effectuée sur les largeurs de la mosaïque) et la marge d'erreur est de ± 1 mm soit déjà 20 m à l'échelle du 1/20000^e.
- Les données sur une telle période peuvent être difficiles à trouver.

Pour en savoir plus

- Girel J., 1986 : *Téledétection et cartographie à grande échelle de la végétation alluviale : exemple de la basse plaine de l'Ain. in Recherches interdisciplinaires sur les écosystèmes de la basse plaine de l'Ain (France) : potentialités évolutives et gestion*, sous la direction de A.L. Roux, Doc. Carto. Ecol. X., 45-73.
- Piegay H., 1995 : *Dynamiques et gestion de la ripisylve de cinq cours d'eau à charge grossière du Bassin du Rhône, XIX^e-XX^e siècles*, Thèse de Géographie et Aménagement, Université Paris IV-Sobonne, 529 pp.

2A

2A

B - Evaluer un schéma ou un projet

Approche économique

1 - Evaluer un schéma

Introduction

Ce chapitre regroupe l'ensemble des étapes postérieures à l'établissement du diagnostic global des usages. Il présente successivement :

- des SCENARIOS : élaboration et évaluation [1.1],
- du SCHEMA d'aménagement-gestion lui-même : évaluation prévisionnelle et évaluation a posteriori [1.2], du moins pour ce qui concerne les seuls aspects économiques.

Toutefois, l'évaluation de PROJETS d'action particuliers, qui peut être incluse dans le schéma (s'il s'agit d'opérations bien spécifiées et prioritaires sur le terrain), n'est pas abordée ici mais en section 2.

1.1 Scénarios

1.1.1. Contexte et objectif

1.1.1.1. Cas d'un S.A.G.E.

a. Le contexte

La C.L.E. dispose :

- d'un état des lieux décrivant les milieux et les usages (**séquence 1**),
- d'un diagnostic global (**séquence 2**).

Il s'agit maintenant (**séquence 3**) de lui donner les moyens d'adopter une stratégie (**séquence 4**), à traduire enfin en schéma (**séquence 5**). Cette troisième étape consistera en une analyse prospective, projetant sur le moyen terme les tendances du système techno-naturel et des usages dans différentes hypothèses d'aménagement-gestion.

b. L'objectif

Il ne s'agit pas de «prédire» ou «prévoir» (c'est-à-dire d'annoncer «ce qui va se passer»), mais :

- en s'appuyant sur la connaissance que l'on a :
 - de l'état actuel du système des milieux et des usages,
 - des évolutions passées,
 - des chaînes causales à l'oeuvre dans son fonctionnement,

- de construire une image, nécessairement simplifiée : un **scénario**, des conséquences à attendre au terme d'une politique d'aménagement-gestion elle-même délibérément caricaturale.

L'objectif de cet exercice consiste ainsi à montrer dans quelle mesure des politiques **contrastées** sont susceptibles d'entraîner sur le terrain des conséquences de nature également opposées, et par là même à amener le planificateur à définir une stratégie. Aussi, la démarche comporte-elle deux étapes :

- 1) élaboration des scénarios [1.1.2.],
- 2) évaluation (en partie économique) des scénarios [1.1.3.].

1.1.1.2. Autres cas

Le recours à des scénarios peut être utile, en dehors de toute procédure de schéma, lorsque des projets se trouvent remis en question par divers acteurs sociaux, révélant du même coup des contradictions ou des divergences, jusque là plus ou moins implicites, sur la finalité globale de l'aménagement.

Il s'agit en somme pour les pouvoirs publics de permettre de baliser la réflexion et encadrer les projets, avant de pouvoir déclencher une procédure d'élaboration d'un véritable schéma.

1.1.2. Elaboration

1.1.2.1. Conditions

Pour espérer générer, par une méthode de scénarios, des résultats significatifs, il est nécessaire de pouvoir construire ceux-ci à partir de deux bases (dont la validité dépendra directement de la qualité de l'état des lieux, tant pour les milieux que pour les usages et, bien entendu, leurs relations mutuelles).

a. Première condition : des alternatives fortes

La mise en oeuvre de scénarios n'a d'intérêt pour le choix d'une stratégie que dans la mesure où le diagnostic global a permis de mettre clairement en évidence à la fois :

- une tendance spontanée du système : scénario tendanciel,

- une marge d'action disponible tant pour renforcer cette tendance, que pour la contrecarrer au moins partiellement (c'est à dire la retarder), offrant ainsi matière à deux **scénarios contrastés**.

[Le meilleur exemple de cette configuration est celui, déjà cité à plusieurs reprises, d'une rivière de grand intérêt aquatique et écologique, mais marquée par un processus de chenalisation progressive, avec :

- un ensemble de modifications en chaîne, inéluctables si l'on ne fait rien, et se soldant par une banalisation du site : **scénario tendanciel**,
- mais aussi une faculté pour l'homme de précipiter ce changement, comme conséquence (involontaire) de ses activités structurantes (extractions, protection de berges, ...) : **scénario rivière contrôlée**,
- comme de le retarder délibérément en conservant (voire en augmentant artificiellement) la possibilité de divagation : **scénario rivière divaguante**.]

b. Deuxième condition : la bonne connaissance du fonctionnement

Elle est indispensable pour pouvoir :

- projeter l'état actuel sur le futur,
- décrire sa réponse (en sens de variation, voire en amplitude) à des changements introduits par hypothèse.

Un scénario est d'autant meilleur qu'il est aisé de ramener ce fonctionnement à un **enchaînement de modifications** des milieux et des usages, déjà partiellement observées, et qui sont susceptibles de se manifester pleinement en l'espace de quelques décennies (du court terme ... à l'échelle de temps du géographe).

[Dans ce même exemple, l'on sait qu'en l'absence d'intervention, la rivière ne reviendra pas à son état d'origine, mais poursuivra son creusement, avec une cascade d'effets négatifs pour les milieux naturels et une majorité d'usages :

- disparition des divagations du lit actif,
- chenalisation du lit,
- abaissement des niveaux d'eau de la rivière,
- abaissement des nappes phréatiques,
- assèchement des bras morts, atteinte à la recharge,
- disparition de la forêt pionnière,
- colonisation végétale des parties basses du lit,
- banalisation végétale des parties hautes,
- réduction des sections en crue, vitesses d'écoulement plus élevées,
- effondrement localisé des berges et des protections,

- apparition du substratum, disparition des bancs de galets,
- banalisation de la faune aquatique et terrestre, auxquels il est relativement aisé d'associer des changements dans la satisfaction des divers usages :
- augmentation des dégâts de crue,
- augmentation de la capacité locale d'érosion,
- atteinte au potentiel pour l'A.E.P.,
- chute d'intérêt écologique,
- risques accrus pour les infrastructures, l'habitat, l'agriculture,
- baisse de potentiel pour la baignade,
- etc..

Un tel scénario tendanciel peut être résumé sous la forme d'un graphe causal, figurant les différentes liaisons.]

1.1.2.2. Types de projection

Rappelons que toute méthode de scénario revient à projeter, sur une année future, le niveau d'une variable d'état du système étudié, à l'aide d'une «raison» (généralement un taux), en prolongeant la tendance observée et en tenant compte autant que possible de l'influence d'autres facteurs.

L'horizon peut comporter à la fois :

- un moyen terme : 15 ou 25 ans [ce qui constitue, à l'échelle de temps du géographe, de l'hydrologue ou de l'écologie, du (très !) court terme],
- un court terme intermédiaire : 5 ou 10 ans.

a. Une discussion des hypothèses

La qualité d'une projection ne réside nullement dans la **précision numérique** (il ne s'agit pas de prévision) mais dans une **large interrogation sur les différents facteurs** susceptibles d'affecter l'évolution et que l'on risquerait d'oublier si l'on ne raisonnait pas par scénario.

[Par exemple : pour projeter les prélèvements en A.E.P. sur la nappe, il faudra considérer (et discuter) chacune des grandeurs suivantes :

1 - l'évolution des cubages annuels sur les captages existants :

- population desservie \times évolution prévue (urbanisme),
- consommation/an/habitant \times évolution (compte tenu ou non de l'élasticité de la demande par rapport au prix ou/et au niveau de vie),
- ratio de facturation (rapport cubage facturé/cubage prélevé) \times évolution (selon l'effort de lutte contre les pertes en réseau, etc.),

2 - l'implantation de nouveaux captages (prévue, probable, plausible compte tenu des perspectives du marché régional de l'eau, relevées dans l'état des lieux sectoriel, par exemple : exportation d'eau vers telle agglomération) :

- idem.

On raisonnera de façon similaire pour chacune des variables à projeter : prélèvements pour l'irrigation, l'industrie, rejets, fréquentation en baignade, pêche, etc..]

b. L'inacceptable et le nécessaire

Plus encore que la technique de projection et la discussion des hypothèses, la force d'une méthode de scénarios repose sur la capacité de mettre en parallèle deux évolutions (mieux : trois si possible) :

1 - **le scénario de l'inacceptable** : c'est l'état futur que l'on constaterait si l'on n'introduisait, dans l'évolution spontanée du système techno-naturel, aucune modification : nouveaux ouvrages, nouvelles règles de comportement ; on admet ici qu'il sera jugé inacceptable pour les partenaires ou certains d'entre eux (sinon, y aurait-il besoin d'élaborer un schéma ?),

2 - **le scénario du nécessaire** : à la différence du précédent, qui s'établit par composition « descendante » :

niveau initial * tendance donnée
→ niveau final obtenu

ce schéma, lui, procède d'un raisonnement récursif :

niveau final souhaité * niveau initial constaté
→ tendance nécessaire

En d'autres termes, c'est l'écart entre l'inacceptable et l'acceptable qui détermine les modifications nécessaires à introduire dans les comportements.

3 - Si les deux états finaux (le tendanciel, l'acceptable) apparaissent trop peu contrastés, il y a lieu de considérer le premier comme un scénario médian et d'en introduire alors un troisième, fondé sur l'introduction (volontaire ou involontaire) de modifications ayant pour effet d'aggraver l'évolution.

[L'exemple précédent illustre cette double possibilité :

à deux scénarios :

- le scénario tendanciel (enfoncement naturel de la rivière, sans aggravation, ni actions retardatrices) est jugé tout à fait inacceptable,
- dans un second scénario (rivière divaguante), on identifiera les mesures nécessaires pour maximiser la divagation du lit (déplacement d'occupations et d'ouvrages, arrêt de certaines extractions, ...) et, dans ce cadre, on projetera les grandeurs importantes (surface agricole perdue, bancs de galets sauvegardés ou gagnés, ...),

à trois scénarios :

- le tendanciel n'est pas jugé « suffisamment inacceptable »,
- un scénario supplémentaire (**rivière contrôlée**) réunira un ensemble d'hypothèses de comportement « insouciant » (multiplication anarchique des protections de berge, des extractions, des pompes agricoles, ...) et, en projetant leur effet cumulé, donnera une image future du système, si l'homme « fait tout » pour accélérer la banalisation tendancielle du site.]

Le schéma de la figure 1 résume la philosophie d'une méthode par scénarios contrastés (avec trois scénarios) :

- l'état futur [1] est la prolongation de l'état actuel [0] sur la base de la seule tendance observée, en l'absence d'action particulière (améliorante ou aggravante),

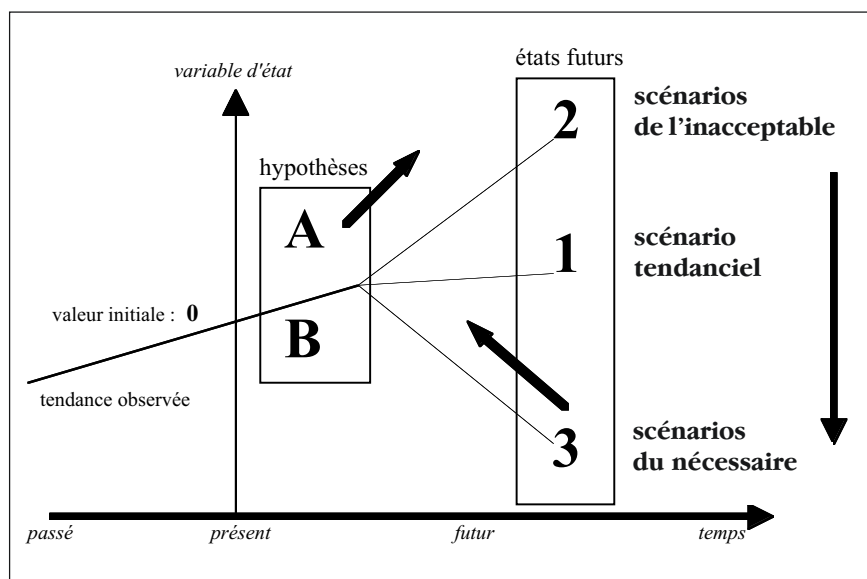


Figure 1 : Principe des scénarios contrastés

- l'état futur [2] est celui que l'on risque de provoquer à terme par des comportements (involontairement) aggravants, spécifiés en hypothèses A,
- l'état futur [3] est celui défini comme souhaitable ou préférable, on en déduit les modifications nécessaires pour s'en rapprocher, qui deviendront les hypothèses B d'un nouveau scénario,
- l'intervalle [2,3] figure la marge d'amélioration à apporter au maximum dans l'état futur des milieux et des usages,
- l'intervalle [A,B] définit l'ampleur des réformes à introduire pour éviter les comportements néfastes et promouvoir les comportements favorables.

1.1.3. Evaluation

On se limite ici aux aspects économiques et financiers. Bien entendu, tant au stade de l'élaboration que de l'évaluation, les scénarios mettent aussi en jeu des données et relations :

- physiques (hydrologiques, hydrogéologiques, ...),
- techniques (créations d'ouvrages, ...),
- écologiques (qualité des milieux),

à intégrer avec les données et relations économiques,

- soit dans le sens actif : prise en compte du techno-naturel dans la définition des actions économiques (notion de **contraintes**),
- soit dans le sens passif : prise en compte de l'incidence des actions (destructives ou préservatrices) (notion d'**impact**).

Ce terme ambigu « d'évaluation » recouvre deux ensembles d'opérations bien distincts :

- l'un fait partie de l'élaboration des scénarios : **le choix et la présentation des variables projetées**,
- l'autre relève de l'**exploitation des valeurs projetées**, notamment par agrégation de ces variables, plus ou moins nombreuses, en un nombre réduit d'**indicateurs synthétiques** afin d'aider les partenaires à exprimer leurs préférences.

1.1.3.1. Les variables projetées

a. Rappel de généralités

Les projections seront d'abord **sectorielles** et, autant que nécessaire, **géographiques** (sur la base des sections de vallée, ou de tout autre découpage significatif et praticable).

Elles peuvent faire l'objet de diverses présentations, qu'il n'est pas nécessaire de détailler ici :

- tableaux (sections x usages) par scénario,

- tableaux (sections x scénarios) par usage,
- etc.,

Sur le choix des **variables à projeter**, aucune réponse générale ne peut être donnée ici ; il dépend de la nature des problèmes posés et de la finesse de l'état des lieux. Afin de ne pas encombrer inutilement les analyses et les discussions, il est judicieux de limiter - autant que possible - les scénarios aux variables pour lesquelles les hypothèses contrastées apparaissent discriminantes.

b. Du point de vue économique-financier

Au-delà des variables de volume, exprimant des niveaux d'usages (cubages prélevés, baigneurs/km, etc.), les variables économiques projetées relèvent de plusieurs catégories :

1 - des **coûts associés aux actions**, sous deux formes :

1.1 - des **coûts financiers** ou **directs** : dépenses d'investissement (travaux, équipement, foncier) + fonctionnement associé, nécessaires à la réalisation d'un objectif dans un milieu ou au respect d'une nouvelle norme (*exemple : en épuration*),

1.2 - des **coûts économiques** ou **indirects** : manques à gagner induits par des limitations d'usages (normes réglementaires ou engagements contractuels) : surcoût de production d'entreprises, surcoût d'accès ou de jouissance d'usagers consommateurs, dégâts des eaux supplémentaires,

2 - des **avantages liés à l'amélioration des milieux**, à obtenir en contrepartie des coûts engagés, sous trois formes :

2.1 - des **dépenses évitées**, de protection ou adaptation (*exemple : traitement de l'eau avant usage*), de réparation (*dégâts des eaux évités*), ...

2.2 - des **avantages en nature individualisables** : augmentation de jouissance en quantité (fréquence ou/et durée) (*exemple : pêche, en termes d'aire d'attraction et d'assiduité*) et en qualité (*exemple : pêche, en termes de capture par unité d'effort*),

2.3 - des **avantages en nature collectifs** : valeur d'existence, non évaluable mais matérialisable au moins en termes qualitatifs (présence-absence), de taux de croissance, ou ordinaux (valeur meilleure ou moins bonne que dans tel autre scénario).

1.1.3.2. Indicateurs et critères

a. Définitions

Afin que les acteurs soient en mesure d'exprimer leurs préférences vis-à-vis des différents scénarios, il est néces-

saire de synthétiser les variables projetées, à un double niveau :

- par **indicateur**, nous entendons une expression numérique agrégeant des variables projetées, et définie sur la base d'une question posée par le planificateur [*par exemple : l'importance globale du prélèvement en eau, mesurée par le total des consommations nettes, en % du débit d'étiage de la rivière*],
- par **critère**, nous désignons une transformation mathématique d'indicateurs, susceptible d'être appréciée directement par le décideur, compte tenu de son objectif [*par exemple : selon que le % est inférieur ou supérieur à un seuil, on considérera qu'il y a ou non menace*].

b. Indicateurs non économiques

Ils seront thématiques et globaux, mais aussi plus ou moins éclatés géographiquement suivant les besoins [*par exemple, pour isoler une zone dont la situation est critique en matière de ressources-besoins en eau ou de risques naturels*].

Ces indicateurs auront, en fait, trait à chacun des quelques thèmes majeurs de l'aménagement-gestion de l'eau, qu'il suffit ici de rappeler :

- 1) besoins en eau, ressources, adéquation mutuelle en quantité,
- 2) pollutions offertes et qualités requises,
- 3) préservation de la dynamique fluviale (taux de lit actif ou stabilisé, taux de tressage, % de zone inondable en zone de divagation, etc.),
- 4) préservation des milieux naturels (biodiversité, % de surface en ripisylve, en bras morts, etc.),
- 5) usages in situ (dont : pêche, hydroélectricité, baignade),
- 6) risques (naturels et technologiques).

[Ces thèmes sont cités ici sans aucun ordre de priorité. Bien entendu ils seront regroupés ou subdivisés suivant les préoccupations du planificateur ; certaines redondances sont non seulement inévitables, mais utiles en permettant de rendre plus explicites certaines préoccupations à caractère transversal (exemple : les risques).]

c. Indicateurs économiques

A chaque indicateur ou groupe d'indicateurs thématiques, il est possible d'associer des indicateurs de coûts et avantages énumérés plus haut :

- **coûts financiers** (1.1.) : par sommation (pour les actions correspondant à des projets connus) ou, sinon, par estimation, sinon (sur la base de coûts unitaires ; par exemple en matière d'épuration, de transport d'eau) ; un indicateur de **répartition entre les financeurs** sera également bienvenu ;
- **coûts et avantages économiques** (1.2. et 2.1.) : des estimations sont possibles, mais longues et coûteuses,

aussi devrait-on se contenter de mentions ordinales (comparaison de scénario à l'autre), en cherchant à spécifier, autant que possible, les **perdants ou bénéficiaires** : catégories d'usagers x localisation ;

- **avantages en nature** (2.2. et 2.3.) : même remarque, a fortiori.

Au total, il ne faudra pas oublier qu'un **schéma** ne constitue ni un **programme**, ni un **projet**, mais un encadrement pour des programmes et des projets existants et à venir, avec l'énoncé de grandes masses et de règles de comportement. Aussi n'y a-t-il pas lieu de rechercher à tout prix une exhaustivité et une précision illusoire :

- 1) à côté des projets déjà complètement connus, bien des opérations incluses n'ont, à ce stade, ni maître d'ouvrage désigné, ni localisation, ni spécification technique ; dans ce contexte, des **estimations forfaitaires** (ratios) peuvent donner une idée suffisante des coûts directs et de leur partage,
- 2) quant aux coûts indirects et aux avantages en nature, leur non-évaluation en monnaie n'est pas toujours un handicap puisqu'il ne s'agit en aucune façon ici (comme cela peut être le cas au niveau d'un projet), de **justifier la rentabilité** économique et sociale des actions à entreprendre ; par contre, des **indicateurs non monétaires** auront une double utilité :
 - en rappelant aux acteurs qu'un schéma n'est pas une source seulement de dépenses, mais au moins autant de bénéfices pour l'ensemble des milieux, des usages et de la collectivité toute entière,
 - en permettant, par des mentions ordinales, de classer les scénarios **aussi** en fonction des services naturels produits.

d. Une grille de critères d'appréciation

Les scénarios ainsi élaborés et «évalués» (au sens de : **quantifiés** à l'aide d'indicateurs synthétiques) par l'homme d'étude doivent encore être «évalués» (au sens de : **appréciés** et notamment **classés**) par le planificateur. On procédera en plusieurs phases.

- 1) On commencera par élaborer une **liste de critères** nécessaires et suffisants, sans redondances ni omissions (notion de **famille cohérente de critères**) par rapport auxquels chaque scénario devra ensuite être jugé. Cette opération nécessitera normalement une interaction entre l'homme d'étude et la commission et en fait, à travers cette dernière, avec les différents participants. En effet, la prise en considération ou non d'une variable ou d'un indicateur ci-dessus comme critère peut être perçue par un acteur comme non neutre, risquant de le «pénaliser» ou de «favoriser» un autre partenaire [*par exemple, il fut naguère un temps où la seule idée d'un suivi de l'eau souterraine en nitrates ou atrazine ne pouvait être évoquée dans une*

instance de ce type sans être perçue comme une persécution des agriculteurs !].

- 2) De même, chaque critère devra être assorti d'une **échelle de préférence**, sur laquelle le décideur pourra positionner sans ambiguïté les divers scénarios. La remarque précédente s'applique également à cette opération : l'obtention d'un **fort consensus** à ces deux stades est évidemment une condition essentielle à la qualité de toute la procédure.
- 3) Dans ce cadre, il restera à traduire en termes de critères les résultats de chacun des scénarios. Le document soumis à l'appréciation du décideur prendra la forme d'un **tableau de performance**, tel que schématisé en figure 2.

| CRITERES | | SCENARIOS | | |
|-------------|---------|-----------|------|------|
| désignation | échelle | Sc.1 | Sc.2 | Sc.3 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Figure 2 : Tableau de performance des scénarios

1.2. Schéma

Sont présentés ici les aspects économiques et financiers d'un schéma au stade de son élaboration (évaluation **prospective**), mais aussi à celui de son contrôle a posteriori (évaluation **rétrospective**).

1.2.1. Evaluation prospective

1.2.1.1. Contexte et objectif

a. Contexte

La commission a retenu l'un des scénarios, ou une variante intermédiaire, comme exprimant le mieux sa préférence (**séquence 4**).

Il s'agit alors pour le chargé d'étude de traduire formellement cette stratégie en priorités, en objectifs et en moyens, à plusieurs niveaux :

- **orientations** (larges), concernant les milieux, les usages, les espaces,

- **objectifs** (précis) : de qualité, de quantité, de satisfaction des usages, de répartition de la ressource, de fonctionnement des milieux, de protection écologique,
- **règles de bonne gestion** (réglementation renforcée, préconisations techniques non réglementaires), à l'intention des usagers mais aussi des autorités publiques à différents titres (police, maître d'ouvrage, financeur),
- **listes d'actions**, nécessaires pour atteindre ces objectifs :
 - les unes spécifiées totalement (projets),
 - les autres désignées incomplètement, voire encore totalement inexistantes.

Le tout, sous la forme de documents du S.A.G.E. (**séquence 5**), à définir par la commission¹.

b. Objectif

Le schéma «évalue les moyens économiques et financiers nécessaires à sa mise en oeuvre» (loi du 03.01.92, article 5, alinéa 6) : cette formulation ambiguë conduit à s'interroger sur le contenu «économique» du document final. En effet, si l'évaluation des moyens financiers ne suscite aucune question de principe, par contre l'évaluation des moyens économiques nécessite deux interprétations.

Première question : Moyens économiques

- S'agit-il de moyens **autres que financiers**, donc ne se traduisant pas par une dépense directe (d'investissement, de fonctionnement), mais par un manque à gagner, un surcoût (par ex : en cas de limitation d'accès ou d'usage) ?
- Ou bien d'une **énumération des moyens (tous)**, classés suivant leur **nature économique**, soit [en suivant un gradient aménagement → gestion] :
 - 1 - création ou modification (physique) d'ouvrage,
 - 2 - travaux sur le milieu,
 - 3 - modification des conditions d'exploitation d'ouvrage existant,
 - 4 - règles d'usage : accès, exercice,
 - 5 - règles d'occupation des sols,
 énumération assortie ensuite des coûts **financiers** correspondants ?

En effet, parmi les moyens non structurels (3, 4, 5), certains peuvent nécessiter un financement, au même titre que les moyens structurels classiques (1, 2) [par exemple : le relèvement du débit d'étiage dans un cours d'eau

¹ Pour plus de détail, se reporter au Guide méthodologique (Direction de l'Eau, op.cit.) : 2.4 Choix de la stratégie, et 2.5 Les produits du S.A.G.E., p60-70. Toutefois la liste ci-dessus nous paraît plus claire et plus cohérente avec la logique économique développée dans ce chapitre.

court-circuité par un aménagement du type C.N.R., déjà existant, ou le partage de réserves E.D.F. au bénéfice d'autres usages de l'eau].

Quoi qu'il en soit², une telle double énumération (celle des moyens par catégorie, celle des coûts financiers associés) présente deux avantages pratiques :

- en permettant de prendre en compte dans un même tableau **toutes** les possibilités d'approcher un objectif, y compris par des **actions de gestion comme substitut à des actions d'aménagement**,
- en démontrant s'il y a lieu aux yeux des financeurs la modestie financière de certaines actions non structurées.

Seconde question :

Evaluer les moyens économiques

- En toute rigueur, «évaluer des moyens économiques», si ce n'est par leur **coût**, signifie de quantifier et monétariser les **avantages** que leur mise en oeuvre permet de produire. Or, il s'agit d'un exercice toujours périlleux, comme on l'a vu (cf. Volume 1) et on le verra en détail en évaluation de projet (cf. 2.3.), et plus encore à l'échelle d'un schéma. Est-ce bien ce qu'attend la commission ?

De plus, en plaçant l'accent de manière insistante sur la valeur des services naturels (surtout comme source de difficultés pour les économistes !), ne risquerait-on pas de réactiver inutilement une logique qui exigerait d'avoir à **justifier économiquement, chiffres à l'appui, la protection-réhabilitation des milieux aquatiques**, et qui semble contraire à la philosophie des S.A.G.E. et de la loi sur l'eau³.

- Ou bien ne s'agit-il pas plutôt, derrière une maladresse rédactionnelle, d'évaluer le **coût financier** [= dépenses directes] et **économique** [manques à gagner, surcoûts indirects] **des moyens** nécessaires à sa mise en oeuvre ?

On optera en principe pour la seconde interprétation, tout en rappelant, autant que nécessaire, que les coûts financiers et les coûts économiques liés au schéma présentent des contreparties non évaluées (ne serait-ce au minimum qu'à travers une colonne «avantages : pour mémoire» ou en termes qualitatifs).

1.2.1.2. Eléments méthodologiques

On admet ici que les différentes actions reconnues nécessaires aux différents objectifs sont récapitulées et classées par nature, comme suggéré ci-dessus.

a. Les données

Il s'agit alors d'assortir chaque action ou groupe d'actions des données ou estimations suivantes :

- 1) **coût financier** :
 - investissement,
 - fonctionnement (annuel),
 - répartition du financement (parts Etat, région, département, agence, usager, ...),
- 2) **coût économique** :
 - manque à gagner, surcoût (estimé, sinon en clair),
 - usagers contributeurs (catégorie * localisation),
- 3) il est très souhaitable de mentionner, en termes aussi explicites que possible (même en l'absence de données chiffrées en monnaie ou en nature) les **avantages attendus** :
 - nature,
 - bénéficiaires (catégorie, localisation).

b. Le tableau de synthèse

La figure 3 résume la structure générale du **tableau des coûts financiers, des coûts économiques et des avantages** associés au schéma (voir plus loin).

- Chaque case en ligne figure une catégorie ou sous-catégorie de moyens, comme suggéré plus haut.

[Par exemple :

- assainissement autonome,
- station d'épuration : création,
- station d'épuration : extension, modification,
- collecteur d'eaux usées : création, extension,
- collecteur d'eaux usées : fonctionnement,
- effluents d'élevage,
- périmètres de protection de captages,
- renaturation de milieux annexes,
- modification du mode de gestion des ouvrages hydroélectriques,
- etc.]

- Bien entendu, ce tableau peut faire l'objet de diverses subdivisions sur une base **géographique**, par nature des opérations ou/et catégorie d'**objectifs**.

- En ce qui concerne les sources :

- 1) les projets **connus** sont repris avec leurs données de coût, voire d'avantages, y compris en nature [exemple : pour les ouvrages d'épuration : la quantité de pollution retenue supplémentaire, etc.] ;
- 2) pour les actions techniques **non encore traduites en projets**, il est possible d'effectuer une estimation globale, en appliquant au niveau agrégé de service ou

² Les travaux parlementaires ne sont pas très explicites sur ce point. Mais cette interprétation nous semble la plus conforme à l'esprit général de la loi et de l'approche intégrée qu'elle préconise.

³ Dans la mesure où le principe de respect des équilibres naturels comme étant d'intérêt général (art.1) implique un renversement de la charge de la preuve (c'est désormais la non-rentabilité économique qui doit être établie par les acteurs qui l'allèguent).

| Moyens | | Coûts financiers | | | Coûts économiques | | Avantages | |
|----------|-------|------------------|--------|-------------|-------------------|---------------|-----------|---------------|
| type | liste | invest. | fonct. | Répartition | nature | contributeurs | nature | bénéficiaires |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Ensemble | | | | | | | | |

Figure 3 : Coûts financiers, coûts économiques et avantages liés au schéma : structure générale du tableau.

de capacité, des coûts moyens statistiques (de nombreuses données sont disponibles de nos jours) ;

[Exemples :

- coût d'épuration (investissement, fonctionnement) suivant le type de filière et la classe de taille,
- coût d'entretien de rivière par kilomètre, suivant le type de travaux,
- etc.)]

- Il est important de prévoir un troisième ensemble de colonnes mentionnant les avantages produits en contrepartie de ces coûts :

- nature,
- bénéficiaires : catégories, localisation.

[Par exemple :

| MOYENS | Type | augmentation débit réservé |
|--------|-------|----------------------------|
| | Liste | rivière X, rivière Z, ... |

COÛTS FINANCIERS (...)

COÛTS ECONOMIQUES

| | | |
|----|---------------|--|
| 1. | Nature | perte énergétique |
| | Contributeurs | EDF conseil général, agence eau, chambre d'agriculture |
| 2. | Nature | baisse d'attrait récréatif (abaissement du plan d'eau en été) |
| | Contributeurs | économie touristique locale |
| 3. | Nature | baisse de potentiel pour la baignade sauvage (réduction des aires en galets exondées en été) |
| | Contributeurs | populations des agglomérations X, Y, ... |

AVANTAGES ECONOMIQUES

| | | |
|----|---------------|--|
| 1. | Nature | reconstitution des frayères (économie de dépense de gestion piscicole) |
| | Bénéficiaires | pêcheurs et leurs sociétés |
| 2. | Nature | soutien de la nappe en aval |
| | Bénéficiaires | AEP des villes X, Y (les gestionnaires ou / et les usagers) |
| 3. | etc. | |

- Enfin, chaque colonne de **coût** peut être subdivisée en :
 - 1) coût global estimé de réalisation des objectifs,
 - 2) coût des actions déjà prévues hors S.A.G.E., de manière à faire apparaître, par différence :
 - 3) le coût **net attribuable** au S.A.G.E.

1.2.2. Evaluation rétrospective

[Ici encore, seuls sont abordés les aspects économiques et financiers.]

1.2.2.1. Suivi annuel

a. Contexte

Le schéma ainsi formulé a fait l'objet d'une validation interne (cohérence) et externe (conformité) (**séquence 6**, marquant le terme de la phase d'élaboration), puis d'une consultation et d'une approbation.

Il est entré en application : tous les acteurs partenaires de l'eau sur le terrain sont désormais tenus de s'y référer et conformer pour ce qui les concerne.

La C.L.E. doit assurer de nouvelles missions de gestion du schéma (**phase 3**).

b. Objectif

Parmi les objectifs de la C.L.E. à cet égard, certains sont susceptibles d'appeler une collecte de nouvelles informations économiques et financières : les **tableaux de bord**. Ceux-ci peuvent constituer une base pour la mise en place d'une analyse des écarts et d'un dispositif de gestion inspiré de la D.P.O. (direction par objectifs).

c. Tableaux de bord

Sous ce terme, on désigne des ensembles d'indicateurs, aussi synthétiques que possible, permettant de suivre à court terme (année) :

- l'évolution des milieux et des usages à partir de l'état initial,
- la réalisation des objectifs,
- l'engagement des moyens.

Leur composition, et en particulier la liste des informations économiques et financières, variera d'un schéma à l'autre, avec les priorités politiques, la manière de décrire l'état initial des usages. Cependant, il semble que cinq types d'indicateurs puissent être nécessaires à un suivi économique :

- 1) mise à jour de l'état des principaux usages, d'où un certain nombre de **sous-tableaux de bord par usage** (d'un milieu ou sous-milieu), sous la forme d'une fiche permettant de constater l'engagement des actions prévues et de rapprocher l'objectif et l'évolution effective,
- 2) une(des) **synthèse(s) usages-ressources**, en termes de satisfaction et de tension,
- 3) une(des) **synthèse(s) de coûts financiers** : niveaux et écarts, répartition entre contributeurs,
- 4) une(des) **synthèse(s) de coûts économiques** : récapitulation des contraintes (prévues et effectives) en nature, et des contributeurs,
- 5) essai de **récapitulation des avantages** créés en nature.

1.2.2.2. Evaluation pluriannuelle

a. Contexte et objectif

L'examen a posteriori d'un schéma peut intervenir dans plusieurs circonstances.

Révision

Bien qu'un schéma doive a priori constituer un document à la fois prospectif, scientifiquement fondé, cohérent et consensuel, sa mise en oeuvre peut, à travers plusieurs années d'application et de suivi annuel (5 ans, sauf événement majeur), révéler des **dysfonctionnements**, voire une inadéquation, non corrigibles sans une adaptation du schéma.

Ou bien, un **projet d'intérêt général**, non connu lors de la phase d'élaboration du schéma mais ayant des incidences sur les milieux ou les usages de l'eau dans le périmètre, doit désormais être pris en compte.

Evaluation finale ou intermédiaire

Indépendamment de ces circonstances «critiques», il va de soi qu'un outil visant à être opérationnel au-delà du court terme nécessitera une évaluation a posteriori terminale (10 ans) ou/et à mi-parcours. Il s'agira alors de placer l'accent sur les aspects pour lesquels les suivis annuels ne peuvent apporter d'éléments suffisants (d'information, d'analyse notamment de comparaison et d'interprétation, et de réflexion), et qui se situent à plusieurs niveaux, soit (par ordre de complexité croissante) :

- **efficacité** : dans la mise en oeuvre du schéma (réalisation vs. objectifs),
- **cohérence** : dans la conception (adéquation des moyens prévus aux objectifs),
- **interaction** : avec les politiques sectorielles (transport, énergie, urbanisme, ...) et l'aménagement du territoire, et par là même :
- **pertinence** : des objectifs eux-mêmes, voire des orientations, par rapport à un système plus large (techno-naturel, socio-économique et politique).

b. Eléments méthodologiques

De telles recommandations apparaissent prématurées. Cependant, il n'est pas incongru de penser qu'à ce stade, au-delà :

- de la collecte d'**informations** (qui aura été déjà largement entamée si l'état des lieux est mené d'une manière suffisamment approfondie, puis amélioré à travers les suivis périodiques),
- et d'analyses **interprétatives** sur moyenne période (à l'aide de modèles économétriques),
- pourra être mis en oeuvre un véritable processus d'**évaluation de politique publique**. Cependant, l'exposé d'une telle démarche dépasse le cadre du présent document.

2 - Evaluer un projet

Introduction

Ce chapitre peut être exploité hors de l'élaboration ou du suivi d'un schéma d'aménagement et/ou de gestion des eaux. Cependant, le chargé d'étude d'un schéma peut s'y référer chaque fois qu'en cours de préparation ou de mise en oeuvre de celui-ci, la collecte, le traitement ou l'interprétation de certaines informations nécessite l'examen de projets particuliers (eux-mêmes en cours de gestation, de réalisation ou déjà réalisés).

Remarque de terminologie

Le mot «projet» désigne ici exclusivement des projets d'action (notamment tels que pris en compte dans le schéma), et en aucun cas ne concerne le «projet» de schéma, qui fait l'objet de l'essentiel du paragraphe précédent. Par extension, ce chapitre s'applique aussi à un programme, si du moins celui-ci ne comprend que des projets dont les objectifs, les moyens et les effets attendus ont été spécifiés d'une manière suffisamment précise (au moins vis-à-vis des aspects «eau» qu'il s'agit d'analyser).

2.1. Contexte et objectif

2.1.1. Contexte

2.1.1.1. Le domaine

Il est question ici uniquement :

- de projet ayant pour **but** ou pour **effet** de modifier l'état du système techno-naturel du cours d'eau : la démarche d'évaluation économique de projet en général (avec le traitement des distorsions de coûts et prix par les subventions, la fiscalité, le chômage, les relations extérieures, les règles d'amortissement des investissements, etc.) n'est pas abordée,
- d'étude économique : on suppose que toutes les études appropriées aux différents stades (techniques, écologiques, voire juridique et sociologique, dont l'étude d'impact) ont été effectuées.

2.1.1.2. La situation décisionnelle

Les contextes institutionnels dans lesquels un besoin d'évaluation économique pour une action peut apparaître sont trop divers pour être évoqués exhaustivement. Toutefois, on couvre aisément l'ensemble des cas possibles en se donnant une définition **minimale**, qui peut être la suivante :

- 1) l'**initiateur** de la demande est :
 - 11) un **maître d'ouvrage** (du projet), dont le projet constitue :
 - l'activité principale (*exemple : un syndicat intercommunal d'aménagement de rivière, vis-à-vis d'un projet de travaux de protection de berges contre l'érosion*),
 - une activité seconde, par rapport à une activité principale de type marchand (*exemple : un producteur d'électricité, par rapport à un projet visant à augmenter le débit réservé, un industriel par rapport à un projet visant à réduire son rejet*),
 - 12) un **financeur public** (conseil général, agence de l'eau, Etat), soucieux d'une meilleure affectation des fonds,
 - 13) le **planificateur - eau** (Etat, C.L.E., comité de bassin), par sa mission générale de cohérence politique ou comme arbitre (de droit ou de fait) d'un conflit jugé important au regard de cette cohérence,
 - 14) un **juge** soucieux de s'informer avant de trancher un litige mettant en jeu un intérêt particulier et l'intérêt général, ou encore un conflit entre deux intérêts publics (*par exemple : une U.P. de transport ou de sécurité de l'approvisionnement énergétique vs. une U.P. de préservation du milieu aquatique*),
- 2) l'**action** projetée (ou réalisée s'il s'agit d'évaluation a posteriori) constitue une **réponse** technique à un problème lié à l'eau et générateur d'une **demande sociale**:
 - 21) le **problème** : il peut s'agir de :
 - pollution,
 - protection (inondation, érosion),
 - déficit en eau ;
 - 22) par **demande sociale**, on entend :
 - une expression (directe) ou une traduction (indirecte) à travers le système socio-politique, quelle que soit la filière (*par exemple : mouvement associatif, assemblée politique, injonction administrative, médiateur, etc.*),
 - mettant en cause une relation entre des usages ou/et la fonctionnalité du milieu naturel,

23) l'action projetée (réalisée s'il s'agit d'évaluation a posteriori) consiste dans :

- un **ouvrage** à créer ou modifier (physiquement), des travaux sur le milieu naturel (*exemple : dispositif de stockage ou de retardement des crues, station d'épuration y compris en extension de capacité ou en renforcement de la filière, transfert d'eau entre bassins, fixation de berges, ...*),
- une modification du **fonctionnement** d'ouvrage(s) (*exemple : stockage-déstockage de l'eau dans un réservoir, maniement d'écluses de navigation en période de migration du poisson, modulation de rejet industriel en période critique, ...*),
- des limitations d'**usage** et/ou protections du milieu, directes ou indirectes (c'est à dire par l'accession au foncier) (*exemple : construction en zone inondable, activités sur des périmètres de protection ou des aires de recharge de la nappe, ...*).

2.1.2. Objectif et cas de figure

Au-delà des particularités du cas à étudier, la question qui risque d'être posée à l'économiste dans tous ces types de situation revient toujours à rechercher si **l'effort à consentir** par le maître d'ouvrage pour produire le service [principal] ou satisfaire la nouvelle «contrainte»¹ [activité secondaire] «**vaut son coût**».

2.1.2.1. Les problématiques de base

a. Formulation générale

Derrière sa fausse simplicité, cette expression cache plusieurs problématiques différentes. Aussi, afin de permettre de situer parmi elles le cas à étudier (et par là même de définir correctement l'objet de l'évaluation), il convient de reformuler la question comme suit :

il s'agit de savoir si le service produit par l'action :

- cas 1) **couvre son coût**,
- cas 2) et, si possible, avec le **maximum d'avantage net de coût**,
- cas 3) ou si la solution, même ne couvrant pas son coût ou n'apportant pas le maximum d'avantage net, n'est pas malgré tout **globalement la meilleure** des solutions possibles.

Cette formulation, sans doute sibylline ou faussement triviale pour le non-familier d'économie publique, a l'avantage de la rigueur mais appelle quelques précisions.

b. Le coût et l'avantage

Une action qui couvre son coût (cas 1) produit un avantage (en monnaie) au moins égal à son coût : elle n'est pas mauvaise (il faudrait a priori l'éliminer si elle était **déficitaire**). Mais elle n'est pas nécessairement la meilleure parmi les variantes (notamment de taille) envisageables pour rendre le service en question.

La **meilleure** est celle pour laquelle l'avantage, net de coût, est le plus élevé (cas 2) (parmi toutes les variantes qui satisfont à la condition 1). Elle est dite action **optimale**.

Toutefois, les cas 1 et 2 postulent que l'avantage est exprimé «normalement» (comme l'est le coût) en monnaie.

Si ce n'est pas le cas : avantage exprimé **en nature** (*par exemple : le projet produit des rejets polluants en moins, une hauteur et/ou durée de submersion moindre, des m³ supplémentaires d'eau disponible, des m² de frayères en plus etc.*), il convient :

- soit d'adopter une méthode appropriée pour lui attribuer une valeur monétaire,
- soit de renoncer à trouver l'action optimale et à chercher seulement l'action la plus **efficace** : celle dont l'avantage (en nature) par unité de coût est le plus élevé (*par exemple : le programme d'épuration, qui maximise le nombre d'équivalents habitants supprimés (des rejets) pour 1000 francs d'investissement*).

c. Autres préoccupations du décideur

Tous ces cas de figure supposent qu'une action ne doit être évaluée (comme : bonne, meilleure qu'une autre, la meilleure de toutes) que sur la base :

- du **montant du coût** (en monnaie),
- du **niveau attendu de service** (en monnaie, sinon : en nature).

En réalité, bien d'autres considérations que ces deux montants (et les différentes manières de les composer en un indicateur global) revêtent au moins autant d'importance pour les décideurs (surtout). Notamment :

- 1) en matière de coût : le montant total n'est pas la seule caractéristique digne d'intérêt pour évaluer une action ; ceux-ci peuvent se montrer au moins aussi attentifs à :
 - sa **composition** (part de l'investissement et du fonctionnement),

¹ Le terme «contrainte» ne doit pas être pris au sens juridique (prescription administrative) mais au sens mathématique (limitation sur une variable, à respecter pour maximiser une recette ou minimiser un coût) ; il peut en effet s'agir aussi bien d'une action volontaire ou contractuelle.

- son **échelonnement** dans le temps (possibilité de fractionner l'investissement ; stabilité, croissance ou décroissance du coût annuel, ...),
 - sa **répartition** entre financeurs (part des subventions),
- 2) en matière de service :
- catégories de **bénéficiaires**,
 - exposition à des **risques** notamment irréversibles,
 - existence ou non d'un **substitut**,
 - etc..
- 3) considérations techniques, économiques, socio-politiques plus larges ou ... plus étroites, telles que :
- **adaptabilité** technique,
 - **consensus** des acteurs (de tous, ou de certains en particulier),
 - cohérence avec une **autre politique** (énergétique, agricole, ...),
 - **légitimation** de l'organisme porteur (vis-à-vis de l'opinion publique, de l'administration de tutelle, ...), possibilité de créer un précédent sur le plan technique, administratif, financier ou médiatique.
 - etc...

de «dimensions» à intégrer dans une **comparaison globale** de différentes actions concurrentes. Dans ce cadre «multidimensionnel», rien n'exclut qu'une action qui ne serait pas la moins coûteuse ou la plus efficace ou rentable apparaisse globalement («tous comptes faits») comme un **assez bon compromis**.

d. Schéma récapitulatif

Au total, on commencera à se situer parmi trois grands cas de figure. Pour cela, il suffira de répondre aux trois (éventuellement quatre) questions successives, telles que présentées sur la figure 4.

(On admettra que l'évaluation consiste toujours en une **comparaison d'actions**, ne serait ce qu'entre des variantes de taille ou, à la limite, entre une action unique et celle qui consisterait à ne rien faire.)

Les trois types d'évaluation qui ainsi dégagés sont présentés en 2.2., avec les méthodes usuelles correspondantes, leurs domaines d'application privilégiés et leurs limites.

2.1.2.2. Le problème du non-marchand

Pour pouvoir identifier pleinement la problématique dans laquelle on se situe, il faut être en mesure de répondre à la question 4, à vrai dire lancinante dans le domaine de

De tout cela, le chargé d'étude doit être parfaitement conscient : toutes ces préoccupations constituent en fait autant

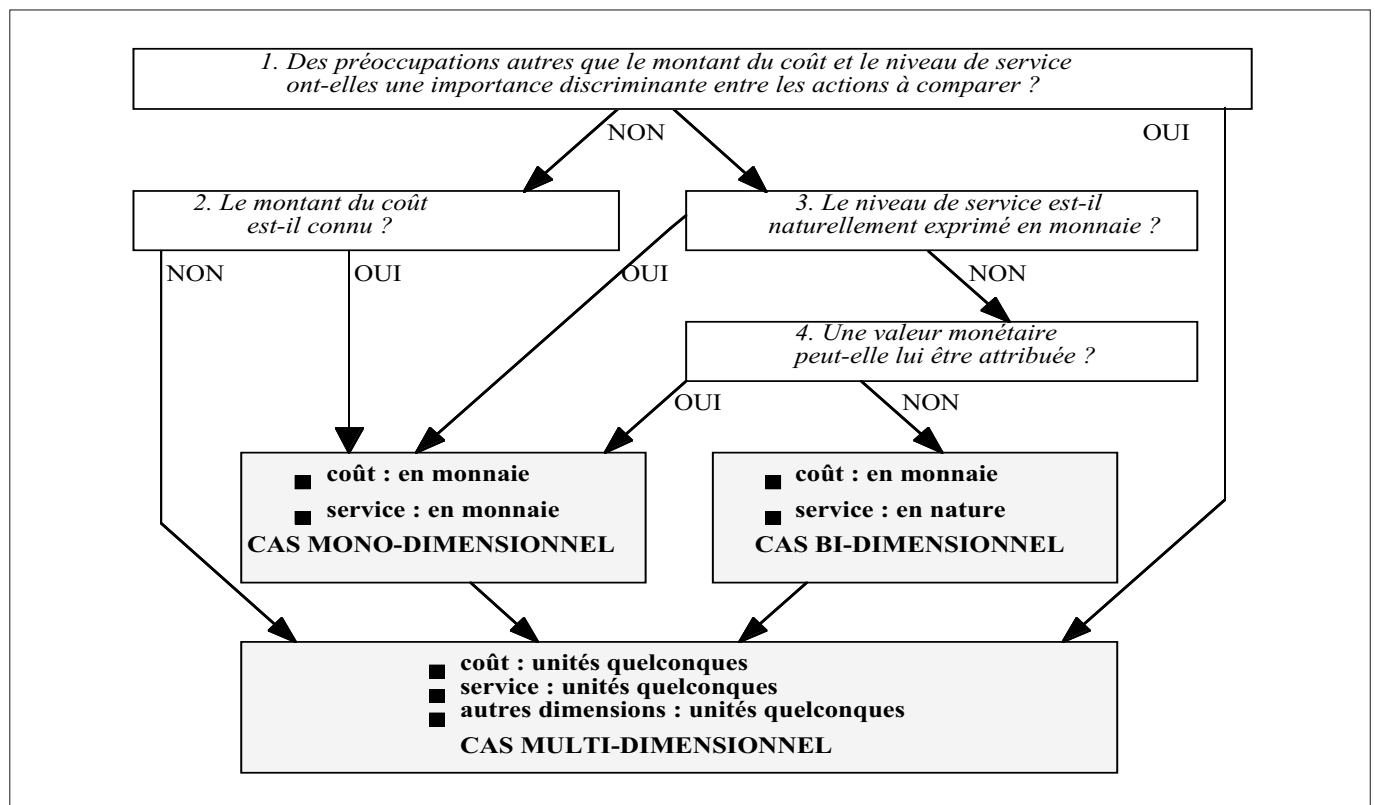


Figure 4 : Cas d'évaluation économique de projet «eau».

l'eau, particulièrement des milieux aquatiques à propos des usages non marchands (in situ) et du non-usage [cf. Volume 1] :

une valeur monétaire peut-elle être attribuée au service produit ou attendu ?

C'est un thème qui, à défaut d'un argumentaire méthodique et d'une information sur les diverses méthodes, risque d'engendrer davantage de malentendus et de fausses évidences, que de bonnes questions (pour ne point parler des réponses !). Aussi, on trouvera en 2.3. un état (succinct mais rigoureux) de la question.

2.2. Evaluation globale

Dans tous les cas, il s'agit de comparer des actions [c'est à dire établir qu'une action est meilleure qu'une autre, voire la meilleure de toutes] sur la base :

- du coût,
- du niveau de service,
- ou/et d'autres critères.

1) Nous commençons par le cas de figure le plus simple et courant dans le domaine de l'eau : comparer les **coûts** de différentes actions rendant le **même type de service** (à niveaux égaux ou différents), exprimé **en quantité** : cas **bi-dimensionnel**. Il va sans dire, cette approche n'est, par définition, pas applicable pour comparer des actions rendant des services de type différent, ... ce qui n'est pas le cas de la suivante.

2) Ensuite, on envisage la situation dans laquelle le service rendu est normalement exprimé **en monnaie**, ce qui, en pratique, recouvre deux domaines :

- la production du service est de type **marchand** (bien ou service payant),
- il s'agit de **perte évitée** : celle-ci est usuellement exprimée par les victimes, ou estimée par des experts ou des statisticiens.

Ce cas dit **mono-dimensionnel** s'étend à la comparaison d'actions qui rendent des services de types différents, dès lors qu'on dispose d'une unité de mesure unique et commune : la monnaie). D'où son importance pour les financeurs (qui peuvent ainsi choisir d'affecter les fonds ... à d'autres objectifs de la politique de l'eau, voire d'autres politiques, ... pour autant, du moins, que les services produits soient également exprimés en monnaie). Cette seconde approche n'est pas exclusive de la première :

- la bi-dimensionnelle permet de décrire la performance physico-technique des actions,
- la mono-dimensionnelle, d'explicitier leur rendement économique et financier ; elle sera donc utilement précédée d'une analyse bi-dimensionnelle.

3) Enfin, on présente la comparaison **multidimensionnelle** des actions. Son champ est vaste à l'extrême, puisqu'elle permet de comparer aussi bien :

- des actions rendant le même service, mais, cette fois, en intégrant une variété de **caractéristiques jugées importantes** par le décideur,
- que des actions visant à produire des **services différents** (dans le domaine de l'eau mais aussi bien dans d'autres secteurs), dès l'instant où le décideur [qui peut être un acteur «non eau» : un organe politique, par exemple] a besoin de les comparer au regard de ses objectifs.

Pour une meilleure sériation des problèmes, on va, dans cette section, considérer le service comme exprimé naturellement :

- soit en monnaie, et utiliser une méthode mono-dimensionnelle,
- soit en nature, et recourir à une méthode bi-dimensionnelle.

Il n'y a pas lieu de se préoccuper ici d'attribuer (artificiellement) une valeur monétaire au service en nature : est-ce utile ? possible ? fiable ? Ces questions sont traitées en 2.3.

2.2.1. Cas bi-dimensionnel

2.2.1.1. Cadre : l'analyse coût-efficacité

La plupart du temps dans le domaine de l'eau (comme dans l'essentiel du secteur public), les coûts sont mesurés en termes monétaires, mais pas les avantages. Cela exclut de comparer les uns aux autres, et de décider si une action est **souhaitable** ou non.

a. Une ambition limitée...

En revanche, cela n'empêche pas d'identifier, parmi un ensemble d'actions alternatives (pour rendre le même type de service), celle qui serait **la plus efficace**. (Mais elle ne serait pas forcément «souhaitable» si les avantages pouvaient être mesurés en monnaie.)

[Exemple d'un programme de dépollution sur une rivière:

- un objectif de qualité a été défini en aval, à réaliser à l'horizon T, sur la base des niveaux de pollution et de rejets actuels (et de ceux projetés sur l'année T si rien n'est fait), on déduit le volume total de rejets (en équivalents habitants.) à éliminer (c'est à dire à rejeter en moins),
- on a défini toutes les opérations réalisables pour réduire les rejets dans le bassin :
 - extensions de capacité sur certaines stations d'épuration,

- création de nouvelles stations,
- amélioration du fonctionnement de certaines stations,
- remplacement de certaines stations vétustes,
- amélioration de la collecte d'eaux usées par certains réseaux équipés de station,
- aides techniques et financières à l'assainissement autonome,
- etc.,
- pour chacune d'elles, on connaît :
 - le coût en investissement : I (francs)
 - le coût annuel de fonctionnement : F (francs/an),
 - la pollution supprimée : A (= «avantage») (eh).
- Le total des pollutions qui pourraient être éliminées dépasse de très loin celui qui serait suffisant pour atteindre l'objectif adopté. Il s'agit donc d'identifier la combinaison de ces opérations la plus efficace c'est à dire la moins coûteuse.]

Il n'y a pas lieu de rechercher ici si l'objectif de qualité est **économiquement justifié**, c'est-à-dire si le coût global des efforts pour réaliser le programme (une fois qu'il aura été arrêté, ce qui est le but de l'analyse demandée) est couvert par la valeur globale (en monnaie) des avantages apportés par l'amélioration de la qualité de l'eau dans la rivière.

Remarque de terminologie : L'analyse compare des «actions» : celles-ci peuvent être des opérations mutuellement exclusives, mais aussi bien, comme dans l'exemple ci-dessus, des «programmes» (c'est-à-dire des combinaisons d'actions élémentaires). [Dans cet exemple, afin d'éviter toute ambiguïté, les «actions» élémentaires (qui ne sont pas celles à comparer) ont été appelées «opérations» ; elles peuvent être regroupées de toutes les façons. Le «même niveau de service» désigne alors ici le montant total de la dépollution à opérer pour réaliser l'objectif.]

Dans ce cadre dit d'**analyse coût-efficacité** (A.C.E.), tout ce qu'il est possible de faire, c'est :

- de présenter des informations de coût : C et d'avantages (en nature) : A pour les différentes actions,
- et d'identifier celle dont le **coût unitaire** : C/A est le plus faible [ou, ce qui est équivalent, l'avantage unitaire : A/C le plus élevé].

b. ... mais un champ d'application illimité

Ce type de décision est très courant. Dans le domaine des milieux aquatiques et des usages de l'eau, y compris non marchands, il n'est guère de thème où l'on ne puisse disposer d'aucun indicateur qui soit **sensible à l'importance de l'effort** à accomplir - ce qui est suffisant pour effectuer une A.C.E.

Celle-ci a donc un rôle très important à jouer en situation réelle pour la prise de décisions efficaces. Mais ce qu'elle ne nous apprend pas, c'est si le choix préalable (*ici* : l'adoption de tel niveau d'O.Q. plutôt qu'un autre plus (ou moins) sévère) est justifié ou non. Cependant, si une décision politique a déjà été prise, l'A.C.E. est une technique puissante pour s'assurer de l'**utilisation rationnelle de moyens limités**.

c. Importance d'une analyse de sensibilité

Une extension judicieuse de l'A.C.E. consiste à l'appliquer successivement pour différents niveaux d'objectifs (autour de la valeur qui a été choisie par le décideur) ou, ce qui est préférable, sur toute une plage de valeurs envisageables, afin de permettre au décideur de faire son choix en considérant parallèlement :

- 1) les niveaux croissants de l'objectif,
- 2) le coût (minimum) correspondant.

Dans notre exemple : on définirait ainsi une série de programmes efficaces de dépollution, pour un objectif de qualité de plus en plus élevé ; cette approche se résumerait en une «courbe» de coût de l'effort total de dépollution en fonction de la qualité-objectif.

La C.L.E. pourrait alors décider explicitement si tel niveau de qualité n'est pas trop ambitieux (ou trop peu) compte tenu du **coût supplémentaire** à consentir en contrepartie.

Ainsi, comme le suggère cet exemple, l'A.C.E. peut contribuer indirectement à **sensibiliser le décideur** (voire vaincre sa résistance) à l'idée d'une évaluation monétaire des avantages. En effet, l'on peut admettre [et démontrer] que, dès lors qu'ils prennent une décision (adoption vs. rejet, ou choix d'un objectif parmi différents niveaux possibles), **les décideurs se réfèrent implicitement à une valeur monétaire**.

En d'autres termes, il ne faut pas «opposer» l'approche bi-dimensionnelle et l'approche mono-dimensionnelle, en jugeant la première comme «inférieure» à la seconde (car plus rudimentaire) ou comme «supérieure» (car plus praticable) : pratiquée dans l'esprit ci-dessus, l'A.C.E. constitue en définitive une variante de l'analyse mono-dimensionnelle : on fait appel à l'A.C.E. chaque fois que la monétarisation des avantages n'est pas praticable dans l'analyse, bien qu'intervenant implicitement dans la logique des décideurs.

2.2.1.2. Méthode des coûts spécifiques

En pratique, la méthode utilisable est celle des coûts spécifiques, résumée en **fiche méthode 1**.

2.2.2. Cas mono-dimensionnel

2.2.2.1. Cadre : l'analyse avantage/coût

a. Rappel : importance du calcul économique public

Tout processus de décision rationnel compare les inconvénients et les avantages de l'action envisagée. Quelles que soient les problématiques (l'A.C.E. en est une, mais il en existe encore plusieurs autres) et les méthodes d'application, l'analyste procède toujours à l'aide d'une «règle», comportant toujours quatre «décisions» successives :

1. **définir** les gains et pertes en fonction de l'objectif ou du groupe d'objectifs poursuivis par le décideur,
2. **recenser** les gains et pertes,
3. **mesurer** les gains et pertes dans des unités identiques ou différentes,
4. **pondérer** les gains et pertes, explicitement ou implicitement.

Ce principe est universel : il est déjà vrai dans le **calcul économique privé**. Par exemple, c'est ce qu'effectuent plus ou moins inconsciemment et maladroitement les consommateurs qui choisissent un logement ou une voiture, ou, mais plus méthodiquement cette fois et parfois «scientifiquement», les entreprises en définissant de nouveaux investissements.

Mais c'est bien davantage encore le cas du **calcul économique public**. En effet, l'analyste se place ici du point de vue de «la collectivité» (considérée dans son ensemble, à travers toutes ses composantes concernées à un titre ou à un autre). Son objectif suprême est que les projets (publics mais aussi bien privés, ou encore mixtes) soumis à son évaluation rendent le **maximum d'utilité collective** (ou «optimum collectif»).

L'**analyse coût-avantage** (A.C.A.) [qui serait plus correctement nommée analyse avantage/coût] est la problématique qui a pour objet de formaliser ce principe général et théorique [appelé aussi «économie du bien-être», «micro-économie publique»] afin de les rendre applicables au niveau de l'évaluation des projets concrets d'action.

b. La règle fondamentale

Etant donné que le coût des ressources (main-d'oeuvre, matières premières, capital, ...) utilisées pour mettre en oeuvre des actions «utiles» s'expriment invariablement en termes monétaires, les avantages seront mesurés également en termes monétaires aux fins de comparaison. (Cependant, il n'est pas nécessaire que tous les avantages et tous les coûts soient exprimés en monnaie.)

Dans cet esprit, la règle fondamentale de l'A.C.A. est qu'une mesure est souhaitable si :

$$ACN = (A - C) > 0 ,$$

avec :

- ACN : avantage collectif net, ou surplus collectif,
- A : somme des avantages,
- C : somme des coûts.

c. La règle du prix implicite

S'il n'est pas possible de mesurer certains coûts ou certains avantages en termes monétaires, on peut modifier la règle ci-dessus pour en faire une «règle de prix implicite».

Supposons que l'on estime impossible de monétariser les inconvénients écologiques d'une certaine politique envisagée. On peut alors reformuler le principe de l'A.C.N. comme suit :

$$ACN = (A - C - E) > 0 ,$$

où E : **coût écologique non monétaire**. Si A et C sont exprimés en monnaie, l'expression (A - C), a un sens : c'est l'avantage net monétaire, noté M. La règle devient ainsi :

$$ACN = M - E > 0 , \text{ ou encore : } M > E .$$

En d'autres termes, grâce à cette formulation, l'on peut affirmer que la mesure envisagée se justifie **si et seulement si** le décideur estime que **les avantages monétaires nets ont plus de valeur que le coût écologique non monétarisable**. Symétriquement, si cette mesure est **rejetée**, cela signifiera que la valeur attribuée à la protection écologique est implicitement supérieure à M.

En conséquence, il importe au chargé d'étude de présenter clairement cette situation au décideur, afin de l'aider à prendre une «bonne» décision. Et, ce, sans qu'il soit aucunement nécessaire de «monétariser» tous les coûts ni tous les avantages.

2.2.2.2. Les méthodes pratiques

La nature monétaire ou non des avantages à produire par les actions étudiées constitue un problème incontournable, ce qui, dans le domaine de l'eau, recouvre trois possibilités de base.

a. Avantages non monétarisables

Domaine : dommages écologiques (espèces, fonctionnalité du milieu),

Approche : par la valeur implicite (E), nécessitant aussi l'évaluation des coûts et avantages monétaires (M).

b. Avantages monétaires

Domaine : ventes d'eau, d'énergie, de granulats, ...

Approche : évaluer le surplus (A - C) associé à chaque projet, sélectionner le projet qui le maximise.

c. Troisième cas : avantages monétarisables

Domaine : dommages évités non humains («dommages économiques») en matière d'inondations et d'érosion (de berge), loisirs aquatiques, ...

Approche : idem que «Avantages monétaires» (une fois réalisée la monétarisation, ce qui constitue un autre problème, cf. 2.3.).

Cependant, dans la réalité, la situation pour l'analyste est plus ou moins complexe : les projets se présentent la plupart du temps comme une «grappe» d'**effets multiples**, auxquels se rattachent des coûts et avantages relevant de ces différentes situations types. *Par exemple : un programme de développement des ressources peut comporter simultanément des effets aussi divers que :*

- ventes d'eau, d'électricité (**b**),
- protection supplémentaire contre les crues (**c** comme avantage, mais aussi **a** comme coût écologique si la diminution de submersion affecte, par exemple, des espèces d'oiseaux migrateurs),
- réduction (ou amélioration) de frayères (**a** pour le patrimoine sauvage, **b** au titre de la dépense (ou l'économie) de gestion piscicole, **c** pour la valeur de fréquentation),
- détérioration de la nappe en aval (baisse de niveau) (ou amélioration par soutien d'étiage) (**b** en externalité pour les captages d'A.E.P., **a** pour la végétation),
- etc..

Au total, le chargé d'étude risque d'avoir besoin de faire appel à la fois (outre les évaluations en A.C.E.) :

- à l'**analyse de surplus**, au **calcul de rentabilité**, dont les méthodes de bases sont présentées dans les fiches méthode 2 et 3 (pages suivantes),
- à certaines méthodes de **monétarisation des avantages non marchands** (voir fiches 5 à 9)

2.2.3. Cas multidimensionnel

2.2.3.1. Cadre : l'approche multi-critère

a. Importance pratique du multidimensionnel

On a déjà rappelé plus haut (cf. 2.1.2.1.c) la diversité des points de vue dont les décideurs reconnaîtront ou revendiqueront la prise en compte dans la comparaison des actions. L'approche multi-critère, qui recouvre un très grand nombre de méthodes, a pour but de pallier les insuffisances de l'approche économique de plusieurs façons. On appelle «analyse multi-critère» l'ensemble des méthodes, généralement mathématiques, permettant de comparer des objets (projets ou autres) selon plusieurs critères et de les classer (au sens le plus large du terme) de manière plus ou moins univoque dans une évaluation globale.

- 1) Ces méthodes ont d'abord cherché à dépasser les notions de **critère unique** [en calcul économique] (comme le bilan actualisé) ou d'**objectif unique** [en recherche opérationnelle] (comme la maximisation sous contrainte). Pour cela, elles ont introduit la notion de **critères multiples** et proposé surtout des **méthodes d'agrégation**.
- 2) Les premières méthodes multi-critères se sont attachées au cas d'un **décideur unique** devant opérer un choix à l'aide de critères multiples, quantitatifs ou qualitatifs. Puis elles ont été étendues au cas de **décideurs multiples**, qui ont chacun leur logique : **approche multi-critère multi-acteur**.

Cette évolution a marqué une étape essentielle pour le développement de la méthodologie d'aide à la décision dans le cadre de **procédures de concertation** (comme dans le domaine de l'eau). Elles ont alors évolué vers des méthodes visant à **modéliser les processus de décision**.

- 3) Un avantage du multi-critère dans une approche économique telle qu'en matière de cours d'eau est de ne pas être exclusive des problématiques mono- et bi-dimensionnelles décrites plus haut : il est possible de travailler sur deux niveaux, en intégrant les performances strictement économiques des actions, dans un ensemble plus large de préoccupations des décideurs.

Ainsi, pour l'économiste, l'apport majeur de l'approche multi-critère est de prouver d'ores et déjà (et sur le tas) qu'il est possible dans un calcul de type économique de prendre en compte le non marchand et les points de vue des différents acteurs.

Elle devrait encore connaître des développements importants, aussi bien sur le plan de la théorie [qui est restée en retrait] que de la pratique [grâce à des logiciens de plus en plus conviviaux].

b. Derrière la technicité, une démarche

Cependant l'intérêt essentiel d'une démarche multi-critère réside peut-être moins dans le maniement de méthodes, que dans la mise en question de la façon même de **formuler un problème**.

En effet, recourir à un critère unique (coût spécifique, surplus, rentabilité) pour comparer des projets a l'avantage de clarifier la solution et de lui donner une apparence de rigueur scientifique. Mais cela ne garantit pas pour autant que le problème a été correctement posé. (En d'autres termes : c'est la façon de poser le problème qui détermine le contenu de la solution.)

Au contraire, en analyse multi-critère, surtout multi-acteur, la formulation définitive du problème est rarement donnée au départ : elle constitue elle-même le résultat d'une progression, faite d'**interactions** entre le décideur, ses

partenaires, voire le chargé d'études. La résolution d'un problème de décision est en fait un **processus temporel**, au cours duquel **les préférences peuvent évoluer** au fur et à mesure que de nouvelles informations ou de nouveaux résultats sont fournis.

Par exemple, conclure à l'**incomparabilité de certaines actions** peut constituer une aide à la décision, puisque c'est une façon de mettre en évidence des aspects du problème qui mériteraient peut-être une étude plus approfondie.

2.2.3.2. Base de la méthode : le surclassement

a. Définition générale

Parmi les innombrables méthodes, on retiendra une famille, d'inspiration française, dite «méthodes de surclassement». Elles visent :

- à construire une relation entre les actions, appelée «**relation de surclassement**», qui représente les préférences du décideur, solidement établies compte tenu de l'information dont il dispose,
- puis à exploiter la relation de surclassement pour aider le décideur à **résoudre son problème de choix**, qui est complexe puisque les différents critères sont a priori **non agrégables**.

b. Méthode ELECTRE

Cette méthode [«ELimination Et Choix Traduisant la REalité»] est présentée à la **fiche méthode 4**, du moins dans l'une de ses nombreuses variantes (ELECTRE-I). Elle est illustrée ici par le traitement complet d'un exemple.

Elle vise à définir une relation de surclassement (voir définition ci-après) à la lumière d'indices et de seuils de **concordance** et **discordance** (idem) ; ce qui permet de former un **pré-ordre total** (c'est-à-dire un classement de toutes les actions sans exception mais admettant les ex-aequo). La stabilité de ce pré-ordre peut être soumise à des tests, faisant varier :

- la pondération des critères,
- les seuils de concordance et de discordance.

L'application de la méthode repose sur deux hypothèses :

- H1. il est possible de classer deux actions au regard de chacun des critères pris séparément, de plus à chaque critère (quantitatif : cardinal ou ordinal, ou qualitatif), est associée une **échelle de notation**,
- H2. les différents critères ont un **poids** qui mesure leur importance relative pour le décideur, ces poids reflètent le système de préférences du décideur, en présence d'**acteurs multiples**, on élabore autant de pondérations correspondantes.

A partir de ces hypothèses, la méthode consiste à éliminer progressivement les actions mal notées jusqu'à ce qu'il n'en reste qu'un petit nombre, voire une seule. Cette élimination se fait en plusieurs étapes :

- d'abord éliminer toutes les actions **dominées** (c'est-à-dire moins bonnes qu'une autre au regard de tous les critères),
- ensuite, introduire deux indicateurs permettant de comparer deux actions **a** et **b** dont aucune ne domine l'autre:
- **indicateur de concordance** : il traduit l'importance relative des critères sur lesquels **a** est préféré à **b** (somme des poids des critères pour lequel **a** est meilleure que **b**, divisée par la somme totale des poids),
- **indicateur de discordance** : il mesure l'amplitude du désaccord entre critères où **a** est meilleure que **b** et critères où **b** est meilleure que **a** (égal au plus grand écart de note entre **a** et **b** parmi les critères où **b** est meilleure que **a** divisé par l'écart entre les notes extrêmes) ;
- l'élimination s'opère en se donnant un **seuil de concordance p** et un **seuil de discordance q**. L'action **a** **surclasse** l'action **b** si l'indicateur de concordance excède **p** et l'indicateur de discordance reste inférieur à **q**,
- en diminuant **p** et augmentant **q** peu à peu, on finit par rejeter toutes les actions sauf un sous-ensemble, appelé **noyau N** (tel que toute action qui n'est pas dans **N** est surclassée par au moins une action de **N**) ;
- ce sous-ensemble, que l'on rendra aussi petit que possible, n'est pas l'ensemble des bonnes actions, mais l'ensemble à l'intérieur duquel se trouvera certainement le **meilleur compromis**.

Au total, malgré ses limites (inhérentes aux hypothèses de base : signification des échelles de notation et de la pondération des critères), la méthode ELECTRE peut éclairer utilement les décisions, notamment en suscitant une **réflexion préalable** sur les critères de choix, leur importance relative et sur le processus de choix lui-même.

2.2.3.3. Traitement complet d'un exemple

Afin de mieux illustrer la démarche dans sa globalité, l'accent sera placé sur l'identification du problème et sa traduction en données de base, davantage que sur la technique de traitement.

a. Le problème

- 1) A l'occasion de crues fortes et soudaines, la rivière A. présente, sur certaines sections, des **érosions de berges** et **déplacements de lit mineur**, préjudiciables à certaines activités riveraines. Un syndicat intercommunal s'est constitué quelques années auparavant afin de réaliser des protections.

- 2) En particulier, sur la section étudiée ici, d'une longueur de 4,5 km, plusieurs **projets** d'épis et enrochements ont été élaborés par un bureau d'études spécialisé, à la demande du S.I. Ils visent à répondre à diverses **demandes de protection**, intéressant des terres cultivées, un terrain de camping, une station de pompage communale, plusieurs habitations, un pont, une route et des chemins communaux, une plantation de peupliers.

Les investissements et les coûts annuels de maintenance ont été chiffrés.

- 3) D'autre part, cette rivière est depuis longtemps reconnue comme remarquable pour son régime «capricieux» et ses **écosystèmes remarquables et rares** (aquatiques : frayères d'ombre commun, et terrestres : forêt alluviale, bras morts). Diverses études en hydrologie, géomorphologie et hydrobiologie notamment, menées en dehors de ces projets (recherche scientifique) ont révélé que :

- la rivière suit actuellement une tendance à l'**enfouissement**,
- ce creusement est accéléré par l'impact des retenues hydroélectriques en amont (rétention de la charge sédimentaire), et des ouvrages locaux de protection, qui se sont multipliés au cours des années récentes.

- 4) En même temps, la vallée est soumise aux **pressions d'usages** multiples :

- des loisirs : pêche, canoë-kayak, baignade,
- de l'agriculture irriguée,
- de l'extraction de matériaux alluvionnaires,
- de l'urbanisme (zones industrielles ou artisanales, de loisirs, etc.),

elles-mêmes encouragées par la diminution observée des crues (en fréquence et en amplitude).

- 5) Divers acteurs publics et associatifs redoutent que cet espace ne soit irréversiblement **banalisé**, et que la nappe (un gisement considérable et de qualité encore excellente) finisse par disparaître (contamination, dilapidation et enfouissement du lit).

En particulier, la **multiplication des enrochements** risque de s'avérer à terme :

- **inefficace** (en reportant sur d'autres secteurs l'activité érosive latérale, induisant alors de nouvelles demandes de protection),
- néfaste **pour la rivière**, en renforçant la tendance globale au creusement, à la disparition de son originalité hydromorphologique et de la diversité écologique associée.

- 6) Parallèlement à ces projets de protection, certains partenaires demandent si les opérations de protection

(coûteuses pour les finances publiques) sont bien justifiées par la **valeur des dégâts évités**, actuels et virtuels.

- 7) Enfin, le conseil général, en position d'arbitre au-dessus des intérêts locaux ou sectoriels, a obtenu des services d'Etat un moratoire de quelques années sur tous les projets concernant la rivière. Jusqu'à ce qu'une **charte de gestion globale** soit élaborée, sur la base d'études complètes : chaque acteur devra s'y conformer pour ses choix d'aménagement et ses actes de gestion.

Il importe donc que cette démarche obtienne un **maximum de consensus** entre les (nombreuses) parties intéressées.

b. Questions posées

Dans ce contexte, afin d'aider à mieux cibler la négociation et des études complémentaires nécessaires à de bons choix, on demande de : [ici, pour la seule section mentionnée ci-dessus]

Q.1 : recenser les **solutions envisageables**, sans aucune exclusive [actions].

Q.2 : formuler l'ensemble des **objectifs** à prendre en compte [traduits ci-après en critères].

Q.3 : exprimer l'**efficacité** de chaque action au regard de chaque objectif considéré séparément [= évaluer les performances].

Q.4 : présenter un **classement global** des actions ou/et identifier les actions les meilleures.

c. Données de base

1) Remarques

Seule sera présentée ici la démarche pour répondre à Q.4. En effet, les données de base pour répondre sont constituées par des réponses à Q.1, Q.2, Q.3. Ces dernières forment déjà en elles-mêmes des étapes majeures, décisives pour répondre à Q.4, qui en représente la conclusion. Elles sont un domaine d'étude en même temps qu'un terrain d'affrontement/concertation.

Actions (Q.1) : Dans un processus de cette nature, il n'est pas rare qu'un partenaire récuse dès le départ la prise en compte de telle action dans la liste des solutions envisageables, car il y est opposé ou il défend une action concurrente.

Critères (Q.2) : Il en va de même pour la liste des objectifs, car elle doit :

- refléter les préoccupations des partenaires vis-à-vis de la rivière,
- permettre de dresser une famille cohérente de critères : ne pas biaiser les résultats en omettant ou regroupant

des critères, ou en subdivisant d'autres pour (dé)favoriser surnoisement un objectif et par là certaines actions.

Evaluation (Q.3) : On suppose ici que le tableau de performances a été approuvé. Ces données sont donc présentées ici sans les étapes intermédiaires ayant permis d'établir celles-ci.

2) Les actions

L'inventaire comporte **11 actions de base** et **40 combinaisons** plausibles.

3) Actions de base

Elles sont spécifiées en figure 5.

- A : ne pas entreprendre de nouvel aménagement,
- B : enrocher toutes les sections de berge érodées,
- C : enrocher l'intégralité des berges,
- D : protéger les habitations,
- E : racheter les habitations,
- F : protéger les installations (step, pompage, camping, pont),
- G : délocaliser la step, le pompage et protéger le pont,
- H : enrocher les seules berges agricoles,
- I : supprimer tous obstacles à la divagation dans la zone (autres que les habitations et installations existantes) : digues, murs, ripisylve,
- J : protéger le bord de terrasse, en cas (à terme) de déplacement extrême du lit mineur,
- K : acquérir une bande de terre en bordure de terrasse, moyennant un bail agricole à long terme.

Figure 5 : Les actions de base

- A : Les projets ne sont pas réalisés, mais les riverains actuels reçoivent un engagement d'indemnisation au coup par coup ou de rachat, au choix.
- C : Cette action peut se justifier par le risque, entraîné par des actions de type B, de transférer l'érosion sur les dernières longueurs de berge non encore protégées.
- D, E, F : Chacune de ces 3 solutions implique en outre l'indemnisation des autres usagers non protégés : agriculteurs, propriétaires, commune suivant le cas.
- I, J : Ces solutions comprennent un engagement d'indemniser ou compenser, au coup par coup. En J, ce peut être sous la forme d'une acquisition, par la puissance publique, d'une bande de terre en bordure de terrasse.

Ces compensations (indemnisations, délocalisations) pourraient s'opérer à travers un fonds, alimenté conjointement

par : Etat, collectivités territoriales, occupants actuels du lit majeur. En contrepartie, les nouvelles implantations seraient interdites, sauf moyennant une renonciation à toute indemnisation.

Agriculture : dans un but de simplification, les dégâts ou risques sont ici uniquement ceux liés à la divagation (ils n'incluent pas les pertes par submersion ou atterrissement).

4) Actions retenues

Au total, 7 actions ont été sélectionnées pour évaluation et comparaison.

1 : A, K Elle exprime le refus de nouveaux aménagements, assorti du désir de compenser les riverains actuels pour les dégâts d'érosion et de déplacement du lit pouvant survenir à l'occasion d'une crue, y compris, s'il y a lieu, jusqu'en bordure de la plaine.

2 : B On protège immédiatement les habitants et installations, de même que les terres agricoles riveraines de berges actuellement attaquées (= actions D, F, H) ; c'est la réponse directe aux demandes ou souhaits de protection.

3 : C On engage sans attendre une chenalisation de l'ensemble du lit (sur la section) afin de prévenir de nouveaux dégâts, notamment agricoles, en bordure de berges non encore attaquées.

4 : D, G, K On protège les habitations et le pont, mais non les autres installations ; on pense qu'il vaut mieux les délocaliser, afin de réduire au strict minimum les enrochements nouveaux. On ne protège pas non plus les terres agricoles, mais les exploitants riverains seront indemnisés au coup par coup (G) ; la collectivité publique peut parallèlement, en prévision de débordements extrêmes, commencer à acquérir des terres jusqu'en limite de la zone de divagation (K).

5 : D, E, K Habitations et installations font l'objet d'une protection directe. C'est une politique intermédiaire entre 2 et 4, moins «prudente» que la précédente, mais qui ne pénalise pas les agriculteurs ; on réserve la faculté de les protéger de la même façon si cela apparaît ou devient intéressant.

6 : D, G, H On protège l'agriculture riveraine (outre les habitations), ce qui rend superflus des achats fonciers à l'intérieur si la protection des berges est vraiment efficace. Mais les installations sont délocalisées (sauf le pont !) afin de ne plus sur-aménager le lit.

7 : I, K On «rend» à la rivière un maximum de liberté : même les habitations et installations (sauf le pont !) ne font plus l'objet d'une protection directe. Ceci, en partie dans l'idée que, grâce à ce nouveau potentiel d'activité, la rivière se montrera peut-être, en définitive, moins agressive au droit des berges déjà attaquées. Dans le cas contraire, la collectivité est prête à financer une délocalisation plutôt qu'une protection (soit, à terme, une action I, K, D, F ou I, K, D, G, ou I, K, E, F ou, de préférence, I, K, E, G).

| | Objectifs des actions | Critère | | | |
|----|---|---|-------|-------------|------|
| | | énoncé | code | unité | sens |
| 1. | Répondre à une attente légitime de protection | <i>degré et type de la protection assurée</i> | DMAND | échelle | ↘ |
| 2. | Minimiser le volume de la dépense publique | <i>montant de la dépense agrégée d'investissement</i> | INVST | Mfrs | ↘ |
| 3. | Maximiser la qualité économique et financière de l'action | <i>coût spécifique, taux de rendement</i> | RENDT | ratio, taux | ↘ |
| 4. | Equilibrer les participations aux charges et avantages | <i>% Etat, % collectivités territoriales, % riverains</i> | EQUIL | échelle | ↘ |
| 5. | Minimiser le risque de dégradation fonctionnelle par effets pervers | <i>degré de flexibilité ou d'irréversibilité</i> | FLEXB | échelle | ↘ |
| 6. | Etre acceptable pour une large majorité de partenaires | <i>étendue et degré du consensus</i> | CONSS | échelle | ↘ |

Figure 6 : Objectifs et critères pour l'évaluation des actions

5) Les objectifs et les critères

Ils sont résumés en figure 6. Une flèche indique que la satisfaction de l'objectif augmente lorsque la valeur du critère diminue.

Objectif 1 : critère DEMANDE

Il n'implique pas de réaliser l'ouvrage demandé ou souhaité, mais aussi bien de procurer une solution de rechange, correspondant à la juste compensation pour le préjudice ou un risque manifestement rapproché : déplacement d'ouvrage, de construction, rachat de terre.

Objectif 2 : critère INVESTISSEMENT

Il exprime le volume de dépense non annuelle : mise en place d'un équipement, indemnisation «une fois pour toutes». C'est un montant à **minimiser** (pour une action donnée ou/et le choix entre des actions).

Un acteur peut souhaiter au contraire **maximiser** la dépense, ou tout au moins veiller à dépenser «suffisamment», par exemple en faveur d'une catégorie déterminée de bénéficiaires. Il s'agit alors de répondre à un objectif d'équilibre, d'équité, de solidarité, pris en compte en objectif 4.

Objectif 3 : critère RENDEMENT

Il exprime la qualité économique-financière, au sens de l'analyse coût/avantage. La seule existence de dégâts, d'un danger ou d'un risque ne justifie pas en soi la création d'un ouvrage : il faut que la dépense soit couverte par la valeur des dégâts évités ou, à défaut de cette dernière, soit minimale compte tenu des moyens alternatifs de réponse.

En d'autres termes, il s'agit d'un objectif toujours présent, y compris dans les cas où le décideur est amené, en raison d'autres objectifs jugés plus importants, à **adopter un projet moins efficace ou moins rentable**, ou à **écarter un projet plus efficace ou plus rentable**. (Par exemple, il peut souhaiter permettre aux agriculteurs du secteur d'utiliser davantage d'eau et de sols pour favori-

ser leur maintien à la terre ou leur compétitivité, ceci même si la dépense de protection n'apparaît pas justifiée par la valeur des terres perdues ou menacées : objectif 4 ou 6.)

Objectif 4 : critère EQUILIBRE

Le principe de tout aménagement équilibré réside dans le fait que **la charge** en incombe au maximum aux catégories et collectivités **avantagées** par celui-ci (principe du «juste retour»).

Un déséquilibre flagrant associé à une action peut être admis, ou rejeté, par les partenaires, mais il s'agit là d'un aspect relevant d'un objectif de consensus (n° 6).

Objectif 5 : critère RIVIERE (ou FLEXIBILITE)

Tout en répondant à des demandes locales, l'aménageur veut éviter de créer, pour la rivière avec son hydrosystème et ses écosystèmes aquatiques et terrestres, une situation qui s'avérerait à terme **encore plus mauvaise**. D'où un impératif de **prudence** vis-à-vis de tout ce qui peut aggraver la tendance à l'enfoncement du lit et aux reports d'érosion latérale en aval, et compromettre un peu plus certaines potentialités (pour la conservation de biotopes, de ressources en eau souterraine, de paysages, ...).

Cet objectif se recoupe largement avec un principe de développement durable ou encore de **flexibilité** : une préférence pour des solutions par étapes et ajustables, sur des interventions massives, brutales et irréversibles. [Un critère de **délai** (pour exécuter l'action ou obtenir son plein effet) apparaît redondant, vu qu'ici les demandes de protection sont prises en compte à travers l'objectif 1].

Objectif 6 : critère CONSENSUS

Il reflète une préoccupation à la fois :

- de prévention des conflits d'usages,
- de bonne prise en compte des motivations, plus floues, au niveau de l'opportunité socio-politique.

| Actions | | Critères | | | | | |
|---------|---------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | C1 DMAND échelle ↘ | C2 INVST 10.6 frs ↘ | C3 RENDT échelle ↘ | C4 EQUIL échelle ↘ | C5 FLEXB échelle ↘ | C6 CONSS échelle ↘ |
| a1 | A, K | 3 | 6,3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| a2 | B | 1 | 6,8 | 3 | 3 | 4 | 2 |
| a3 | C | 1 | 27,3 | 4 | 4 | 5 | 2 |
| a4 | D, G, K | 2 | 8,5 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| a5 | D, F, K | 3 | 15,3 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| a6 | D, G, H | 1 | 11,7 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| a7 | I, K | 4 | 11,6 | 2 | 2 | 1 | 4 |

Figure 7 : Tableau de performances

6) Evaluation

Les résultats de l'évaluation (sur la base d'enquêtes auprès des partenaires) prennent la forme d'un tableau de 7 lignes (actions) et 6 colonnes (critères) : matrice d'évaluation ou tableau de performances, en figure 7.

7) Les poids

Afin de mieux refléter l'importance que l'aménageur et ses partenaires peuvent accorder à certains objectifs, et qui peut varier avec leur «sensibilité», plusieurs **systèmes de pondération** des critères ont été construits : figure 8 [Total en ligne = 1.00]

- I. Tous les critères reçoivent le même coefficient, avec un léger accent sur la qualité économique-financière et la flexibilité.
- II. Ce point de vue est sensible à la satisfaction des **demandes locales** et à l'obtention d'un **consensus**, au détriment du coût financier et du souci de flexibilité pour la rivière.
- III. En revanche, ici, l'accent est placé franchement sur la **sauvegarde de la rivière**, avec (à travers C3) une réticence à laisser des fonds publics, éventuellement importants, affectés à de mauvaises implantations.
- IV. Une certaine priorité est accordée à la **rigueur financière** et à l'**efficacité économique**, avec un souci avant tout de ne pas dilapider l'argent public (en volume dépensé et en «rendement» des interventions).

| Systèmes | C1 DMAND | C2 INVST | C3 RENDT | C4 EQUIL | C5 FLEXB | C6 CONSS | Total |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| I | 0.15 | 0.15 | 0.20 | 0.15 | 0.20 | 0.15 | 1.00 |
| II | 0.25 | 0.10 | 0.10 | 0.15 | 0.10 | 0.30 | 1.00 |
| III | 0.10 | 0.10 | 0.20 | 0.15 | 0.30 | 0.15 | 1.00 |
| IV | 0.10 | 0.25 | 0.25 | 0.20 | 0.10 | 0.10 | 1.00 |

Figure 8 : Les systèmes de pondération

d. Traitement

A titre d'illustration, la figure 9 présente un extrait du calcul à l'aide d'un logiciel ELECTRE-1. On y trouve successivement :

- le **tableau de performance** (identique à la figure 2), soit $[a_i \times C_j]$; en outre la ligne inférieure (P8) indique les **poids** adoptés, soit ici le système II (figure 3),
- le **tableau de concordance** [actions x actions], puis le **tableau de discordance**. Le lecteur peut, en s'appuyant sur les performances et les poids, s'exercer à calculer les différentes cases, comme indiqué en fiche méthode 4,
- enfin le **graphe de surclassement** pour un seuil de concordance de 0.90 et un seuil de discordance de 0.20 (une combinaison parmi d'autres).

[Exemple de calcul :

- *tableau de concordance, case (6,2) : la valeur 0,85 est la somme des poids des critères pour lesquels a2 est au moins aussi bonne que a6 (soit : C1 + C2+ C3 + C5 + C6), en d'autres termes: a2 est meilleure (au sens large) que a6 à 85 % ;*
- *tableau de discordance, case (6,2) : la valeur 0,05 représente l'écart entre a6 et a2 (pour le critère C4, où a6 est meilleure que a2) : 2,00 - 3,00 = 1,00I, rapportée au plus grand de tous les écarts (toutes actions x tous critères), qui est égal à 21,00, soit 0,047 ; en d'autres termes : a6 n'est meilleure que a2 qu'à 5 %.]*

EDITION DU TABLEAU DE SAISIE DES INFORMATIONS
[La dernière ligne représente les poids.]

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|----|------|-------|------|------|------|------|
| a1 | 3.00 | 6.30 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| a2 | 1.00 | 6.80 | 3.00 | 3.00 | 4.00 | 2.00 |
| a3 | 1.00 | 27.30 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 2.00 |
| a4 | 2.00 | 8.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 2.00 |
| a5 | 3.00 | 15.30 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | 2.00 |
| a6 | 1.00 | 11.70 | 3.00 | 2.00 | 4.00 | 2.00 |
| a7 | 4.00 | 11.60 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 4.00 |
| P8 | 0.25 | 0.10 | 0.10 | 0.15 | 0.10 | 0.30 |

EDITION DU TABLEAU DE CONCORDANCE

| | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 |
|----|------|-------------|------|------|------|------|------|
| a1 | 0.00 | 0.55 | 0.55 | 0.65 | 0.65 | 0.55 | 0.20 |
| a2 | 0.45 | 0.00 | 0.55 | 0.65 | 0.65 | 0.90 | 0.35 |
| a3 | 0.45 | 1.00 | 0.00 | 0.75 | 0.75 | 1.00 | 0.45 |
| a4 | 0.35 | 0.65 | 0.55 | 0.00 | 0.50 | 0.70 | 0.25 |
| a5 | 0.60 | 0.80 | 0.55 | 1.00 | 0.00 | 0.80 | 0.35 |
| a6 | 0.45 | 0.85 | 0.55 | 0.75 | 0.50 | 0.00 | 0.45 |
| a7 | 0.90 | 0.65 | 0.55 | 0.90 | 0.65 | 0.70 | 0.00 |

EDITION DU TABLEAU DE DISCORDANCE

| | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 |
|----|------|-------------|------|------|------|------|------|
| a1 | 0.00 | 0.10 | 1.00 | 0.10 | 0.43 | 0.26 | 0.25 |
| a2 | 0.10 | 0.00 | 0.98 | 0.08 | 0.40 | 0.23 | 0.23 |
| a3 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.10 | 0.00 | 0.14 |
| a4 | 0.05 | 0.10 | 0.90 | 0.00 | 0.32 | 0.15 | 0.15 |
| a5 | 0.05 | 0.10 | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.10 |
| a6 | 0.10 | 0.05 | 0.74 | 0.05 | 0.17 | 0.00 | 0.14 |
| a7 | 0.05 | 0.14 | 0.75 | 0.10 | 0.18 | 0.14 | 0.00 |

EDITION DU GRAPHE SOUS FORME DE TABLEAU

[Un 1,00 signale un arc entre 2 actions, signifiant: ai (ligne) surclasse aj (colonne).
Pour un seuil de concordance : 0.90 et un seuil discordance 0.20]

| | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|
| a1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| a2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| a3 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 |
| a4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| a5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| a6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| a7 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Figure 9 : Exemple de traitement par ELECTRE-1

On peut, dans le même cadre, construire une famille de graphes, associés à des seuils **de plus en plus (ou de moins en moins) sévères**, et faire apparaître des relations de moins en moins (ou de plus en plus) denses parmi l'ensemble des actions.

De même, pour chacun des autres **systèmes de poids** retenus.

e. Les graphes de surclassement

1) Présentation :

Ils sont présentés dans la figure 10.

- Les coefficients entre parenthèses désignent les seuils de concordance et discordance adoptés : (0,90 ; 0,20), puis (0,80 ; 0,10).

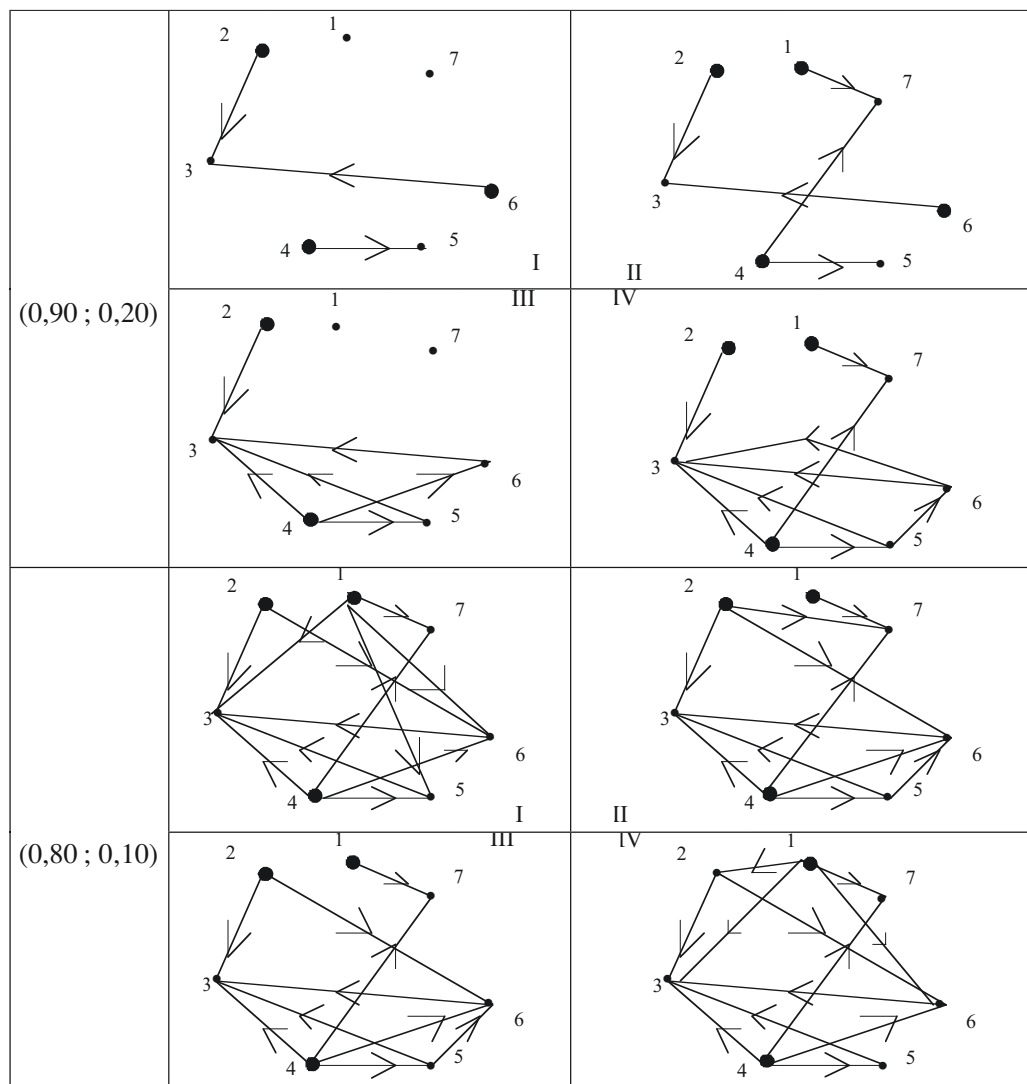


Figure 10 : Les graphes de surclassement.

- Pour chaque jeu de seuils, on donne le graphe obtenu dans chacun des 4 systèmes de pondération (I, ..., IV).
- Un arc de **a** vers **b** signifie : l'action **a** surclasse l'action **b**.
- Chaque sommet cerclé du graphe désigne une action qui est élément du noyau.

2) Stabilité de la solution :

- Avec les seuils (0.90 ; 0.20) : la structure montrée pour la pondération I apparaît également dans les autres pondérations et toutes les combinaisons de seuils depuis (1, 0, 0) ; de même, les arcs des graphes pour les systèmes II et III sont inclus dans le graphe IV. La différence entre III et IV concerne clairement les actions 1 et 7, d'une part, et les actions (3, 4, 5, 6) d'autre part.
- Avec les seuils (0.80 ; 0.10) : les différents graphes s'enrichissent d'une façon similaire, les différences apparaissent minimales, entre II et III (sur 1, 6).
- Au total, la structure, examinée sur plus de 50 combinaisons, apparaît d'une bonne stabilité.

3) Le noyau :

On ne dénote la présence d'aucun **circuit**, ce qui implique qu'il existe un noyau **unique**. Il se compose comme suit :

| Poids | (0,90 ; 0,20) | (0,80 ; 0,10) |
|-------|-------------------|----------------|
| I | 2, 4, 6 | 1, 2, 4 |
| II | 1, 2, 4, 6 | 1, 2, 4 |
| III | 2, 4 | 1, 2, 4 |
| IV | 1, 2, 4 | 1, 4 |

Figure 11 : Composition du noyau

En d'autres termes, le **meilleur compromis** entre les différents objectifs et entre les différents systèmes de valeurs des partenaires se trouverait parmi les actions suivantes :

- a1 : ne pas réaliser de nouveaux aménagements,
- a2 : réaliser les (seuls) projets en cours,
- a4 : ne protéger que les habitations, en délocalisant les installations et en dédommageant les agriculteurs.

2.3. Evaluation des avantages non marchands

2.3.1. Pourquoi évaluer ? ... Et d'abord pourquoi en parler ?

2.3.1.1. Pourquoi parler d'évaluation ?

a. Une perception ambiguë

A la différence de l'évaluation globale, qui bénéficie d'une longue pratique dans l'ensemble du secteur public (particulièrement dans les transports), les méthodes visant à monétariser certains avantages non marchands relèvent encore très largement, tout au moins en France, du domaine expérimental [même si le «discours autour» de la monétarisation (en termes principalement théoriques et mathématiques) a explosé en deux décennies].

Dans l'ensemble, les méthodes présentées ci-après, y compris celles en apparence simples, ne devraient pas être mises en application sans l'intervention d'économistes avertis de cette discipline encore spécialisée et «pointue».

Le lecteur qui n'aurait pas vocation à en devenir praticien doit pouvoir se faire une idée claire d'un domaine fréquemment porteur de malentendu parmi les gestionnaires : ces derniers donnent aux économistes l'impression d'attendre d'eux soit **trop**, soit **trop peu**.

Trop : Certains acteurs (publics, associatifs), investis d'une mission de conservation du patrimoine, «rèvent» de «contrer» un discours de leurs partenaires (privés et parfois même également publics), qu'ils perçoivent intuitivement comme «productiviste». Et pour cela d'être capables d'aligner (sic) des «valeurs monétaires», «prouvant» que conserver est «plus rentable» que dilapider. Or, à cette question, il ne saurait y avoir de **réponse immédiate, simple et générale**. C'est le premier malentendu.

Trop peu : D'autres (parfois les mêmes), au vu de cet échec, en viennent à penser qu'une bonne gestion du naturel non marchand est avant tout affaire de volonté politique (tout économiste ne peut qu'acquiescer !) «et donc» (et c'est ici que naît le second malentendu) qu'en dehors de cette évaluation impossible, celui-ci n'a pas grand-chose d'opérateur à apporter pour influencer «dans la bonne direction» sur les décisions.

b. Mille raisons de parler utilement d'une impossible évaluation

En fait, dans ce domaine de l'évaluation des avantages non marchands, le **résultat numérique** est sans doute ... ce

qui, en définitive, a le moins d'importance : la discussion constitue surtout le support de bien d'autres aspects qui, eux, peuvent contribuer directement ou indirectement à de meilleures choix publics, et c'est ce qui importe avant tout :

- d'abord, un discours même non suivi d'une pratique évaluative a une vertu **pédagogique** auprès des décideurs,
- il conduit aussi à analyser les **raisons** pour lesquelles le naturel non marchand a une valeur, à en déduire des **conditions d'existence** et des **facteurs** (favorables et défavorables, pouvant l'influencer dans l'espace et le temps), qui sont au moins en partie observables,
- les économistes peuvent aussi, sur cette base, proposer des **règles** applicables à la décision publique pour qu'elle soit tout de même rationnelle,
- enfin, l'analyste peut tout de même rencontrer des situations concrètes se prêtant à une évaluation monétaire d'un avantage non marchand qui soit raisonnablement fiable.

2.3.1.2. Pourquoi évaluer ?

Dans ce contexte, les raisons de pratiquer une telle évaluation sont, on le comprend, à la fois pratiques et fondamentales.

a. Raisons pratiques

D'abord, l'évaluation a un rôle pratique essentiel à jouer en **administration** de l'environnement, et en particulier de l'eau, à travers plusieurs types de circonstances :

- guider un choix entre plusieurs variantes d'un **projet d'action**¹,
- fixer le montant d'une **indemnisation** en cas de sinistre majeur²,
- concevoir des mesures nouvelles de **réglementation**³,
- déterminer le niveau approprié d'une **taxation** environnementale ou d'une **compensation** financière,
- et, plus généralement, éclairer tout choix public dans lequel sont en jeu des avantages perdus (appelés «coûts», liés à une action ayant pour effet de dégrader le milieu) ou des dommages évités (appelés «avantages», liés à une action ayant pour but de le sauvegarder).

b. Raisons fondamentales

Dans la société «libérale» qui est la nôtre, la finalité ultime de toute politique de l'eau, et plus largement de toute politique de l'environnement comme de toute politique

¹ C'est le cas au Etats-Unis obligatoirement pour les aménagements hydrauliques.

² C'est une pratique désormais courante dans les tribunaux américains.

³ Comme le prévoit aussi la législation américaine.

tout court est de satisfaire **les individus**, comme consommateurs et citoyens.

Or, les **préférences des individus** vis-à-vis des services naturels ne peuvent être connues (comme c'est ordinairement le cas de celles pour les biens marchands) en observant simplement le fonctionnement des marchés : le seul moyen de connaître ces préférences est de les évaluer d'une manière ou d'une autre. C'est cette information essentielle qui **orientera l'Etat** vers de meilleurs choix (quels sites à protéger, etc.).

De même, les **résultats** de cette politique ne se traduisent généralement pas par des augmentations de revenu ou de richesse des individus (ce qui permettrait de les «tracer» à partir des systèmes comptables), mais plutôt en termes de **qualité de la vie**. Or, le seul moyen objectif et général que l'on ait de **mesurer le changement de situation des individus** dans ce domaine, c'est de trouver une équivalence en monnaie : combien les individus exigeraient-ils en revenu supplémentaire pour «remplacer» une amélioration donnée de leur qualité de vie ? Ainsi, indépendamment de toutes considérations pratiques, il nous faut reconnaître que l'évaluation des avantages naturels non marchands constitue en tout état de cause une **nécessité logique incontournable**.

c. La protection de l'eau est-elle «économique» ?

Enfin, une dernière ambiguïté reste à lever.

1) Une conception minimaliste :

En cherchant à évaluer «à tout prix» les avantages non marchands créés par la protection de l'eau, ne risque-t-on pas d'impliquer que cette action doit, pour être admissible, au moins couvrir son coût ? Et donc qu'elle n'est pas justifiée dès lors que ses «supporters» n'ont pas été capables de «démontrer» que les avantages l'emportent sur les coûts ? (D'où, par exemple, l'idée très négative selon laquelle la protection de l'eau (*S.A.G.E. par exemple*) est surtout ... une «source de coûts supplémentaires»).

En réalité, cette conception «minimaliste» de la protection, qui a prévalu dans le discours et les pratiques des décennies antérieures, ne paraît plus sérieusement défendable de nos jours.

2) Le principe de la valeur implicite :

En effet, désormais toute politique de l'eau (nationale, de bassin, de rivière) est **subordonnée à une finalité générale de protection et de développement durable**. En d'autres termes, tout se passe comme si le décideur politique (le parlement qui a voté la loi sur l'eau, mais aussi le comité de bassin en adoptant un SDAGE et, à son échelon, la C.L.E. en adoptant un S.A.G.E.), en initiant un tel choix, ou en l'entérinant à son tour, **estimait implicitement** que les avantages non marchands présents et futurs (à perpétuité puisqu'il s'agit d'assurer un développement durable) ont **plus de valeur** que :

- le coût direct de mise en oeuvre de la protection,

- même majoré des pertes économiques à court terme.

Ce contexte nouveau ne supprime pas pour autant les raisons pratiques et fondamentales d'évaluer le naturel non marchand. Mais il a l'énorme avantage de libérer les économistes, et avec eux les politiques et les gestionnaires d'une vision passive et négative de la protection, et de les pousser sur la voie d'une gestion ouverte et «dynamique».

2.3.2. Méthodes indirectes

2.3.2.1. Définition générale

a. Principe commun

Ces méthodes ne visent pas à mesurer les préférences des individus pour un service naturel en les leur faisant exprimer directement : souvent ce n'est pas nécessaire parce que les effets de la dégradation ou amélioration en question se trouvent «capturés» **indirectement sur un marché**. Il suffit alors :

- d'observer le fonctionnement de celui-ci pour y isoler une réaction ; il peut s'agir :
 - de **dépenses engagées** par les individus pour s'adapter à une détérioration (*par exemple : de la qualité de l'eau prélevée*) ou pour jouir d'une qualité (*par exemple pour accéder à un site aquatique*),
 - ou d'un **différentiel de prix** d'un bien, dont au moins une caractéristique est sensible à l'état du milieu (*par exemple : terrain, logement*),
 - puis de mettre ce volume ou ce différentiel **en relation** avec l'importance de l'amélioration ou de la détérioration, par l'analyse statistique (différences dans l'espace ou variations au cours du temps).

En d'autres termes, à travers l'observation d'un marché, ces méthodes visent à mesurer le «surplus des individus» sur certains biens (marchands) dont la consommation est, au moins en partie, induite par une variation de qualité de l'environnement, à la baisse ou à la hausse :

- dans le cas d'une baisse (*exemple : pollution*), il s'agit de biens jouant un rôle de **substitut** de la qualité perdue : dépenses de protection (*contre la pollution reçue*),
- dans le cas d'une hausse (*exemple : amélioration de la qualité d'un milieu aquatique permettant de promouvoir la pêche*), il s'agit de biens **complémentaires** du service naturel : dépenses de déplacement (*pour aller pêcher*).

b. Limitation

Leur faiblesse principale tient à ce qu'elles permettent de repérer le **coût d'adaptation** (*par exemple à une pollution*) plus que le **dommage** lui-même (ce dernier étant la somme du coût d'adaptation et du dommage résiduel, c'est

à dire subsistant malgré cette adaptation). Ou le **coût d'accès** pour jouir d'une ressource, plus que l'**utilité** (nette de ce coût) liée à cette jouissance (*par exemple : la valeur d'une journée de pêche ou de baignade en rivière n'est pas totalement reflétée par la dépense de déplacement*).

Mais cette limitation est compensée par une relative simplicité sur le plan conceptuel et une certaine commodité technique, qui en font les méthodes à la fois :

- les moins attrayantes pour les chercheurs,
- les plus pratiquées sur le terrain.

2.3.2.2. Les méthodes

Hormis ce principe consistant à cerner indirectement une réponse à travers un mécanisme marchand, les différentes méthodes n'ont pas grand-chose de commun :

- ni dans la problématique,
- ni dans la technique,
- ni dans le domaine d'application.

Sont décrites ci-après les trois méthodes **générales** (c'est-à-dire utilisées dans divers secteurs de l'environnement), ou plutôt types de méthodes (car assorties de nombreuses variantes). Elles sont basées respectivement sur :

- les **dépenses d'adaptation** à une dégradation,
- les **dépenses d'accès** au service naturel,
- les **plus(moins)-values** immobilières associées à une amélioration (dégradation) du milieu.

Enfin, est présentée une méthode conçue, elle, **spécialement** pour évaluer l'impact économique des aménagements de rivière, et qui apparaît comme un hybride de ces trois, en se rattachant par son principe à la première (ECORIV, Agence de l'Eau Seine-Normandie).

a. Méthode(s) par les dépenses d'adaptation [voir fiche méthode 5]

Elles consistent à calculer d'abord une **relation dose-réponse** entre le niveau d'une pollution et un certain effet pour l'homme, puis à établir une **fonction de dommage physique** (reliant les atteintes effectives, au niveau de pollution), puis à multiplier cette fonction par une valeur en monnaie (dépense de protection, faute de mieux), pour obtenir une **fonction de dommage monétaire**.

On peut les appliquer à toutes activités de consommation (ou de production) liées à un effort des individus pour se protéger et, plus largement, s'adapter à la baisse d'une qualité environnementale, et, avant tout, se protéger pour en réduire (partiellement) les inconvénients (d'où son autre appellation **approche par les dépenses de protection**) : dépenses de propreté (coût du nettoyage), dépenses de santé et (par extension) pertes par surmorbidity et surmortalité (valeur de la vie humaine).

Elles sont largement utilisées à propos de pollution atmosphérique et de bruit, mais peu dans le domaine de l'eau et des rivières.

b. Méthode(s) par le coût d'accès au service naturel [voir fiche méthode 7]

Cette approche est classique depuis une trentaine d'années en matière de forêts de loisirs, de parcs ou monuments naturels et rivières remarquables en Amérique du Nord.

Elle convient pour valoriser un **avantage récréatif** généré par un aménagement hydraulique, ou un dommage récréatif causé par une pollution aquatique, si le site exerce son **attraction** sur un territoire relativement étendu.

Au-delà de l'enquête sur les dépenses, une transformation théorique permet d'estimer la valeur totale de la demande pour le site, ce qui la rapproche des méthodes directes, présentées plus bas.

c. Méthode(s) des prix hédonistes [voir fiche méthode 8]

Un gain environnemental est mesuré indirectement mais synthétiquement à travers le surpris des propriétés immobilières (ou la perte environnementale, à travers les moins-values correspondantes). Ces méthodes reposent sur l'hypothèse (dite **hypothèse hédoniste** ou **hypothèse de prix implicite**) selon laquelle un **différentiel** sur le prix d'un bien [ici : terrains, logements] en fonction des écarts observés sur une **caractéristique** [ici : la présence de la rivière avec des possibilités d'usage de haute valeur, la qualité du milieu ou du paysage aquatique] permet de déduire le **prix attaché implicitement à cette caractéristique**.

Si l'on parvient (ce qui n'est pas toujours aisé) à déterminer ce prix différentiel, alors on peut mesurer l'avantage associé à une amélioration donnée de la caractéristique.

Derrière un principe simple, conforté par des développements théoriques solides, l'approche hédoniste suscite en fait des difficultés, voire des objections, fondées sur le fonctionnement des marchés fonciers-immobiliers et qui risquent de fragiliser des résultats faussement évidents.

De ce fait, un coût social ou un avantage ainsi calculé risque de n'avoir qu'une signification excessivement vague.

Il n'empêche que les méthodes se rattachant à cette problématique sont largement employées en économie urbaine (coût social du bruit de trafic automobile, de la pollution atmosphérique).

d. Méthode ECORIV [voir fiche méthode 6]

Elle vise à établir un «bilan économique» d'aménagements de rivière déjà réalisés dans un bassin, afin de démontrer que ceux-ci peuvent apporter une plus valeur aux collectivités qui bénéficient de la présence d'une rivière. A cette fin, on procède par les étapes suivantes :

- identifier les différentes **catégories d'usagers** susceptibles d'avoir été affectés par un programme de travaux

(hydraulique agricole, lutte contre les inondations, soutien des étiages, amélioration du milieu aquatique),

- enregistrer les **changements, favorables ou défavorables**, exprimés par des individus représentatifs (hausse ou baisse de rendement agricole, d'effectif en pêcheurs, de valeur des maisons, de fréquentation canoé-kayak, de production électrique, ...),
- estimer la **quantité totale d'unités** concernées (ha, kwh, etc.),
- définir une **«valeur» monétaire unitaire** (revenu brut à l'hectare, dépense du pêcheur, ...),
- calculer les gains ou pertes totales par catégorie (quantités x valeurs),
- effectuer la **somme algébrique** de tous ces changements.

2.3.3. Méthodes directes

2.3.3.1. Définition

a. Définition générale

Il existe une seconde famille de méthodes, plus ambitieuses, qui cherchent à **évaluer la demande d'un service naturel directement**, à partir des **préférences** telles que **révélées** par les individus eux-mêmes.

Ce que l'on cherche à expliciter, cette fois, c'est leur **consentement à payer** pour obtenir un environnement non/moins dégradé (lorsqu'ils ne l'ont pas), ou [ce qui est presque équivalent] **l'indemnisation** qu'ils exigeraient (lorsqu'ils l'ont) pour en être privés.

Cette notion est centrale en analyse avantage-coût, en présence d'avantage non marchand. En effet, en économie de marché, la seule façon possible d'exprimer le coût social d'une nuisance tel que ressenti par les individus, c'est de trouver une expression **en monnaie**, manifestée en dehors du marché (donc à partir d'enquêtes) mais toujours avec une référence au marché. Etant donné qu'il n'existe pas de marché pour l'air pur, l'eau claire, le silence, etc., il est nécessaire de leur effectuer un **quasi-prix** : celui que les usagers paieraient si un tel marché existait.

L'objectif consiste donc à établir une **courbe de demande**, la valeur de l'avantage non marchand étant alors exprimés par l'intégrale de l'aire sous la dite courbe. Ce principe novateur a, en une trentaine d'années, bouleversé l'économie de l'environnement et suscité d'innombrables développements théoriques et expérimentaux, et généré un grand nombre de variantes. Certaines applications sont désormais d'usage courant, du moins en Amérique du

Nord, notamment en matière d'aménagement hydraulique ou de procès pour pollution.

b. L'évaluation contingente

Si les méthodes sont multiples, elles reposent du moins sur le principe d'évaluation contingente. Celle-ci consiste à demander aux individus :

- combien ils seraient disposés à **payer pour recevoir un avantage** (défini),
- ou/et combien ils seraient disposés à **recevoir en échange d'une perte** (définie).

Le processus de révélation est réalisable par questionnaire d'enquête auprès d'usagers en situation, ou expérimentation en laboratoire (stimuli-réponse). En tous cas, il s'agit d'obtenir une estimation personnelle de la valeur attachée à une augmentation ou une diminution de disponibilité d'un bien, à travers un «marché hypothétique» (dit marché contingent, d'où la dénomination de ces méthodes), clairement spécifié, et matérialisé dans un mécanisme d'enchères.

Les conceptions du questionnaire, de la mise en condition et du déroulement apparaissent variées. Mais, en tout état de cause, pour parvenir à des conditions proches d'un marché réel, il importe que l'interrogé ait une connaissance précise du bien, de la menace subie et de l'instrument de paiement utilisé (impôt ou autre).

c. Un vaste champ d'application

Si les méthodes d'évaluation contingente (M.E.C.¹) connaissent depuis quelques années un développement explosif, c'est pour trois raisons :

- une grande facilité d'emploi (du moins apparente),
- un champ d'application quasi-infini : du loisir en forêt au risque toxicologique, du gibier d'eau à l'air urbain, de la pêche sportive aux paysages naturels ; c'est souvent la **seule technique** disponible pour évaluer des avantages,
- une possibilité d'expliciter la valeur du **non-usage**, et non pas seulement de l'usage.

d. Des difficultés nombreuses

En revanche, elle suscite de nombreuses difficultés, pour :

- spécifier correctement tous les éléments du mécanisme de révélation,
- déceler ou prévenir les différents biais.

Cependant, les précautions supplémentaires ont une contrepartie : une sophistication et une lourdeur accrues, que seuls sont en mesure de maîtriser des spécialistes avertis. (Voir fiche méthode 9).

¹ ou C.V.M. (contingent valuation methods).

2.3.3.2. Un exemple aquatique ... et français²

Le barrage Seine, construit dans les années 1960 avec un objectif principal anti-crues et un objectif secondaire de loisirs, pourrait voir son mode de gestion modifié : calendrier des niveaux et variations, donc des stockages et déstockages. Quels seraient alors le gain écologique et le gain récréatif ? Une enquête réalisée en 1989 suivant une M.E.C. a permis d'estimer monétairement ces deux avantages.

a. Le problème technique

Le barrage remplit trois fonctions :

- **hydraulique** : stockage des eaux de crue,
- **écologique** : refuge d'oiseaux migrateurs, poissons,
- **récréative** : activités multiples, avec leur saisonnalité respective.

La gestion de la première conditionne les deux autres :

- la montée des eaux de printemps perturbe la reproduction, qui exigerait un niveau constant du 01/04 au 30/06,
- la vidange (dès le 15/08) gêne la baignade, le nautisme et la pêche.

b. Le problème d'évaluation économique

- **Nature des bénéfices écologiques** (liés au maintien d'un niveau constant au printemps) : valeur d'existence pour des individus, qui ne sont pas nécessairement touristes, ni pêcheurs, ni ornithologues.
- **Nature des bénéfices récréatifs** (liés à un retardement de la vidange jusqu'à la fin de l'été) : valeur d'usage pour trois groupes d'utilisateurs :
 - baigneurs-promeneurs sur juillet août (période d'ouverture des plages),
 - sportifs nautiques (voile, planche) de mars à novembre,
 - pêcheurs, de mars à décembre.

c. L'estimation des bénéfices (ici, par tête)

- **Bénéfices écologiques** : Le consentement à payer moyen (pour un maintien du lac à niveau constant d'avril à novembre) a été estimé (en frs/an) à [61 ; 94] ou [66 ; 91] suivant le modèle économétrique utilisé et le mode de traitement des non-réponses (assimilées ou non à des réponses «zéro franc»).
- **Bénéfices récréatifs** : Le C.A.P. moyen (pour le maintien du niveau maximum au-delà du 15/08) a été estimé à [25 ; 55] et [25 ; 49].

De ces résultats, plusieurs enseignements utiles se dégagent :

- contrairement à l'attente, le **bénéfice du non-usage** apparaît nettement supérieur à celui des usages ; en d'autres termes, **la conservation est mieux valorisée par les individus que l'exploitation touristique**,
- le montant du C.A.P. est dépendant du mode de traitement des non-réponses,
- les individus sont parfaitement capables d'exprimer leurs préférences dès l'instant où ils sont **pleinement informés** (du site, du fonctionnement, de l'enjeu).

2.3.4. Méthode sans évaluation

Paradoxalement, une estimation des avantages non marchands n'est pas toujours indispensable pour tenir compte de tous les coûts et avantages et prendre une bonne décision.

2.3.4.1. Fondement : le principe de la valeur implicite

On a montré plus haut (cf. 2.2.2.1.C) que, lorsqu'il n'était pas possible de mesurer certains coûts ou avantages en monnaie, il y avait lieu de reformuler le principe de l'avantage collectif net et faire apparaître implicitement la valeur **E** que le décideur politique attribue à la protection, suivant qu'il décide ou non de lui sacrifier l'avantage net monétaire **M**.

En s'appuyant sur ce principe général, il est possible d'éclairer le choix public dans des situations concrètes d'aménagement-conservation de sites naturels, notamment aquatiques, par la méthode dite de la valeur minimale de préservation.

2.3.4.2. La méthode : valeur minimale de conservation

a. Le type de situation

Un grand nombre de décisions d'aménagement entraînent des pertes irréversibles (vallée remarquable noyée par une retenue hydro-électrique, vestiges archéologiques menacés par un projet autoroutier, stockage de déchets dangereux, etc.).

Dans ces cas, une décision de **ne pas faire** l'aménagement signifie de renoncer à certains avantages marchands. Donc, les dommages ainsi évités doivent être mis en regard des avantages qu'aurait apportés l'aménagement. On notera l'**asymétrie** entre les termes de l'alternative :

² Référence citée en fiche méthode 9.

la décision de ne pas faire l'aménagement est **réversible** : on gardera toujours la possibilité de le réaliser, et celle de le faire ne laisse aucune possibilité de **revenir en arrière**.

b. Des hypothèses de taux de croissance

En s'inspirant de cette asymétrie, KRUTILLA & FISHER (cf. fiche méthode 10) ont développé un modèle de choix ne nécessitant pas d'évaluer le non marchand, mais seulement (outre les prévisions usuelles de recettes et coûts directs du projet, par exemple : la production électrique en valeur, et son coût) des **hypothèses de taux** de croissance ou déclin.

L'analyse repose sur l'équation de base de l'A.C.A. (présentée en 2.2.2.1.C) :

$$\text{AVANTAGE NET} = \text{AVANTAGE(H)} - \text{COUT(H)} - \text{AVANTAGE(P)}$$

avec :

H : action «aménagement hydro-électrique»,

P : action «préservation du site»,

A(H) : avantage (de coût) sur la filière électrique alternative la meilleure (nucléaire ou charbon, par exemple),

C(H) : coût direct de l'aménagement hydro-électrique.

Connaissant : **A(H)**, **C(H)** et **a**, taux d'actualisation des recettes et coûts futurs, et en admettant que :

- la valeur électrique décroisse dans l'avenir (effet d'amortissement technologique), au taux **p**,

- la valeur écologique **A(P)**, elle, s'apprécie dans le futur, à un taux **g** (qui refléterait à la fois la rareté croissante des sites naturels et l'attachement croissant de la population à ces sites),

alors on peut déduire la valeur que devrait avoir au minimum **A(P)** en première année pour que les deux flux totaux actualisés (valeur énergétique nette, valeur écologique) soient égaux.

[Par exemple, pour :

- **a** = 5 %,
- **g** = 4 %, soit sur 30 ans un multiplicateur de 260 (c'est-à-dire 1 dollar de valeur de préservation en année 0 aura généré en 30 ans un flux total actualisé de 260 dollars),
- une valeur énergétique initiale de 189 M. dollars,

on déduit une V.M.P. de (seulement!) 750 000 dollars.]

Il reste alors au décideur politique à juger si la préservation du site **vaut ou non** le montant de la V.M.P.

Bien entendu, cette approche nécessite des **fourchettes** pour les différents paramètres afin de faire apparaître la **sensibilité** ou la **stabilité** de la V.M.P., et par là même le degré de fiabilité de l'analyse. [Ce modèle a été appliqué à la protection de diverses rivières en Tasmanie (Australie) et aux Etats-Unis.]

2B

3 - Fiches Méthodes Economiques

- FE-1 - Méthode des coûts spécifiques
- FE-2 - Méthode du surplus et du rapport bénéfice/coût
- FE-3 - Méthode du temps de retour
- FE-4 - Méthode multicritère par surclassement : Electre-I
- FE-5 - Méthode par les dépenses d'adaptation
- FE-6 - Méthode Ecoriv, Impact économique des aménagements
- FE-7 - Méthode par le coût d'accès au service naturel
- FE-8 - Méthode par les prix hédoniques
- FE-9 - Méthode d'évaluation contingente
- FE-10 - Méthode de la valeur minimale de préservation

Méthode

FE-1

Méthode des coûts spécifiques

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|----------------|------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- En présence d'actions dont (1) le **coût** est exprimé en monnaie et (2) l'**avantage** est quantifiable mais seulement **en nature** :

identifier le programme d'actions permettant de réaliser un objectif donné au **moindre coût** total, ou de maximiser l'avantage réalisable avec un **budget total donné (analyse coût - efficacité)**.

- Objectifs de qualité (programme de réalisation, choix d'un objectif), gestion de la ressource (débit-objectif, débit réservé, programme de mobilisation, programme d'économies), protection contre les crues ou l'érosion, réhabilitation de milieu.

Données nécessaires

- Liste d'actions réalisables (alternativement, ou combinables en programme).
- Coût (investissement, fonctionnement annuel) de chaque action : C.
- Niveau d'avantage associé à chaque action: donnée quantitative en nature : A.
- Objectif : soit avantage total à obtenir, soit budget de coût total à ne pas dépasser.

Description rapide et mise en œuvre

- Calculer le rapport C/A, dit **coût spécifique moyen (CSM)**.
- Classer** les actions par ordre de CSM croissant.
- Choisir les actions jusqu'à concurrence de l'objectif (approche dite : **coût minimum à efficacité donnée**).
- Ou : choisir les actions jusqu'à épuisement du budget (approche dite : **efficacité maxima à coût donné**).

Contraintes et limites d'utilisation

- Ne permet pas d'apprécier la **justification économique** de l'objectif, en l'absence d'évaluation monétaire de l'avantage.
- Sa pleine utilisation nécessite une **analyse de sensibilité** :
 - du coût à des niveaux alternatifs de l'objectif, plus ou moins ambitieux,
 - de l'objectif réalisable pour des montants de budget plus ou moins élevés.
- Réduit la politique à la réalisation d'un **objectif unique**, exprimé à l'aide d'un indicateur non monétaire mais mesurable et sensible au degré d'effort consenti.

Pour en savoir plus

- MAESTRE L.Y. *Initiation au calcul économique pour les ingénieurs*. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1985, coll. Gérer l'environnement.

Coût

Coût **annuel**, qui est la somme d'un coût de **fonctionnement** : **F**, et d'un coût d'**investissement** : **I**, converti en équivalent annuel. Cette conversion tient compte de l'emprunt (au taux **i** et de durée **n** années), suivant un coefficient **alpha**, que l'on obtient à l'aide de la formule :

$$\alpha = i(1 + i)^n / [(1 + i)^n - 1]$$

Exemple :

avec : $i = 5\%$ et $n = 30$ ans, $\alpha = 0,06881$.

D'où : $C = 0,06681 C + F$

Compléments ...

Méthode des coûts spécifiques

Avantage

Il faut et il suffit qu'il soit : (1) déterminant, (2) quantifiable et (3) sensible à l'action menée.

Exemples :

- pour un programme de dépollution : la pollution éliminée (en équivalents-habitants) en fonction de l'effort d'épuration, donc du coût de l'épuration ;
- pour un programme de mobilisation de la ressource en eau : volume supplémentaire d'eau disponible en fonction de la capacité des réservoirs, donc de leur coût.

Coût spécifique

Le rapport C/A constitue le C.S. **moyen, CSM**. Le C.S. **marginal, Csm** est une information utile au décideur : dC/dA , supplément de coût total entre une action et la suivante (dans l'ordre du tableau de tri), rapportée au supplément d'avantage correspondant. Le décideur peut fixer une norme de CNS ou/et de Csm afin d'arrêter son programme.

Attention ! Lorsque l'action comporte une installation dont le taux d'utilisation est évolutif (ex. : projet de station d'épuration en tranches), le C.S. basé sur la **capacité nominale** sous-estime le C.S. réel (en raison des **frais fixes**), ce qui peut conduire à un mauvais choix financier (même si les actions retenues sont les plus efficaces).

Analyse de sensibilité

- Ne pas omettre de tester les C.S. pour une **marge d'imprécision** sur les coûts et sur les avantages.
- Etudier l'incidence du **taux d'emprunt** sur les C.S. et sur le classement. En effet, un taux faible amène à privilégier, comme moins coûteuses, les actions "lourdes", et à écarter les actions plus "légères" (qui peuvent présenter par ailleurs des caractéristiques intéressantes).

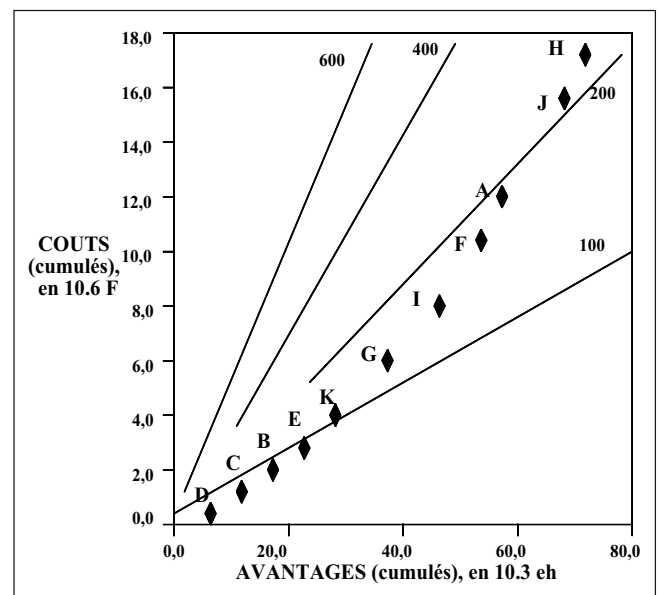
Représentation graphique

- en abscisses : $\sum A$, avantage en cumulé,
- en ordonnées : $\sum C$, coût en cumulé,

- rayons : ils représentent différentes valeurs de coût moyen CSM (données, par exemple : de Figure 100 frs en 100 frs),
- la «courbe» représente la suite des actions classées et cumulées,
- le CS marginal, Csm, est donné par la pente d'un segment figurant le passage d'un programme dont la dernière action est **a**, et le programme consistant à inclure aussi l'action suivante **a+1**.

Pour **choisir un programme**, l'on peut se fixer alternativement :

- une valeur plancher de $\sum A$,
- une valeur plafond de $\sum C$,
- une valeur plafond de CSM (pente du rayon déterminé par la dernière action incluse dans un programme),
- une valeur plafond de Csm (pente maxima admissible d'un segment).



Actions classées par ordre de coût spécifique croissant.

Méthode

FE-2

Méthode du surplus et du rapport bénéfice/coût

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- En présence de projets d'investissement (au sens large) concurrents, dont les coûts mais aussi les avantages (du moins essentiels) sont en monnaie : dresser un **bilan actualisé** des recettes et dépenses prévisibles et sélectionner le(s) plus **rentable(s) économiquement et financièrement**.
- Méthode classique en économie publique. En économie de l'eau, utilisable si les avantages importants consistent en :
 - une production marchande (aménagements hydrauliques : vente d'eau, d'électricité),
 - des dégâts évités «économiques» (non humains) : inondation, érosion,
 - d'autres services naturels non marchands mais pouvant se faire attribuer une valeur monétaire (loisirs aquatiques ou terrestres).

Données nécessaires

- Echanciers de coûts (investissement, fonctionnement) : **C(t)**.
- Echanciers de recette (marchandes ou non) : **R(t)**.
- Taux d'actualisation : **i**.

Description rapide et mise en œuvre

- (1) Convertir les flux $R(t)$ et $C(t)$ en **valeur actuelle**, désignées resp. : **R**, **C**.

Rentabilité économique :

- (2) Calculer le **surplus** (ou "bénéfice", avantage net de coût): **B = R - C**.
- (3) Eliminer les projets dont **B < 0**.

Rentabilité financière :

- (4) Calculer les bénéfices annuels $B_t = R_t - C_t$, puis la valeur actuelle de **I** (*formule plus loin*).
- (5) Calculer le taux de rentabilité **r** (*définition plus loin*).

- (6) Classer les projets selon **r** décroissant.

Rentabilité économique et financière :

- (7) Identifier le(s) projet(s) qui **maximisent B**, puis **r**, et vice-versa.

Contraintes et limites d'utilisation

- Résultat dépendant des **hypothèses** financières (amortissement, actualisation) et économiques (coûts d'achat, prix de vente). Nécessité **d'analyses de sensibilité**.
- Conflit possible entre l'objectif économique et l'objectif financier.

Pour en savoir plus

- WALLISER B. *Le calcul économique*. La Découverte, Paris, 1990, collection Repères.

Attention!
Terminologie ambiguë

Avantage et *recette* sont synonymes lorsque l'avantage est en monnaie. *Bénéfice* devrait désigner, en toute rigueur, la recette **nette de coût**. Cependant, sous l'influence américaine, il désigne souvent **avantage** (donc, **avant** déduction du coût), notamment dans l'étude des projets hydrauliques ! Une (mauvaise) habitude fait désigner sous l'expression *analyse (ou rapport) bénéfice-coût*, ce qui est en réalité une *analyse (rapport) avantage-coût* (par exemple, en matière de protection contre les inondations).

Compléments ...

Méthode du surplus et du rapport bénéfice/coût

Valeur actuelle d'un investissement ou bénéfice actualisé

$$B = -I + B \sum [1 \div (1+i)^t] = \gamma_n B - I$$

où γ_n est le **facteur d'actualisation**, et B, le bénéfice annuel (supposé constant ici).

Par exemple :

sur 30 ans, il faut multiplier B par 25,8, si le taux d'actualisation est 1 %, pour obtenir la valeur totale brute, mais seulement par 11,2 si le taux est 8 %.

Taux de rentabilité

C'est le taux d'actualisation au-dessus duquel **B** devient négatif, et donc, le projet déficitaire dès l'instant où le taux de l'emprunt lui est au moins égal.

Hypothèses économiques et financières

- La prise en compte des **coûts et prix** peut susciter de délicats problèmes, dus notamment à des distorsions causées par la fiscalité et les subventions.
- Tenir compte le cas échéant des interdépendances entre projets.
- Le surplus peut inclure **divers avantages** pour les personnes physiques, les entreprises et l'Etat. Leur définition, leur évaluation et leur sommation sont toujours difficiles et discutables.
- Il est prudent de faire des **hypothèses** explicites sur : le taux d'actualisation, le coût des emprunts, les modalités d'amortissement, l'échelonnement des investissements (tranches plus ou moins datées), et d'apprécier leur incidence sur le classement des projets.

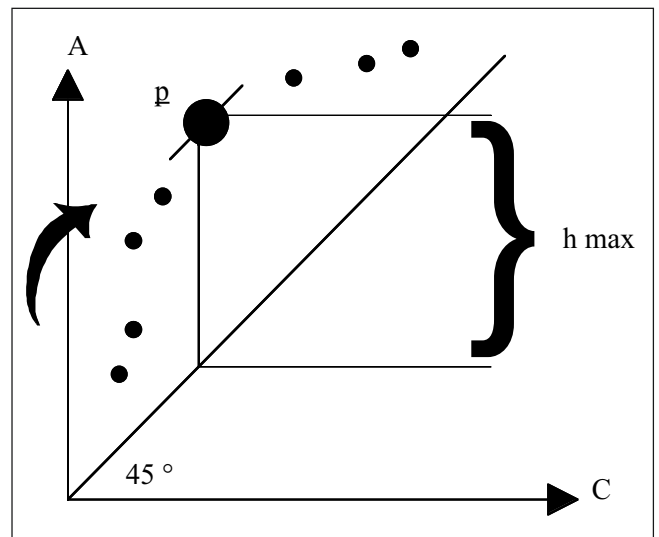
Principe de l'optimum

ou principe de **l'avantage net maximum, rapport avantage/coût** d'un programme.

Exemple :

définir l'ampleur d'un programme contre les inondations. Graphique ci-dessous.

- La courbe figure la suite des programmes triés selon le **rapport A/C croissant**. Programme désigne les projets de la liste cumulés. La pente d'un rayon donne le rapport **moyen A/C** du programme. Le rapport **marginal : dA/dC** est donné par la pente du segment entre deux programmes de la liste, soit le rapport du dernier projet inclus.
- **Identifier le programme optimal p** revient à cheminer de sommet en sommet jusqu'à ce que **A - C soit max**. (hauteur **h**), ou (ce qui est équivalent) **dA/dC** passe en-dessous de 1,00. Au-delà, admettre un projet de plus coûterait davantage qu'il ne rapporterait (dans l'exemple : en dégâts de crue évités).



Exemple : définir l'ampleur d'un programme contre les inondations.

Méthode

FE-3

Méthode du temps retour**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|----------------|------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Objectifs : les mêmes que la méthode précédente.
- Domaine d'utilisation : idem.

Données nécessaires

- Idem,
- sauf le taux d'actualisation, qui n'est pas nécessaire.

Description rapide et mise en œuvre**Variante sans actualisation :**

- (1) Pour chaque projet, calculer la recette annuelle cumulée du projet.
- (2) Calculer la dépense annuelle cumulée.
- (3) Identifier le nombre d'années **T** au bout desquelles la recette cumulée excède la dépense cumulée, et appelé **durée d'amortissement**, ou **temps de retour**.
- (4) Sélectionner le projet qui minimise **T**.

Variante avec actualisation :

- (1) Pour chaque projet, calculer la recette annuelle actualisée, puis la recette annuelle actualisée cumulée.
- (2) De même pour la dépense.
- (3) Identifier le nombre d'années **T** au bout desquelles le revenu actualisé s'annule.
- (4) Sélection : idem.

Contraintes et limites d'utilisation

- Méthode largement utilisée, au moins comme source d'**information** (parmi d'autres). En tant qu'outil

d'aide au **choix** entre actions publiques, ce critère repose sur une finalité " productiviste " (il s'agit en fait d'éliminer les projets à trop long terme : stratégiques, structurants); il s'avère donc peu pertinent au regard d'une logique de type **patrimonial**.

- Critère purement empirique (manque de fondement théorique) et grossier (y compris en économie privée), car il néglige le profil temporel des projets. (*Voir plus loin.*)

Pour en savoir plus

Idem que méthode précédente.

Compléments ...

Méthode du temps retour

Critique de la méthode

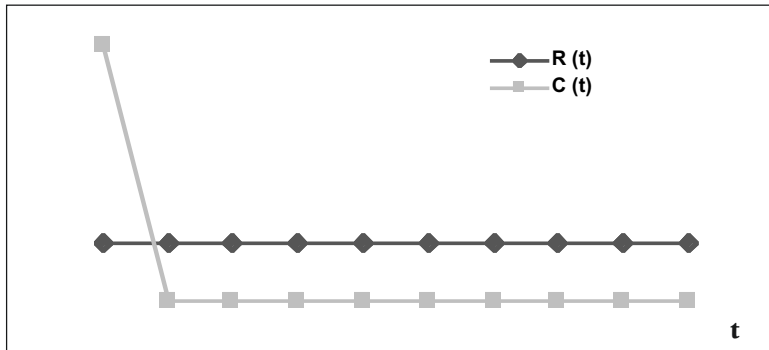
- **Rappel** : La justification fondamentale de toute évaluation de projets réside dans un **arbitrage intertemporel** à effectuer, inéluctablement (explicitement, de préférence à un choix implicite) : toute action économique génère une séquence de coûts et de recettes, qu'on supposera ici identifiables et prévisibles assez correctement pour se prêter à un chiffrage en monnaie ; il est alors nécessaire d'agrèger des **bilans annuels** en un **bilan global**. La sélection des meilleures actions doit donc s'effectuer en comparant les bilans actualisés. L'on doit aussi tenir compte des relations entre projets : **incompatibles ou indépendants**, avec tous les cas de figure intermédiaires.
- Le critère T, lui, se borne à indiquer l'horizon au terme duquel l'investissement initial aura été récupéré : il néglige tous **les avantages postérieurs à T**.

- Pour des projets incompatibles, le choix de celui qui minimise T ne repose sur aucun fondement théorique.
- Pour des projets indépendants, le choix de ceux ayant un T suffisamment petit pose le problème consistant à définir cet horizon maximal. La seule justification d'un T court peut être l'existence d'une **forte incertitude au-delà de cet horizon**.

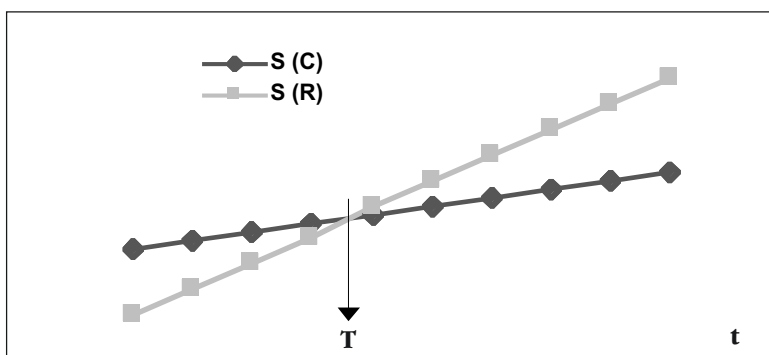
Représentation graphique

(Cas non actualisé)

- **C(t)** : échéancier des dépenses.
- **R(t)** : échéancier des recettes.
- $\sum C$: dépense cumulée.
- $\sum R$: recette cumulée.
- **T** : temps de retour.



Flux de valeurs annuelles



Flux de valeurs cumulées

Méthode

FE-4

Méthode multicritère par surclassement : ELECTRE-I

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|----------------|------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- En présence de projets d'action décrits à l'aide de critères multiples, non agrégables, quantitatifs ou qualitatifs : effectuer un **classement global**.
- Tous domaines, notamment de l'aménagement-gestion de l'environnement naturel, en particulier des rivières, surtout en présence d'enjeux hétérogènes et **d'acteurs multiples**, aux logiques disparates, voire conflictuelles.

Données nécessaires

- Liste d'**actions**.
- Liste de **critères**, assortis de leur **échelle** respective.
- Matrice de **performances** actions X critères (*voir plus loin*).
- **Poids** accordés aux critères (éventuellement, plusieurs systèmes si les partenaires ont des divergences).

Description rapide et mise en œuvre

- (1) Comparer 2 à 2 toutes les actions, critère après critère.
- (2) Construire un **tableau de concordance** (*cf. plus loin*) et le **tableau de discordance** (*cf. plus loin*).
- (3) Relever le seuil de concordance et abaisser le seuil de discordance, afin d'éliminer peu à peu les actions qui sont **surclassées**.
- (4) Construire les différents **graphes** de surclassement (*cf. plus loin*) et examiner leur **stabilité**.
- (5) Identifier les actions constituant le **noyau** (*cf. plus loin*).
- (6) Recommencer la procédure (3)(4) autant de fois qu'il existe de **systèmes de pondération** différents pour les critères.
- (7) Examiner **l'intersection des noyaux**, en recherchant l'ensemble des actions qui constitueraient un bon compromis entre les objectifs, c'est-à-dire par-delà les différents systèmes de valeurs des acteurs.

Contraintes et limites d'utilisation

- Nécessite une **discussion** (des critères, des performances et des pondérations) : c'est une lourde contrainte mais en même temps un intérêt essentiel de la méthode : une application purement mécanique ne saurait être en soi enrichissante, tout dépend de la qualité de l'insertion de l'étude dans le **processus de décision**.
- Ne dispense pas d'une analyse coût-efficacité ou d'une analyse bénéfice/coût.

Pour en savoir plus

- SCHÄRLIG A. *Décider sur plusieurs critères*. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1985, coll. Diriger l'entreprise.
- MAYSTRE L.Y., PICTET J., SIMOS J. *Méthodes multicritères ELECTRE. Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne (diff. Tec & Doc, Lavoisier, Paris), 1994, 323 pages, coll. Gérer l'environnement.

Compléments ...

Méthode multicritère par surclassement : ELECTRE-I

Tableau des performances

- Soit un ensemble **A** d'actions et une famille **F** de critères (cohérente, non redondante, exhaustive). On appelle tableau de performances de **A** sur **F** le tableau qui associe à chaque action les valeurs de chaque critère. Valeurs cardinales ou ordinales, suivant le type d'échelle retenue pour les différents critères.
- Le T.F. constitue une **synthèse** capable de répondre, au moins partiellement, à l'attente du décideur. Aussi son achèvement peut marquer un temps fort du processus d'aide à la décision : à la fois aboutissement d'une étape de **reconnaissance des solutions**, et instrument d'un **nouveau dialogue** entre les différents intervenants dans le processus de décision.

Il importe donc que cette matrice ait été **reconnue** par tous les partenaires comme constituant un résumé objectif des données et opinions, c'est-à-dire indépendamment :

- des préférences que chaque partenaire peut légitimement avoir pour ou contre certaines actions,
- de l'importance qu'il attribue à certains objectifs plutôt qu'à d'autres.

Surclassement (d'une action par une autre)

On dit qu'une action **a** en surclasse une autre, **b** (ce qu'on écrira : **aSb**), si à la fois :

- **a** est au moins aussi bonne que **b** relativement à une **majorité de critères** (éventuellement pondérés),
- sans être trop nettement plus mauvaise, relativement aux autres critères.

On soumet donc cette vérification à deux conditions :

- une condition de concordance : on impose qu'une certaine majorité de critères se dégage en faveur de **aSb**, à travers un **seuil de concordance**, exprimé en % du total des poids (donc proche de 1),

- une condition de non-discordance : on exige qu'il n'y ait pas de très forte pression, dans l'un des critères de la "minorité", en faveur d'un surclassement inverse : **bSa**; on se fixe pour cela un **seuil de discordance** (proche de 0).

Tableau de concordance

Tableau **A x A**. Chaque case indique la somme des poids des critères concordants avec l'hypothèse **aSb**, en % du total des poids.

Tableau de discordance

Tableau **A x A**. Chaque case indique l'importance du plus grand désaccord avec **aSb**, en % du plus grand de tous les désaccords (toutes actions x tous critères).

Graphe de surclassement, noyau

- Chaque sommet représente une action. Un arc (**a,b**) indique que l'action **a** surclasse l'action **b**. Il est dressé à partir du tableau de concordance et du tableau de discordance, pour une valeur donnée des deux seuils.
- Le noyau est l'ensemble des sommets du graphe qui ne sont pas surclassés (donc dépourvus d'arcs incidents).

Diversité des méthodes

- La méthode ELECTRE-I n'est que l'une des nombreuses méthodes de la "famille".
- Bien d'autres méthodes d'approche multi-critère de la décision que les ELECTRE sont disponibles dans la littérature et sur le marché des logiciels.

Méthode

FE-5

Méthode par les dépenses d'adaptation

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Exploiter des données de **dépenses individuelles de protection** pour mesurer indirectement le coût économique de la dégradation du milieu, donc pour exprimer la **valeur de l'avantage non marchand** produit par une politique de réhabilitation ou de prévention.

Se fonde sur l'idée que les inconvénients subis par les individus sont en partie compensés par des mesures d'adaptation-protection, donc par des dépenses observables.

- **Hors eau** : pollution de l'air, bruit (*voir au verso*.) **Eau** : qualité de l'eau en A.E.P, pollutions accidentelles dont : marées noires, contamination de nappe (*voir au verso*), dégâts d'inondation.

Données nécessaires

- Niveaux de la qualité environnementale en cause.
- Actions individuelles de protection-adaptation : types, fréquences.
- Dépenses associées à ces actions.

Description rapide et mise en œuvre

- (1) Etablir une relation statistique entre protections et niveau de la qualité environnementale : **relation dose-réponse** (expression utilisée souvent pour désigner cette méthode dans son ensemble).
- (2) Construire une **fonction de dommage non monétaire**, reliant les atteintes (en nature) au niveau de qualité.
- (3) Attribuer un **ratio monétaire** ("valeur" par unité de dommage en nature).
- (4) Multiplier la variation de dommage physique par cette valeur, pour exprimer l'avantage monétaire global à attendre d'une politique donnée d'amélioration.

Contraintes et limites d'utilisation

- Mesure le seul coût d'adaptation, donc **sous-estime** le dommage. (*Voir plus loin*.)
- Peut aider à améliorer le choix d'un objectif de qualité, grâce à une **analyse de sensibilité**, associant, à des programmes d'action plus ou moins ambitieux, des coûts d'adaptation et des coûts de mise en œuvre (ou "coûts de contrôle"). (*Voir plus loin*.)

Pour en savoir plus

- DESAIGUES B., POINT P *Economie du patrimoine naturel. La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*. Economica, Paris, 1993. Chap.3: *Les dépenses de protection*, 77-90.

Compléments ...

Méthode par les dépenses d'adaptation

Domaines hors eau

Pollution atmosphérique, bruits notamment d'aéroport, de boulevard périphérique.

- **Santé** : on associe :
 - (1) une étude épidémiologique (= relation dose-réponse)
 - (2) des coûts économiques, constitués de :
 - 2a. des pertes de production, du fait de la maladie et de la mort prématurée,
 - 2b. des surcoûts : coût médical + frais mortuaires prématurés.
- **Végétation** : dégâts agricoles et forestiers :
 - (1) dégâts physiques en fonction de la pollution (baisse de rendement des cultures, moindre croissance des arbres),
 - (2) puis dommage économique net pour les producteurs et les consommateurs.
- **Matériaux, bâtiments** :
 - (1) relations dose-réponse par matériau x substance polluante,
 - (2) volume exposé x taux de perte x coût de remplacement.

Eau

- Contamination d'aquifère par un **toxique** : analyse des réactions des usagers de l'A.E.P. (s'équiper en traitement collectif, ou individuel, ou acheter de l'eau en bouteille). L'avantage économique induit par des mesures de **prévention du risque** est mesuré par le flux total d'économie de ces dépenses, jusqu'à renouvellement complet de l'eau in situ.

Coût d'adaptation vs. coût en dommage

- L'individu rationnel choisit de s'adapter-protéger si la dépense lui permet de réduire le dommage davantage. Il peut ainsi subsister un **dommage résiduel**, non pris en compte par la méthode.

- Dès lors, la réduction de ces dépenses (et non celle des dommages) est-elle une mesure correcte de l'avantage créé par une politique ? Le coût de réalisation de cette politique peut ne pas être justifié sur la seule base de ces dépenses économisées, alors que celle-ci est souhaitée **aussi (et surtout !)** pour son utilité **directe** pour les individus (**plaisir, confort, tranquillité, santé, ...**). En d'autres termes : l'avantage lié à une protection se limite-t-il à l'économie des dépenses d'adaptation à la pollution ? La réponse de l'économiste est sûrement non, du moins en principe.

Politique d'objectif de qualité

Même peu fiable comme mesure du surplus, cette méthode peut néanmoins apporter une information sur les dépenses de protection en fonction du niveau de pollution (par ex. : *pour l'air* : *fonction de dommage par ménage* : *coût de nettoyage* + *surcoût santé* + *renouvellement des matériaux*).

Si l'on dispose par ailleurs du coût de prévention à la source (en fonction de la qualité souhaitée dans le milieu), on peut de la sorte, identifier un **niveau de pollution optimum**, c'est-à-dire pour lequel l'économie de dépenses de protection, nette de coût du contrôle, serait maximale. (Généralement, cet optimum ne se situe pas aux niveaux de pollution les plus bas car, pour les atteindre, c'est le coût de contrôle qui peut grimper vertigineusement.)

En d'autres termes, si les dépenses de protection sont élevées, les négliger peut amener à faire un **choix d'objectif économiquement erroné**.

2B

Méthode

FE-6

Méthode ECORIV, impact économique des aménagements**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Mettre en évidence l'incidence d'aménagements réalisés, sur la **satisfaction** des usagers des différentes catégories, y compris et surtout dans les usages autres que ceux visés au départ par l'objectif (généralement sectoriel) de ces aménagements. **Totaliser** les impacts catégoriels à l'aide de valeurs monétaires.
- Aménagements de rivières : hydraulique agricole, lutte contre les inondations, soutien des étiages, renaturation du milieu, dans une optique de développement local **global**.

Données nécessaires

- Jugement individuel sur l'incidence de l'aménagement [pour chaque catégorie d'usagers, via des enquêtes dans le public].
- Nombre d'individus concernés, nombre d'unités impliquées, taux d'implication [idem].
- Montant monétaire par unité [sources ad hoc, hors enquête].

Description rapide et mise en œuvre

- (1) Enquêtes auprès d'individus représentatifs des différentes catégories d'usage des rivières déjà aménagées : expression du **changement perçu**, favorable ou défavorable.
- (2) Définir l'assiette en nature, par catégorie.
- (3) Estimer le volume total d'assiette, en tenant compte d'un **taux d'incidence** de l'aménagement.
- (4) Appliquer à ce volume un **ratio monétaire** annuel, positif [s'il s'agit d'un gain] ou négatif [s'il s'agit d'une perte].
- (5) Faire la **somme algébrique** sur tous les usagers.

Contraintes et limites d'utilisation

- Indicateur global hétérogène, et donc de signification strictement économique limitée, pour des choix de politique publique.
- Par contre, les résultats avant sommation, s'ils sont correctement définis et quantifiés, peuvent donner une idée au moins approximative des changements sectoriels en nature.

Pour en savoir plus

- ASSOC. DU MOULIN DE LUCY. *Méthodologie pour une évaluation de l'impact économique des aménagements de rivières*. Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Nanterre, 1990, 2 cahiers, 65 p. + annexes.

Compléments ...

Méthode ECORIV, impact économique des aménagements

Résumé de la méthode (du point de vue économique)

| Usagers | Changement | Assiette | Type de " valeur " |
|----------------|--|--|---|
| agriculteurs | rendement des cultures | hectares | revenu brut à l'hectare |
| pêcheurs | fréquentation | effectif d'adhérents sociétés | dépense par pêcheur/an |
| microcentrales | variation de production, effort d'entretien | production électrique annuelle main d'oeuvre utilisée | prix de vente du kWh, coût/ jour |
| canoë-kayak | fréquentation | effectif d'adhérents club, nombre de locations à la journée | cotisation annuelle, prix de journée |
| riverains | plus ou moins value | unités d'habitat | valeur de l'U.H. |

Exemple de chiffrage

(1) Changements exprimés et assiettes

(enquêtes) :

1 agriculteur : 9 ha inondables, rendement : + 10 %

2 agriculteurs : 20 ha : + 15 % et 15 ha : - 5 %

1 AAPPMA : chute de 25 % sur 300 adhérents

1 moulin : production 400 000 kWh : + 15 %

nettoyage : 15 journées/an
contre 5 antérieurement

1 club canoë-kayak :
40 adhérents contre 10,
200 locations contre 100

1 riverain : valeur de l'UH : 200 000 F,
chute de 50 %

2 riverains : valeur 300 000 F, inchangée

(2) Montants monétaires unitaires

(donnés, sources extérieures diverses) :

- revenu brut moyen/ha, zone inondable :
3 000 F
- dépense du pêcheur/ an :
cotisation 220 F + dépenses 1 500 F
dont 30 % localement
- électricité, prix de vente :
300 F/ MkWh
- coût de la main-d'oeuvre :
600 F/ jour
- cotisation annuelle du kayakiste :
350 F
- location d'une UH de 100 000 F :
30 F
- valeur locative d'1 UH de 100 000 F :
10 % l'an

(3) Totalisation (F/an) :

| Usagers | Gains | Pertes |
|-------------------------|-----------------|----------------|
| agriculteurs | 159 000 | |
| pêcheurs | | 50 250 |
| moulin, énergie | 18 000 | |
| moulin, entretien | | 6 000 |
| canoë-kayak, adhérents | 10 500 | |
| canoë-kayak, clients | 3 000 | |
| riverains, habitat | | 75 000 |
| total des gains | 190 500 | |
| total des pertes | | 131 250 |
| impact global | + 59 250 | |

Méthode

FE-7

Méthode par le coût d'accès au service naturel**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Estimer la valeur de la demande pour une activité de loisir sur un site, à partir des coûts de déplacement des usagers des différentes provenances. Cette valeur globale est utilisable pour exprimer le service attendu d'un nouveau projet, ou la perte liée à une dégradation (notamment de l'eau).
- Approche classique en économie du loisir de plein air, dite aussi **méthode des coûts de déplacement, méthode de Clawson**. Assortie de très nombreuses variantes. Applications à des sites fréquentés (dommage lié à une dégradation) ou à aménager (valeur récréative attendue) : forêts, parcs naturels, monuments naturels, plans d'eau, rivières sauvages ou aménagées, bases de loisirs.

Données nécessaires

- Au minimum : nombre de visiteurs, population et coût par visite, pour chaque zone de distance au site étudié.
- Caractéristiques socio-économiques des zones (ou des individus), du site et des sites de substitution (suivant les variantes).

Description rapide et mise en œuvre

- (1) Etablir une relation statistique du **taux de fréquentation** (par rapport à la population totale) en fonction du coût de la visite (exprimé au minimum par la **distance**).
- (2) Exploiter cette relation pour simuler, via des accroissements fictifs d'un droit d'entrée sur le site, la réponse de la population globale au prix, et construire une **courbe de demande** pour le site.
- (3) L'intégrale de la demande, nette de coûts de déplacements, exprime la valeur nette (surplus) récréative, attachée au site. (*Voir plus loin.*)

Contraintes et limites d'utilisation

Le modèle comporte de nombreuses hypothèses simplificatrices. D'innombrables variantes permettent de les lever, mais au prix d'un alourdissement, rendant alors les méthodes directes plus attrayantes. (*Voir plus loin.*)

Pour en savoir plus

- DESAIGUES B., POINT P. *Economie du patrimoine naturel. La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*. Economica, Paris, 1993. Chap. 2, 41-76.

Compléments ...

Méthode par le coût d'accès au service naturel

Fonctions de la méthode

Cette méthode a un double statut scientifique :

- Comme méthode **basée sur le coût d'accès** au service, ici le coût de déplacement vers le site fréquenté, ce qui la rapproche, du moins en logique, des méthodes basées sur le coût d'adaptation-protection (*voir fiche méthode 5*). Avec la même réserve : le coût du trajet ne constitue pas à lui seul **la valeur d'une sortie** de loisir (tout comme la dépense de nettoyage n'efface pas le préjudice causé par un encrassement par la pollution atmosphérique).
- Comme méthode visant à estimer **la valeur globale de la demande**, ce qui la rapproche, cette fois, des méthodes "directes" décrites plus bas (*voir fiche méthode 9*). En effet, on y exploite la relation statistique observée [entre assiduité et distance (= coût)] pour prédire la réponse des différentes zones à différents niveaux de **prix d'entrée** (fictifs) sur le site et, par là-même, à construire une véritable **courbe de demande de la région** pour le site.

En d'autres termes, on postule que les usagers réagiraient à des hausses de prix d'entrée, en restreignant leur fréquentation, dans la même mesure où ils se montrent moins assidus quand la distance se fait plus longue.

Etapes du modèle élémentaire

- (1) Relation estimée des **taux de visite en fonction du coût de la visite** :
 - calculer des taux d'assiduité (visites/population), par zone de distance,
 - régresser ces taux sur la distance ou un indicateur de coût du déplacement.
- (2) Relation simulée du **total des visites demandées en fonction du prix** :
 - hypothèse: l'entrée, initialement gratuite, fait l'objet de prix par accroissements successifs,

- on calcule (à l'aide de la relation 1) les quantités de visites à partir de chaque zone de distance, puis on totalise,
- ce barème de demande (nombre total de visites depuis la région considérée globalement, pour différents prix) est transformé en une relation fonctionnelle de demande,
- l'intégrale exprime la valeur d'usage du site pour la population régionale, puis, déduction faite des coûts effectifs de déplacement (donc des distances), la valeur nette, dite **surplus des usagers**.

- (3) Ce montant peut valablement représenter la valeur du service récréatif produit par le site. On peut aussi exprimer sa variation en réponse à une **baisse de qualité** (pollution accrue, congestion) et ainsi **chiffrer le préjudice** (observé ou potentiel).

Idem, symétriquement (moyennant des différences dans certaines hypothèses et dans l'algorithme), dans le cas d'une **amélioration**.

Améliorations du modèle de base

Les nombreuses hypothèses simplificatrices (explicites et implicites) peuvent être levées dans diverses variantes. Toutefois, ces perfectionnements suscitent de nouveaux problèmes. Ils concernent principalement 5 domaines :

- coût et temps de trajet,
- influence des profils **individuels** : âge, richesse, etc.,
- caractéristiques du **site** : le loisir, les services annexes,
- influence de la forme **mathématique** de la relation de demande, et de la technique **statistique** utilisée,
- divers **biais** d'estimation statistique.

2B

Méthode

FE-8

Méthode par les prix hédoniques

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Estimer le coût social associé à une dégradation du milieu sur la base des **moins-values**, établies statistiquement à partir de l'observation du **marché foncier immobilier**.
- * Pollution atmosphérique, bruit urbain, dégradation des paysages, sites aquatiques, parcs urbains, zones exposées à risque naturel (inondation, avalanche, éboulement) ou technologique. (gel des terrains urbains autour de sites classés dangereux).

- L'hypothèse de relation **linéaire** entre "prix" et niveau de pollution semble irréaliste.
- Repose sur un principe éthique implicite de priorité au bénéficiaire des pollueurs : on impose aux individus **victimes de la pollution** existante de payer pour une amélioration. Au contraire, s'ils étaient en position de **vendre**, la somme qu'ils exigeraient des candidats pollueurs pour qu'ils aient le droit de polluer, serait supérieure. De ce fait, la valeur sociale de la qualité est **sous-estimée** par la méthode hédoniste.

Pour en savoir plus

- DESAIGUES B., POINT P. *Economie du patrimoine naturel. La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*. Economica, Paris, 1993. Chap. 4, 91-108.

Données nécessaires

- Prix fonciers-immobiliers (ventes, loyers) suivant la localisation.
- Indicateur de la qualité environnementale en cause, suivant la localisation.
- Toutes autres variables explicatives pertinentes.

Description rapide et mise en œuvre

- (1) Par régression multiple, calculer la part des différences d'environnement dans les **écarts de prix** fonciers-immobiliers.
- (2) En déduire la somme qu'un individu accepte de payer pour **"acheter" une meilleure qualité**.
- (3) Par agrégation, déduire la **valeur globale** attribuée par une population à une amélioration donnée de cette qualité.

Contraintes et limites d'utilisation

- Outre les limitations usuelles liées à la régression multiple, cette méthode appelle des précautions, voire des réserves fondées sur les "particularités" du marché foncier-immobilier.

Appréciation globale

- L'hypothèse fondamentale rejoint une constatation courante : le prix d'un immeuble reflète, entre autres facteurs, le niveau de ses attributs environnementaux. Etant donné que ces attributs varient dans l'espace (notamment, entre quartiers d'une zone urbaine), il y a lieu de s'attendre à mettre en évidence un **différentiel de prix significatif**.
- Cette hypothèse n'a rien d'aventureux : on conçoit qu'un logement situé en bordure d'un parc urbain ou d'un lac ait, toutes choses égales d'ailleurs, plus de valeur qu'un logement, par ailleurs identique, mais localisé en secteur pollué, bruyant et sans paysage. Mais son application pratique se heurte à un certain nombre de difficultés :
 - **technique statistique et économétrique,**
 - **logique et de réalisme économiques.**
- Aussi, le «résultat» sous forme d'un **coût social** associé à une augmentation de pollution et/ou d'un **avantage collectif** à attendre d'une amélioration risque de n'avoir qu'une signification extrêmement vague.
- En outre - est-il nécessaire de le rappeler ? - ce type de méthode est d'une pertinence douteuse dans les situations où la valorisation d'un site naturel consiste à le **préserver** des implantations humaines, et non pas à en **exploiter** le potentiel résidentiel !

Méthode

FE-9

Méthode d'évaluation contingente**Cotation**

| | | | |
|-------------------------------|---------|------------|------------------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- Evaluer monétairement la demande pour un bien d'environnement non marchand, directement, sur la base du **consentement à payer** exprimé par les individus concernés, à partir d'une enquête ad hoc, suivie de traitements économétriques appropriés.

- **Toutes** situations où aucune autre technique fiable n'est disponible.

En pratique : loisirs de plein air, notamment aquatiques, sites et paysages, espèces et milieux naturels, qualité de l'eau (y compris souterraine vis-à-vis de l'A.E.P.), risques naturels et technologiques, bruit, air.

En particulier, c'est une méthode a priori pertinente dans tous les problèmes où il faut prendre en compte à part entière **le non-usage** : l'actif naturel est reconnu socialement comme intéressant **en lui-même**, c'est-à-dire indépendamment d'utilisations existantes ou possibles, même récréatives : cas d'espèces rares ou biotopes remarquables, dont il s'agit d'explicitier une **valeur d'existence**.

Données nécessaires

- Consentement individuel à payer pour l'obtention d'un avantage non marchand défini, pour un échantillon d'usagers (dans un problème d'**usage**) ou de non-usagers ["éco-citoyens"] (dans un problème de **préservation**).
- Eléments de profil individuel (revenu, éducation, ...).

Description rapide et mise en œuvre

- (1) Mécanisme d'**enchères**, par voie de questionnaire (écrit ou oral) de terrain ou expérience de laboratoire.
- (2) Calcul d'un consentement à payer moyen par voie de **traitement économétrique**.
- (3) Application de cette valeur individuelle à **l'ensemble de la population** (définie par rapport au problème).
- (4) Nombreuses variantes de déroulement et de traitement économétrique.

Contraintes et limites d'utilisation

Derrière une apparente simplicité, la M.E.C. nécessite de nombreuses précautions, tant dans la conception du mécanisme d'évaluation individuelle, qu'en cours de traitement, afin de redresser divers biais. (*Voir plus loin.*)

Pour en savoir plus

- DESAIGUES B., POINT P. *Economie du patrimoine naturel. La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*. Economica, Paris, 1993. Chap. 5, 109-149.

2B

Compléments ...

Méthode d'évaluation contingente

Problèmes à résoudre à la conception de l'E.C.

1. Définition pertinente et précise de l'actif naturel en cause.
2. Identification correcte de la population.
3. Mode de paiement.
4. Mécanisme de la révélation.
5. Incidence du profil socio-économique des interrogés.

Problèmes au stade de l'analyse

Les résultats numériques peuvent être sensibles à la **forme fonctionnelle** retenue pour l'estimation du consentement à payer moyen.

Nombreux risques de biais

Ils sont liés :

1. à l'échantillon,
2. au questionnaire,
3. à la formulation des questions,
4. au comportement des interrogés (dont : comportement dit stratégique).

Principales applications françaises

- Valeur attendue d'une modification du régime d'exploitation du barrage Seine (périodes de stockage et de déstockage de l'eau, pour la prévention des inondations) pour : pêche, baignade-promenade, voile-planche, oiseaux migrateurs.
- Valeur attendue d'une extension de la période d'ouverture de la pêche à la truite, pour les pêcheurs sportifs, sur des rivières de Bretagne.

Par contre, les M.E.C. sont largement utilisées aux Etats-Unis comme partie intégrante des études de projets d'aménagement hydraulique, ou pour l'évaluation de préjudices récréatifs ou écologiques à la demande des tribunaux.

Méthode

FE-10

Méthode de la valeur minimale de préservation

Cotation

| | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Facilité de mise en œuvre : | facile | moyenne | difficile |
| Degré de spécialisation : | général | spécialisé | très spécialisé |
| Qualité générale et intérêt : | faible | moyen | fort |

Objectifs et domaine d'utilisation

- En présence d'un arbitrage (politique) à effectuer entre un aménagement "économique" irréversible et la préservation d'un site naturel remarquable, calculer la valeur que devrait avoir **initialement** la préservation pour que son **flux total actualisé** soit juste équivalent à celui de la production marchande concurrente.
- Protection de **site naturel remarquable menacé** par un aménagement (plan d'eau hydro-électrique noyant une vallée, équipement touristique lourd, etc.).

Données nécessaires

- Valeur nette initiale de la production marchande associée au projet d'aménagement $A_0(H)$ (*H pour : hydro-électricité*).
- Taux de (dé-)croissance de cette valeur : π .
- Taux de croissance du coût écologique : γ (taux global pouvant résulter de la combinaison de plusieurs composantes).
- Taux d'actualisation des valeurs futures : α .

Description rapide et mise en œuvre

- (1) Définir **l'équivalence entre deux flux** de valeur annuelles actualisées :
 - production marchande (par ex. hydro-électrique),
 - valeur écologique (elle-même non évaluable).
- (2) Par voie récursive, **déduire la V.M.P.** (*formule plus loin*).
- (3) **Analyse de sensibilité** aux valeurs des différents taux : décroissance de la valeur énergétique, croissance de la demande de nature.
- (4) Le décideur exerce son choix par référence (implicite ou explicite) à la V.M.P. :
 - référence **implicite** : autoriser le projet **revient à** estimer que le site naturel vaut moins que la V.M.P.,

- référence **explicite** : le décideur déclare que le site à l'état naturel vaut plus que la V.M.P. **et donc** décide d'abandonner le projet.

Contraintes et limites d'utilisation

La fiabilité de la méthode repose sur la qualité de **l'analyse de sensibilité**.

Pour en savoir plus

- FISCHER A.C., KRUTILLA J.V., CICHETTI C.J. *Alternative uses of natural environments. The economics of environmental modification*. in: KRUTILLA J.V., ed. *Natural environments. Studies in theoretical and applied analysis*. J. Hopkins Press, Baltimore, 1972. Coll. Resources for the Future. Chap.1, 18-53.

L'équivalence entre les deux options : Hydro-électricité vs. Protection

Elle est définie par l'égalité des deux flux de valeurs annuelles actualisées, de l'année initiale à une année terminale respective, supposée, de chaque option, soit :

$$\sum_{t=0}^T \frac{A_0(H) \div (1+\pi)^t}{(1+\alpha)^t} = \sum_{t=0}^{T'} \frac{A_0(P) \times (1+\gamma)^t}{(1+\alpha)^t}$$

avec :

$A_0(H)$, $A_0(P)$: avantage initial (resp. : hydro-électrique, préservation),

T , T' : année terminale (idem),

π : taux de progrès technique en production électrique thermique,

γ : taux de croissance globale de la demande de nature,

α : taux d'actualisation.

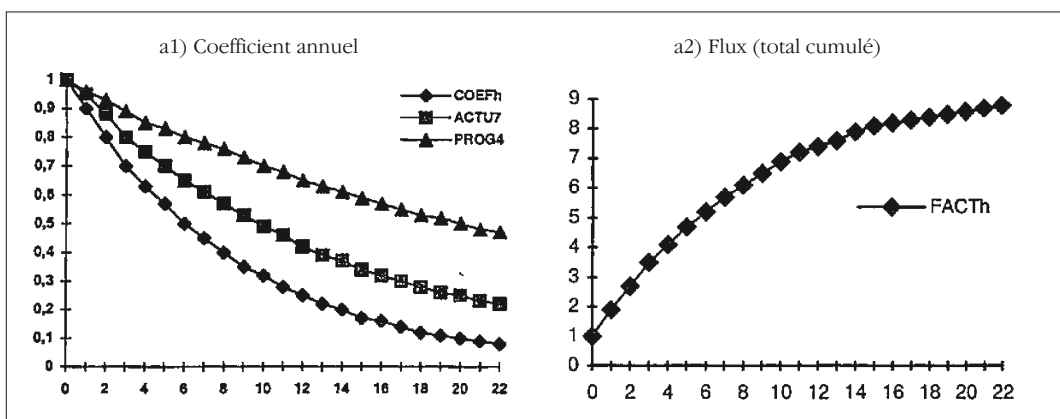
2B

Méthode de la valeur minimale de préservation

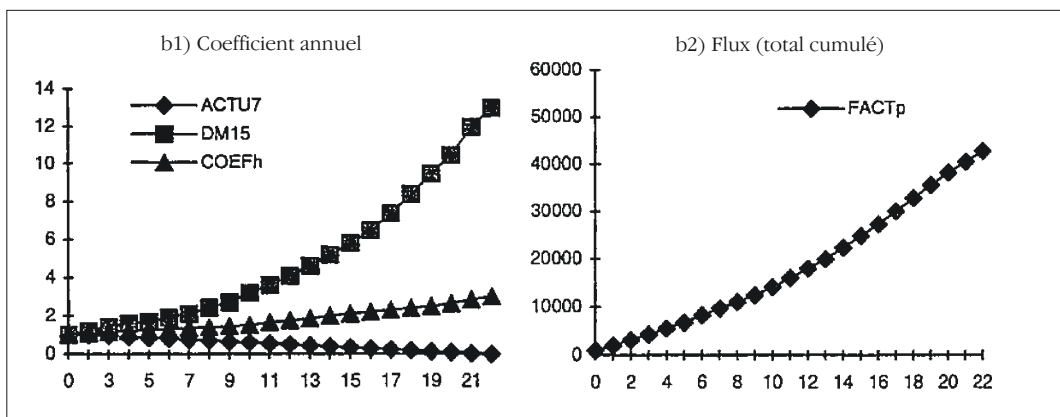
D'où la valeur minimale de la préservation $A_0^*(P)$ est égale à :

$$\sum_{t=0}^T \frac{A_0(H) \div (1+\pi)^t}{(1+\alpha)^t} \div \sum_{t=0}^T \frac{(1+\gamma)^t}{(1+\alpha)^t}$$

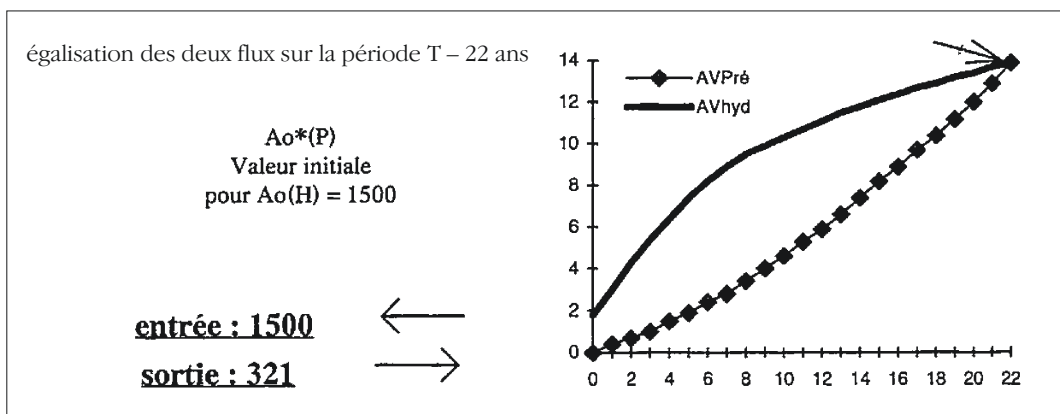
Représentation graphique



Option :
HYDROELECTRICITE :
avantage pour 1 franc
de valeur initiale



Option :
PRESERVATION :
avantage pour 1 franc
de valeur initiale



Principe de la VALEUR
MINIMALE DE
PRESERVATION

2B

Introduction

Cette troisième partie constitue une troisième clé d'entrée à l'ouvrage : les **objectifs de gestion**. Pour chaque objectif sont présentées des fiches **actions** susceptibles d'y répondre ou d'y contribuer.

Six objectifs ont été distingués :

- Gestion et Restauration du Milieu Aquatique
- Gestion et Restauration de la Qualité de l'Eau
- Gestion et Restauration de la Végétation Riveraine
- Gestion du Risque d'Inondation
- Gestion de l'Erosion
- Gestion Quantitative de la Ressource

Une action peut généralement répondre à plusieurs objectifs. Par exemple la protection des berges par technique végétale vise essentiellement à prévenir le risque d'érosion ; mais cela peut également contribuer à la restauration du milieu aquatique et de la végétation riveraine. Les fiches actions sont donc classées par objectif de gestion principal, puis par ordre alphabétique, et font référence aux autres objectifs possibles de l'action. Le tableau apparaissant plus loin recense l'ensemble des 38 actions, l'objectif principal auquel elles répondent (1) et les autres objectifs (2).

Chaque objectif de gestion fait l'objet d'une présentation générale. Les fiches actions présentent ensuite les différents objectifs de gestion auxquels l'action est susceptible de répondre, la nature de l'action, les éléments nécessaires à la définition du projet et à sa mise en oeuvre, les impacts potentiels et recommandations, et enfin, le contexte juridique.



Les fiches actions en tant que telles peuvent également constituer une clé d'entrée. Si cette approche peut paraître assez éloignée de la gestion intégrée, elle correspond souvent à une réalité : une actions ponctuelle est envisagée, une consultation est lancée pour la réalisation d'un ouvrage, etc.. Nous invitons donc le lecteur, qu'il soit décideur ou chargé d'étude, à élargir à nouveau la problématique :

- en raisonnant par objectif de gestion, et non par solution technique,
- en présentant d'autres actions pouvant se substituer ou compléter celle envisagée,
- en insistant sur les impacts potentiels des différentes actions envisageables.

Nous avons même poussé le principe assez loin en élaborant des fiches sur :

- des actions non recommandées, ou à mettre en oeuvre avec d'extrêmes précautions (signalée par «Action délicate»), ▲
- des actions fortement déconseillées (signalée par «Action à éviter») ●

Classification des actions présentées, par objectifs de gestion

| OBJECTIFS DE GESTION : | Gestion et Restauration du Milieu Aquatique | Gestion et Restauration de la Qualité de l'Eau | Gestion et Restauration de la Végétation Riveraine | Gestion du Risque d'Inondation | Gestion de l'Erosion | Gestion Quantitative de la Ressource | NOTA BENE |
|---|--|---|---|--------------------------------------|-------------------------|--|---|
| ACTIONS : | | | | | | | |
| Enlèvement des déchets | 1 | 2 | | 2 | | | |
| Entretien de la végétation aquatique | 1 | 2 | | 2 | | | |
| Introduction de végétaux aquatiques | 1 | 2 | | | | | |
| Reprofilage du lit d'étiage en site urbain | 1 | | | | | |  |
| Reméandrage | 1 | | | | 2 | 2 | |
| Amélioration de l'habitat du poisson | 1 | | | | | | |
| Réalisation de passes à poissons | 1 | | | | | | |
| Conception et organisation de la protection contre les pollutions accidentelles | 1 | 2 | | | | | |
| Protection juridique d'un site | 1 | | | | | | |
| Protection juridique de la qualité piscicole | 1 | | | | | | |
| Amélioration de la collecte des eaux pluviales, déplacement de points de rejets | | 1 | | | | | |
| Création ou amélioration d'ouvrages de traitement (STEP et Temps de Pluie) | | 1 | | | | | |
| Développement de l'assainissement autonome par le sol | | 1 | | | | | |
| Développement de l'assainissement par lagunage | | 1 | | | | | |
| Protection juridique de la qualité de l'eau | | 1 | | | | | |
| Entretien régulier de la végétation des berges | 2 | | 1 | 2 | 2 | |  |
| Restauration du corridor végétal | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | |
| Végétalisation et revalorisation paysagère | 2 | 2 | 1 | | 2 | | |

Légende : 1 : objectif principal de l'action,













: actions délicates

2 : objectifs secondaires.



: actions à éviter

| OBJECTIFS DE GESTION : | Gestion et Restauration du Milieu Aquatique | Gestion et Restauration de la Qualité de l'Eau | Gestion et Restauration de la Végétation Riveraine | Gestion du Risque d'Inondation | Gestion de l'Erosion | Gestion Quantitative de la Ressource | NOTA BENE |
|---|---|--|--|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|---|
| ACTIONS : | | | | | | | |
| Curage à vieux fond et vieux bords | 2 | 2 | | 1 | | |  |
| Création d'ouvrages d'infiltration et de rétention des eaux pluviales sur le BV | | 2 | | 1 | | | |
| Contrôle des modes d'occupation et d'utilisation du sol, gestion des eaux | | 2 | | 1 | | | |
| Entretien réfléchi des embâcles de bois | 2 | | 2 | 1 | 2 | | |
| Enlèvements obstacles à l'écoulement | | | | 1 | | | |
| Création d'une digue | | | | 1 | | |  |
| Reprofilage du lit moyen | | | | 1 | | |  |
| Recalibrage | | | | 1 | | |  |
| Coupure de méandres | | | | 1 | | |  |
| Création d'une retenue en eau | | | | 1 | | 2 |  |
| Création d'une retenue à sec | | | | 1 | | | |
| Création d'un chenal évacuateur de crue | | | | 1 | | |  |
| Implantation d'un seuil de fond | 2 | 2 | | | 1 | | |
| Le rachat de terrain | | | | | 1 | | |
| Protection des berges par techniques végétales | 2 | | 2 | | 1 | | |
| Protection des berges par enrochement | | | | | 1 | |  |
| Création de déflecteurs de courant | 2 | | | | 1 | |  |
| Création d'un seuil de régulation | | | | 2 | | 1 | |
| Restauration ou destruction de seuils | 1 | 2 | | | | 1 | |
| Alimentation artificielle du débit | 2 | | | | | 1 |  |

Légende : 1 : objectif principal de l'action,

2 : objectifs secondaires.



: actions délicates



: actions à éviter

A - Gestion et restauration du milieu aquatique

Introduction

Cette section rassemble un ensemble de fiches visant à engager des actions globales pour améliorer la qualité d'un milieu, ou pour éviter qu'elle ne se dégrade.

Du fait de la formulation très large de la problématique, les actions proposées sont extrêmement diversifiées. Certaines sont des actions douces et relativement faciles à mettre en oeuvre (enlèvement de déchets par exemple). D'autres sont très violentes et potentiellement traumatisantes pour la rivière, du moins pendant la durée de leur mise en oeuvre (reméandrage, reprofilage du lit d'étiage).

Le choix d'une action doit bien évidemment être fait en fonction des objectifs locaux spécifiques poursuivis. Il doit également tenir compte du fait que les milieux aquatiques constituent des systèmes complexes.

Il est donc toujours difficile de prévoir ce que seront les conséquences d'une action particulière. Ceci signifie que les bonnes intentions ne produisent pas toujours des résultats à la hauteur des espérances. Nous conseillons donc de toujours être extrêmement prudents et de privilégier les actions permettant un retour en arrière facile à celles qui sont plus difficilement réversibles.

Une autre règle générale à appliquer est qu'il est toujours beaucoup plus facile d'accompagner l'évolution naturelle d'un milieu que de s'y opposer.

Enfin, pour ce type d'actions encore plus que pour toutes les autres, il est indispensable de se souvenir qu'une rivière constitue un milieu à quatre dimensions (longitudinale, transversale, verticale et temporelle) : toute action ici et maintenant aura des conséquences ailleurs, dans le présent et dans le futur de même, faire évoluer la qualité du milieu localement n'a de sens que si on se donne également de la faire évoluer dans l'ensemble de ses dimensions.

Les actions présentées ici sont les suivantes :

- A-1 enlèvements de déchets ;
- A-2 entretien de la végétation aquatique ;
- A-3 introduction de végétaux aquatiques ;
- A-4 reprofilage du lit d'étiage en site urbain ;
- A-5 reméandrage ;
- A-6 amélioration de l'habitat du poisson ;
- A-7 réalisation de passes à poissons ;
- A-8 conception et organisation de la protection contre les pollutions accidentelles ;
- A-9 protection juridique d'un site (faune et flore) ;
- A-10 protection juridique de la qualité piscicole.

Action

A-1

Enlèvement des déchets

Objectifs de gestion

- **Milieu aquatique**
- Qualité des Eaux
- Inondation

Nature et objectifs de l'action

Enlèvement des objets jetés dans le lit du cours d'eau ou sur ses abords (pneus, bidons, etc.) pour éviter que la rivière ne soit assimilée à une décharge et que son cours ne soit obstrué.

L'action consiste à l'enlèvement par moyen humain ou moyen mécanique de ces déchets sur une partie du cours d'eau.

Définition du projet

Le choix du linéaire d'action est essentiel pour son efficacité. Un accord pourra être nécessaire entre les communes pour mener à bien le projet.

Selon l'importance des déchets, il faudra identifier les lieux d'accès au cours d'eau permettant de dégrader le moins possible les abords et le lit. De ces capacités d'accès peuvent découler les moyens techniques à utiliser.

Les déchets ne concernent en aucun cas les éléments naturels (troncs flottants, embâcles) dont la gestion, voire l'enlèvement, sont traités par ailleurs. (voir *Entretien des embâcles de bois et Enlèvement d'obstacles à l'écoulement*)

Observations

- De façon à ne pas avoir à renouveler cette opération, une réflexion intégrée à la politique locale sur le recueil des déchets et les moyens de valorisation du cours d'eau sera à mener (exemple : localisation de bennes dans les quartiers, incitation individuelle à la propreté par la mise en place de poubelles sur les sites fréquentés, etc.).
- en zone rurale, mise en place de déchetteries suffisantes et ouvertes aux habitants.
- Ce type d'opération a souvent un intérêt davantage paysager qu'écologique, la plupart des déchets ne perturbent pas réellement le milieu même s'ils nuisent à sa perception.
- Ce type d'opération peut facilement être médiatisé et de ce fait est utile pour faire prendre conscience de l'intérêt de la rivière et de la nécessité de la protéger (journées de l'environnement, actions avec les écoles, etc.).

Impacts

Les interventions nécessitant des moyens d'action mécaniques lourds peuvent occasionner ponctuellement des dégradations des abords.

Contexte juridique

- **Loi 75-633 du 15 juillet 1975** relative à l'élimination des déchets

La loi fait obligation d'éliminer les déchets susceptibles de produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, dégrader les sites et paysages, polluer l'air ou les eaux et, d'une façon générale, porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement.

Ce même texte autorise le maire (ou à défaut le préfet) à assurer d'office l'élimination des déchets aux frais du responsable au cas où des déchets sont abandonnés, déposés (ou traités) contrairement aux prescriptions législatives et réglementaires.

Procédure : Mise en demeure de l'auteur de dépôt (quand il est identifié) ou du propriétaire du terrain de procéder, dans un certain délai, à l'enlèvement des déchets ; à défaut, exécution d'office à ses frais.

Pas besoin de convention pour demander le passage ; en revanche, dans le cas d'une rivière non domaniale, l'accord des propriétaires riverains est requis.

Sanctions pénales :

- **R. 26 - 15° du code pénal**

non respect des prescriptions en matière d'ordures ménagères

- **R. 38 - 11° du code pénal**

abandon de déchets dans un lieu public ou privé

- **art. 22 loi du 3/01/1992**

abandon de déchets en quantité importante dans les eaux

La police des cours d'eau non domaniaux (dans le cadre de l'entretien des cours d'eau pour le curage, faucardage etc.) offre la possibilité d'utiliser la servitude de passage des engins mécaniques si elle a été instituée au profit de l'administration, d'une collectivité locale, d'un syndicat intercommunal (ou mixte) ou d'une association syndicale de riverains.

La police de la pêche (L 232-1 du CR) oblige tout propriétaire d'un droit de pêche (ou son ayant-cause) à participer à la protection du patrimoine piscicole et des milieux aquatiques. A cet effet, il doit effectuer des travaux d'entretien sur les berges et dans le lit du cours d'eau nécessaires au maintien de la vie aquatique.

Action

A-2

Entretien de la végétation aquatique

Objectifs de gestion

- Milieu aquatique
- Inondation
- Qualité des Eaux

Nature et objectifs de l'action

Il s'agit d'éviter une gêne pour l'écoulement de l'eau, de limiter le risque d'inondation et de sédimentation, la modification des équilibres physico-chimiques de l'eau et la baisse de la qualité piscicole par le contrôle de la végétation aquatique (à distinguer de la végétation riveraine traitée par ailleurs). Le développement excessif de la végétation pouvant être lié au fort éclaircissement, au réchauffement de l'eau, à une lame d'eau de faible épaisseur, à un faible courant, aux apports d'éléments nutritifs (par lessivage, rejets en rivière, etc.). On admet généralement que, lorsque la végétation aquatique couvre moins de 30 % du lit, elle ne gêne guère l'écoulement normal de l'eau, et qu'elle joue un rôle positif sur la biodégradation de la matière organique. Un prélèvement de matière organique, bien programmé dans le temps, permet une réduction de la masse de nutriments disponibles et diminue le risque d'eutrophisation.

Définition du projet

Trois types d'actions existent : le contrôle technique, le contrôle biologique et le contrôle chimique. Le choix est fonction de la nature de la végétation, de son origine, de son importance, de la dimension du cours d'eau et de ses caractéristiques.

Mise en œuvre

Le contrôle technique : le faucardage

Le faucardage doit être pratiqué en dehors des périodes de reproduction du poisson (en général de juin à août).

Il est pratiqué soit manuellement avec une grande faux, soit mécaniquement avec un bateau faucardeur (pour les grands cours d'eau ou sur les plans d'eau). Certaines précautions doivent être prises : préserver les frayères et bien évacuer les produits de coupe, afin d'éviter la dégradation de cette matière organique ou une reprise par bouturage.

Le contrôle chimique

La liste des produits homologués est établie par l'Association de Coordination Technique Agricole dans l'index phytosanitaire.

Cette technique présente des risques pour le milieu ; de nombreux accidents sont liés à une mauvaise utilisation des emballages ou à des rinçages de cuves effectués sans précaution. Les résultats ne sont pas toujours probants. Aussi, cette technique est fortement déconseillée.

Le contrôle biologique

On entend par contrôle biologique, l'utilisation d'organismes vivants dont l'introduction dans le milieu à traiter crée un phénomène de compétition ou de prédation vis-à-vis de la végétation. L'utilisation d'herbivores (certains rongeurs, des oiseaux ou des poissons) peuvent permettre la réduction de la végétation aquatique, notamment les petites plantes flottantes (lentille d'eau), les plantes immergées atteignant la surface et les algues filamenteuses. Cependant, les actions et les domaines d'application sont limités malgré leur attrait sur les plans économique et écologique.

Des effets indésirables peuvent être observés.

Impact

Dans le but de contrôler le développement de la végétation aquatique, il est préférable d'utiliser les actions mécaniques. Mais celles-ci doivent être menées avec précaution afin de ne pas perturber trop durablement le milieu.

Compléments ...

3A

Entretien de la végétation aquatique

Observations

Les actions préventives doivent être étudiées afin d'éviter une action lourde à réaliser périodiquement.

Les actions envisageables sur les origines du développement de la végétation aquatique sont les suivantes :

- la réduction des apports en nutriments (rejets urbains, engrais, etc.) ou la fixation du phosphore par injection de sulfate d'alumine ou carbonate de calcium dans les sédiments ;
- la diminution de la lumière par la création de zones d'ombre (voir l'action «végétalisation des berges») ;
- l'augmentation de la profondeur du lit ;
- la diminution des espèces envahissantes en exploitant la concurrence entre espèces végétales. (voir photo 3.1)

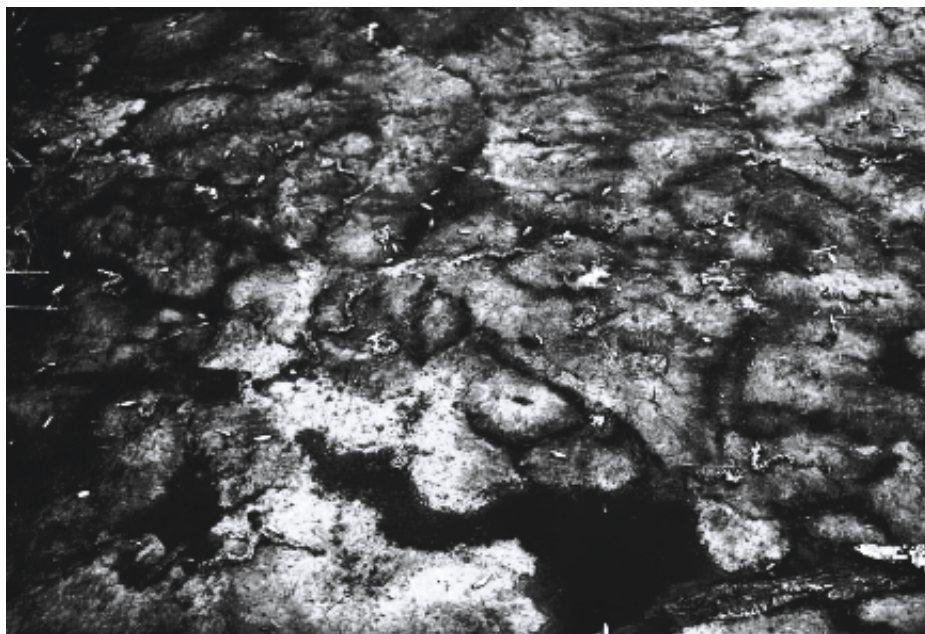


Photo 3.1 : Développement excessif d'algues vertes.

Action

A-3

Introduction de végétaux aquatiques**Objectifs de gestion**

- **Milieu aquatique**
- Qualité des Eaux

Nature et objectifs de l'action

L'introduction de végétaux aquatiques (à distinguer de la végétation riveraine traitée par ailleurs) peut être pratiquée avec deux catégories :

- les héliophytes ou espèces semi-aquatiques, enracinées dans la vase ou sur le fond de la rivière,
- les hydrophytes ou plantes aquatiques, dont les feuilles sont immergées ou flottantes, fixées au fond par leurs racines ou libres.

La présence de végétaux peut contribuer à freiner la vitesse du courant, elle crée des zones de calme que le poisson apprécie, elle favorise le dépôt de sédiments et contribue à diminuer la turbidité. On admet généralement que, lorsque la végétation aquatique couvre moins de 30 % du lit, elle ne gêne pas l'écoulement normal de l'eau, et qu'elle contribue à dégrader la matière organique présente dans le milieu. Enfin elle peut contribuer à la valorisation paysagère du site, notamment en favorisant l'alternance de zones lotiques (eaux calmes) et de zones lenticues (eaux vives).

Définition du projet

Le choix des espèces dépend de l'écoulement des eaux (vitesse), l'écologie du milieu (présence d'éléments fins pour l'enracinement), leur rôle pour les poissons, l'entretien à mettre en oeuvre, la présence d'éléments nutritifs, la lumière, la profondeur.

Mise en œuvre

- plantation selon les époques et les critères de choix.

Impacts

Il faudra veiller à ce que cette végétation ne gêne pas l'écoulement et n'entraîne pas une sédimentation préjudiciable.

Cette méthode permet de faciliter la consommation des nutriments du sol et de l'eau, au détriment d'algues plus envahissantes et de limiter le contrôle nécessaire de ces dernières par faucardage du fait de la concurrence entre espèces.

Contexte juridique

- **article L 212-1 du code rural**
- **articles R. 212 -1 et suivants du code rural**

L'introduction, quelle qu'en soit l'origine (...) des végétaux d'espèces non cultivées et leurs semences ou parties de plantes, dont la liste est fixée par arrêtés conjoints du ministre chargé de la protection de la nature et au besoin du ou des ministres compétents, s'ils en font la demande, doit faire l'objet d'une autorisation délivrée dans les conditions et selon les modalités fixées par un décret.

- **article 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**

Sont soumis à autorisation tous travaux modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

- **article 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **articles 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Il existe alors une servitude de passage au profit des personnes réalisant ou surveillant les opérations (article 121 du code rural).

3A

Action

Reprofilage du lit d'étiage en site urbain

A-4

Objectifs de gestion

- **Milieu aquatique**

Nature et objectifs de l'action

Cette action concerne essentiellement des tronçons d'ores et déjà artificialisés et localisés en site urbain. Le transit d'un faible débit dans un lit surdimensionné peut présenter divers inconvénients : faible hauteur de la lame d'eau, faible vitesse, ensablement, dégagement d'odeurs, vision peu agréable, etc.. C'est le cas, par exemple, de certains ruisseaux recalibrés en milieu urbain et dont l'aspect en période d'étiage est peu satisfaisant. De plus, une hauteur d'eau minimum peut être nécessaire au maintien de la vie dans le milieu et pour assurer une continuité amont-aval.

Pour remédier à ces problèmes, on peut créer, dans l'emprise du ruisseau, un gabarit de plus petite section destiné à faire transiter les faibles débits et qui permet d'augmenter la hauteur de la lame d'eau et les vitesses, de faciliter l'autocurage et de donner un meilleur aspect (eau courante).

Définition du projet

Le dimensionnement du lit d'étiage et son profil en long peuvent être calés à titre indicatif pour un débit de plein bord, avec une hauteur d'eau satisfaisante pour la vie piscicole, par exemple, et une vitesse permettant l'autocurage, tout en s'assurant que le fonctionnement reste correct en période d'étiage (eau «courante»).

Pour éviter une trop grande banalisation du milieu, on accompagnera ce reprofilage par la création de petits méandres, de petits seuils, de caches et d'abris pour la faune, par la végétalisation, etc..

Mise en œuvre

Les travaux correspondants sont nécessairement assez lourds puisque le lit d'étiage ne doit pas être modifié par la première crue. La mise en œuvre doit donc être réalisée en tenant compte des contraintes hydrauliques (comportement de la rivière en crue), des contraintes du milieu (vie aquatique) et de l'esthétique (choix des matériaux, etc.).

Observations et impacts

Cette approche ne doit pas être systématisée et il ne faudrait pas penser qu'elle constitue une mesure d'accompa-

gnement idéale à tous les travaux de recalibrage et ceci pour plusieurs raisons :

- coût élevé des travaux qui ne peut se justifier à ce titre que sur des sections prioritaires : milieu urbain ou périurbain, cours d'eau particulièrement attractifs, etc.,
- difficulté de mise en œuvre : malgré tout le soin qui peut y être apporté, il s'agit de créer un milieu artificiel au sein duquel il sera toujours difficile de retrouver un équilibre biologique satisfaisant.

Elle ne doit être envisagée que si le milieu est déjà fortement dégradé.

Cette action peut utilement être complétée par des actions à l'amont visant le soutien d'étiage ou le contrôle de prélèvements.

Contexte juridique

Police des eaux : nécessité d'une autorisation.

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation tous travaux modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

(La rectification de lit est soumise à autorisation.)

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Il existe alors une servitude de passage au profit des personnes réalisant ou surveillant les opérations (article 121 du code rural).

- **Décret n° 59 - 96 du 07.01.1959**
relatif aux servitudes de passage sur les berges

Les riverains des cours d'eau non domaniaux (ou sections) dont la liste est déterminée après enquête, par arrêté préfectoral sont tenus de permettre le libre passage, soit dans le lit du cours d'eau, soit sur les berges, dans la limite d'une largeur de 4 m. à partir de la rive, des engins mécaniques servant aux opérations de curage et de faucardage.

Il est possible de demander une D.U.P.(pour cause de salubrité publique, ou de libre écoulement des eaux).

Action

A-5

Reméandrage

Objectifs de gestion

- **Milieu aquatique**
- Erosion
- Gestion quantitative des ressources

Définition du projet

Le méandrage est un moyen pour certaines rivières de dissiper leur énergie en excès en allongeant leur tracé et en réduisant donc leur pente. Il s'agit de méandres dits «libres», par opposition aux méandres encaissés, imposés par le relief : les méandres libres sont mobiles horizontalement à court terme.

Le reméandrage est une technique qui se développe aujourd'hui, faisant suite aux nombreux travaux de rectification de méandres des années 1950-1970. A cette époque, on n'avait pas pris conscience des effets pervers d'une telle démarche à savoir :

- la dissipation verticale, c'est-à-dire, l'incision du lit suite à l'augmentation des vitesses ;
- l'enfoncement de la nappe d'accompagnement ;
- l'appauvrissement faunistique.

L'objet d'une telle intervention est multiple puisqu'elle vise :

- à atténuer les impacts liés à l'incision du lit ;
- à retrouver une diversité d'habitats pour les poissons qui est beaucoup plus importante dans ces cours d'eau que dans ceux qui sont rectilignes (séquences seuils, moulles, variabilité latérale des vitesses, etc.) ;
- un ralentissement dynamique des eaux permettant de réduire l'onde de crue à l'aval.

Une telle démarche consiste à restaurer un cours d'eau, soumis à impacts, à des rectifications. En aucun cas il ne favorise le méandrage sur des rivières qui naturellement sont rectilignes ou sinueuses.

Mise en œuvre

La démarche portera successivement sur :

- une analyse historique du train de méandres avant les travaux, en se basant sur des cartes anciennes (cadastres notamment), ou des photographies aériennes. Estimation surtout du type de méandres, de leur vitesse de déplacement et de leur direction ;
- une analyse de l'impact des travaux sur le fonctionnement de la rivière et notamment la valeur de l'incision, car le cours d'eau n'a plus aujourd'hui la même capacité à méandrer que dans le passé ;

- une analyse de la puissance spécifique du cours d'eau, afin de déterminer sa capacité d'autoajustement (puissance unitaire supérieure ou inférieure à $35 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$). Il s'agit de prendre en compte la capacité du cours d'eau à retrouver son tracé initial et d'estimer la vitesse du mouvement. Si l'autoajustement est possible à court terme (rivière à dynamique latérale active et de forte énergie), il conviendra de favoriser l'érosion de berge en atténuant la résistance des berges (intervention notamment sur la végétation). Si l'autoajustement est impossible, il conviendra en revanche de redessiner mécaniquement les méandres.

NB : si l'incision a été importante, un cours d'eau en théorie capable de s'autoajuster ne pourra le faire à court terme. Aussi, il peut être nécessaire de prévoir des seuils afin de favoriser une dissipation horizontale, et non plus verticale, de l'énergie.

Impacts et inconvénients

Une telle action est écologiquement bénéfique mais elle augmente localement les conséquences de la crue ; elle nécessite d'accepter l'érosion et donc de prendre en compte le statut de la propriété. Elle est par conséquent difficile à mettre en œuvre en zone urbaine.

Contexte juridique

- statut de propriété ;
- préservation de zones inondables.

Bibliographie

- BINDER W., 1980, *chap. VII : Ouvrages hydrauliques et entretien des cours d'eau : l'expérience bavaroise* in Milieux naturels, illustration de quelques réussites, 87-107.
- BINDER W., JÜRGING P ET KARL J., 1983 *Natural river engineering - characteristics and limitations* Garten + Landschaft (Landscape Architecture + Planning), 2 : 91-98.
- BROOKES A., 1988 *Channelized rivers, perspectives for environmental management* J. Wiley and Sons Ltd, 326 pp.
- BROOKES A., 1989 *Alternatives for channel modification* in J.A. Gore and G.E. Petts (Eds.), *Alternatives in regulated river management*, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 139-162.

Action

A-6

Amélioration de l'habitat du poisson

Objectifs de gestion

- **Milieu aquatique**

Nature et objectifs de l'action

La diversité du milieu est nécessaire à une vie aquatique équilibrée. En particulier, la vie piscicole implique la présence d'habitats répondant à des exigences multiples, pour chaque phase du développement des poissons. Ces exigences sont en rapport avec les principales fonctions : reproduction, nourriture, protection, repos, déplacement.

Cette action visera à améliorer les caractéristiques du cours d'eau en vue d'assurer ces fonctions.

Définition du projet

L'action à mener dépendra d'une part des espèces à favoriser et de leurs exigences selon les âges et d'autre part de l'état actuel du cours d'eau et de la valeur qualitative de l'habitat (utilisation de la méthode des microhabitats, etc.).

La réflexion sera menée par bief, en identifiant les meilleurs sites de reproduction. La recherche d'un équilibre énergétique et dynamique passe par l'obtention du maximum de liberté dynamique et de migration dans un milieu diversifié. Les actions porteront sur la nature et la diversité des berges mouillées, des pentes du lit, des débits, ainsi que sur l'état du substrat et les caractéristiques de l'étiage.

Mise en œuvre

La diversification du milieu sera recherchée en développant une alternance de radiers et de mouilles et une présence de bourrelets de rive et d'abris. La variation de la pente du lit pourra éventuellement être obtenue par la mise en place d'équipements, tels que les seuils. Ils pourront permettre la stabilisation du substrat, favorable à la colonisation de la végétation, des invertébrés, etc.

A l'amont, l'existence et la conservation de berges hétérogènes permettront de satisfaire l'ensemble des fonctions. Les conditions d'habitat seront améliorées par la création d'abris hydrauliques ou d'un lit d'étiage.

A l'aval, sur les meilleurs sites de reproduction, il sera souhaitable de créer une banquette avec une protection par une petite levée. Celle-ci permettra un développement de la végétation aquatique et l'arrêt du phénomène de vague. On pourra revégétaliser les berges mouillées.

Enfin, les variations de débits sont essentielles pour l'accroissement de la biomasse. Le rythme hydraulique doit comprendre une modulation saisonnière, avec ponctuellement de forts débits (pratique possible d'un débit de chasse en présence de barrages).

Observations

Les exigences des espèces sont bien connues. Par contre, la valeur de l'habitat n'est pas encore définie pour l'ensemble des espèces. Le développement de la méthode des microhabitats à de nouvelles espèces permettra de répondre aux incertitudes actuelles (cf. bibliographie). Pour l'heure, nous ne pouvons indiquer que des principes et des critères d'action. Il est nécessaire d'associer les associations de pêche locales dans cette démarche.

Compléments ...

3A

Amélioration de l'habitat du poisson

Contexte juridique

Police de la pêche

- **art. L 232-1 du code rural**

La police de la pêche oblige à tout propriétaire d'un droit de pêche (ou son ayant-cause) de participer à la protection du patrimoine piscicole et des milieux aquatiques.

A cet effet, il doit effectuer des travaux d'entretien sur les berges et dans le lit du cours d'eau nécessaires.

Ouvrage dans le lit (radier, enrochement, etc.)

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation ou déclaration tous installations, ouvrages, travaux prélevant, modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux. Tout ouvrage entraînant une différence de niveau de 35 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage, ou s'il constitue un obstacle à l'écoulement des crues est soumis à autorisation. L'autorisation est accordée après enquête publique et le cas échéant pour une durée déterminée.

Protection des biotopes

Arrêté préfectoral de conservation des biotopes interdisant les actions nuisibles à l'habitat d'une espèce (végétale ou animale) protégée. Proposition d'orientations de protection et de gestion des milieux aquatiques du bassin par la Commission de Bassin (article L 2331 C.R.). Le schéma départemental de vocation piscicole définit à moyen terme les orientations et les objectifs de gestion des milieux aquatiques tant sur le plan de leur protection que de leur mise en valeur et leur restauration (article L 233 - 2 du C.R.). Le SAGE peut aussi fixer des objectifs en la matière.

Références bibliographiques

- ARRIGNON J., 1979
Aménagement écologique et piscicole des eaux douces
Ed. Gauthier-Villars, 340 p.
- SABATON C. & J. MIQUEL, 1993
La méthode des micro-habitats : un outil d'aide au choix d'un débit réservé à l'aval des ouvrages hydroélectriques. Expérience d'Electricité de France.
Hydroécol. Appl. Tome 5 Vol. 1, pp 45-75.
- VERNAUX J., 1981
Les poissons et la qualité des cours d'eau.
Ann. Sci. Univ. Fr. Comté, Besançon, Biol. 2.

Action

A-7

Réalisation de passes à poissons

Objectifs de gestion

- **Milieu aquatique**

Nature et objectifs de l'action

Mise en place de dispositifs permettant de réduire les dommages causés à la faune piscicole par la construction de barrages et prises d'eau. Ces dispositifs permettent aux poissons migrateurs ou à la recherche de frayères de franchir ces barrières.

Définition du projet

Les systèmes mis au point, appelés «passes» ou «échelles», permettent aux poissons de franchir l'obstacle en le contournant, grâce à l'ouverture d'une voie d'eau.

La définition de ce système est fonction : des espèces qui auront à franchir l'obstacle et de leurs caractéristiques (capacité de nage, possibilité de saut), de la vitesse du courant et de la hauteur de chute et des caractéristiques du lit (pente, largeur, etc.).

Selon ces données, il sera possible de retenir différents principes présentés ci-dessous.

Mise en œuvre

La passe dite rustique

Elle consiste à relier biefs amont et aval par un chenal creusé dans l'une des rives à pente faible et dont le fond et les parois sont garnis de rugosités ou d'obstacles imitant un ruisseau naturel.

La passe à bassins successifs (voir figure 2.33)

Elle consiste à diviser la hauteur à franchir par la création de plusieurs bassins ayant des hauteurs de chute réduites. Ces bassins communiquent entre eux par des déversoirs, des orifices ou des fentes verticales. Ils constituent à la fois des zones de repos pour les poissons et des zones de dissipation convenable de l'énergie de l'eau transitant dans la passe. Le volume des bassins est proportionnel au débit et à la dénivellation entre deux bassins successifs.

Les échelles à ralentisseurs ou «Denil»

L'énergie est dissipée dans un canal à forte pente (jusqu'à 25 %) à l'aide de déflecteurs ou d'ailettes, de formes plus ou moins complexes, disposés sur le fond et les parois du

canal. Ce dispositif, à débit égal, est moins encombrant et moins coûteux que le précédent.

L'écluse Borland

Fonctionnant sur le même principe que celui d'une écluse de navigation, les migrateurs sont piégés dans un sac puis éclusés comme le serait un bateau.

D'autres dispositifs consistent à piéger les migrateurs dans une cuve et à les transporter à l'amont par bateau, par ascenseur, par funiculaire ou par camion.

Observations

- Pour qu'une passe soit efficace, il est nécessaire que le migrateur trouve son entrée sans difficulté, le plus rapidement possible. Généralement, il convient de situer l'entrée à proximité du point de la ligne de plus haute remontée du migrateur,
- Il est préférable de concevoir les ouvrages de franchissement en même temps que le barrage (raison de conception, de réalisation et économique).

Contexte juridique

- **art. L 232-6 du code rural**

Il y a obligation de mettre en place des dispositifs permettant la circulation des poissons pour les ouvrages existants (délai) et à venir pour les cours d'eau dont la liste est fixée par décret.

A défaut de ce classement, le dispositif peut être prévu dans le règlement d'eau : pour les règlements d'eau existants qui ne prévoient pas de tels dispositifs, l'article 10 IV du C.R. peut s'appliquer. Le SAGE pourra fixer des objectifs dans ce domaine.

Références bibliographiques

- ARRIGNON J., 1979
Aménagement écologique et piscicole des eaux douces
Ed. Gauthier-Villars, 340 p.
- HYDRO M. ENVIRONNEMENT
Les passes à poissons : Intérêt et contraintes.
Agence de l'Eau R.M.C. et Electricité Autonome Française, 1994, 134 p. + annexe.

Compléments ...

Réalisation de passes à poissons

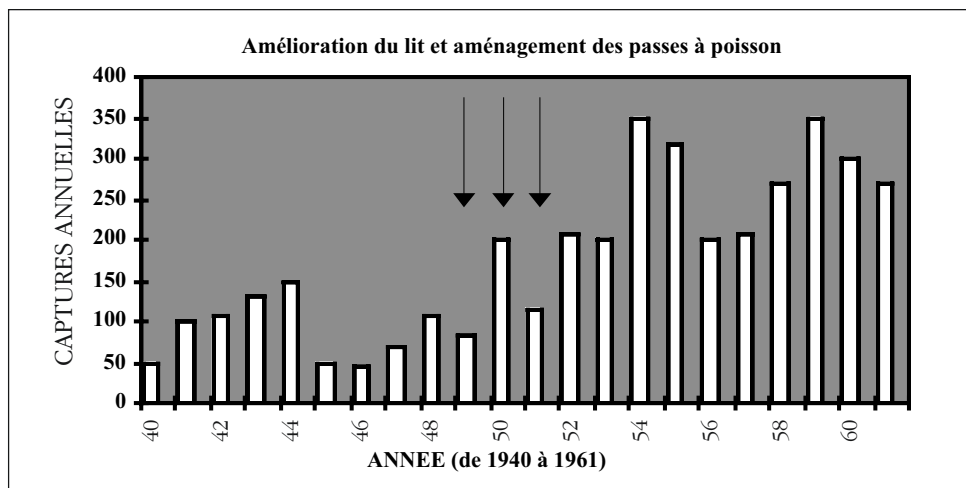


Figure 3.1 : Evolution de grands saumons dans la rivière North Esk - Angus de 1940 à 1961 (d'après Smart, in Mills, 1971)



Photo 3.2 : Passe à poissons à bassins successifs

Action

A-8

Conception et organisation de la protection contre les pollutions accidentelles

Objectifs de gestion

- **Milieu aquatique**
- Qualité des Eaux

Définition

De nombreuses définitions pourraient être proposées pour la pollution accidentelle. En effet, cette notion demeure assez floue et souvent basée sur des critères subjectifs tels que la connaissance ou plutôt la découverte d'un événement, des effets plus ou moins spectaculaires sur le milieu ou même l'importance de la réaction suscitée (moyens déployés). On tend donc à considérer comme pollution accidentelle tout ce qui n'est pas pollution chronique. Il s'agit en fait de deux extrêmes entre lesquels on pourrait faire figurer de nombreux types «intermédiaires».

Pour notre part, nous retiendrons la définition donnée par la circulaire du 18 février 1985 : «constatation fondée sur l'observation directe ou sur les examens de laboratoire d'un effet nuisible non permanent sur les eaux superficielles ou souterraines, provenant soit d'un événement imprévisible, soit d'un événement provoqué plus ou moins consciemment».

Deux notions fondamentales prédominent : la notion d'événement et celle d'impact plus ou moins transitoire.

Impact et conséquence d'une pollution accidentelle

Une pollution accidentelle est limitée dans le temps par la durée d'émission de produits nocifs et par la durée de ses effets visibles. Les quantités de produits dangereux rejetées peuvent être relativement faibles par rapport aux émissions chroniques. L'analyse de ce seul critère risque de minimiser la perception de l'impact de ces événements, la capacité et la rapidité de récupération supposée des milieux étant par ailleurs largement surestimées. Cette tendance au laxisme est dangereuse pour de nombreuses raisons :

- le **risque sanitaire** lié à l'alimentation en eau potable, même temporaire, est difficilement acceptable ;
- si les quantités rejetées peuvent paraître faibles, les flux sont souvent très importants, pouvant induire des concentrations locales élevées à l'origine de **chocs violents**. De plus, des **effets moins visibles** mais d'importance capitale, tels la destruction de la microfaune et de la mi-

croflore à la base de la chaîne trophique ont tendance à être négligés ;

- certains milieux sont particulièrement **vulnérables** (milieux à temps de renouvellement des eaux élevé, plans d'eau, et nappes d'eau souterraines), voire périodiquement plus fragiles (étiage, température élevée, etc.). Par ailleurs des accidents répétés, peuvent fragiliser considérablement le milieu ;
- sur les milieux qui ont fait l'objet d'efforts considérables pour une **reconquête de la qualité**, il s'agit d'une remise en cause brutale de résultats difficilement acquis ;
- **les pertes d'usages** (domestique, industriel, agricole, touristique, loisirs), même de courte durée, constituent un préjudice et un manque à gagner. Les coûts humains et financiers consentis par la collectivité pour l'intervention de secours et la réparation des dégâts peuvent par ailleurs s'avérer considérables ;
- enfin la **perte d'image du cours d'eau** concerné dans la conscience collective est à prendre en compte. En effet, les pollutions accidentelles sont fortement médiatisées, induisant une perception générale négative du cours d'eau concerné (et même au-delà) de la part du public.

Si l'image du cours d'eau est dégradée, celle du pollueur l'est encore bien davantage, voir même celle de l'ensemble de la branche d'activité concernée, pénalisant aussi même ceux qui investissent dans la prévention. Par ailleurs, l'assimilation fréquente pollution accidentelle-établissement industriel est largement abusive, comme le montre le tableau 3.1.

En conclusion il faut garder à l'esprit que l'impact de ces pollutions accidentelles est important, souvent sous-estimé, et qu'il doit en être tenu compte dans toute politique de gestion des milieux aquatiques.

Quelle que soit la qualité des méthodes et des moyens de lutte, la solution de tels problèmes ou du moins leur raréfaction passe avant tout par la prévention.

Tableau synthétique

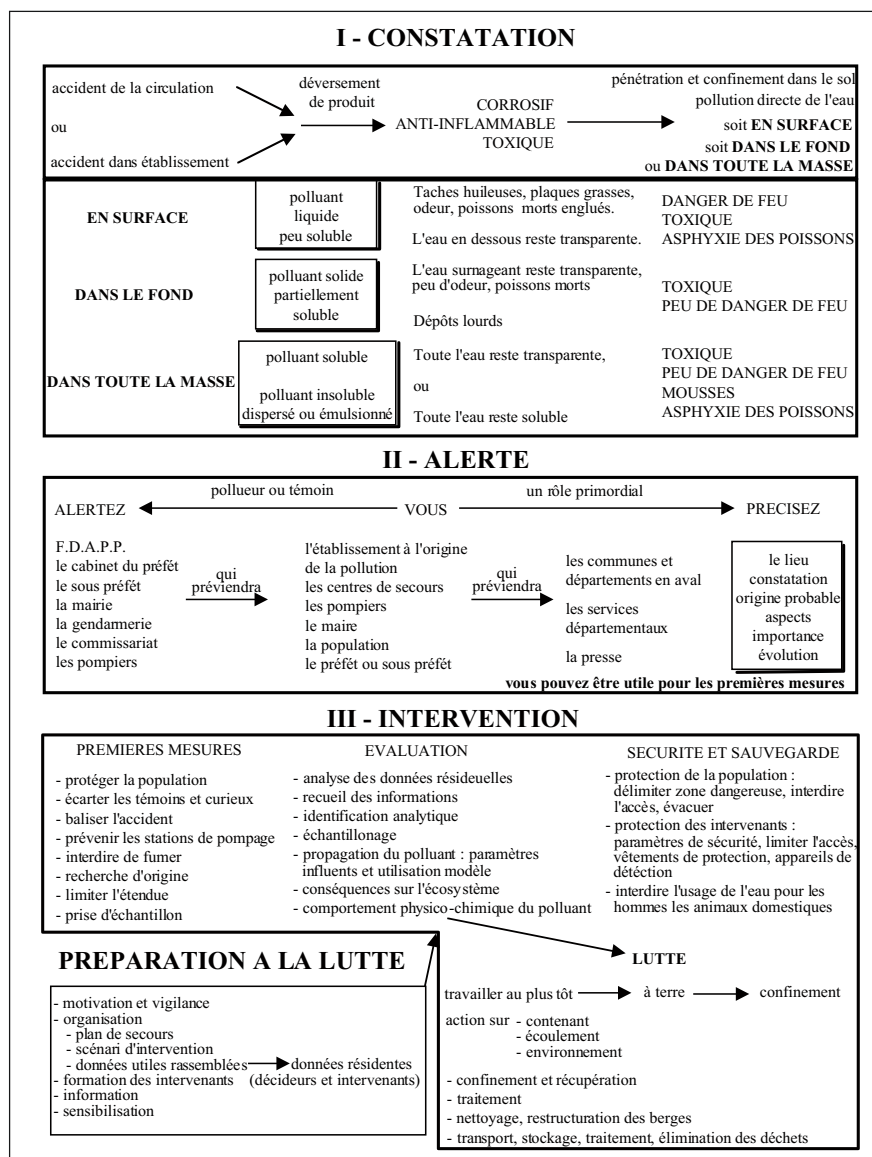
Nous présentons dans le tableau 3.2 suivant l'organisation générale de la lutte contre les pollutions accidentelles, qui regroupe un ensemble d'actions par étapes : la préparation à la lutte ; la constatation ; l'alerte ; l'intervention, et enfin la lutte.

Compléments ...

Conception et organisation de la protection contre les pollutions accidentelles

| | | |
|--------------------------|---|--|
| ORIGINES | Activités industrielles | Secteur de la chimie , travaux publics, traitements de surface... |
| | Agricole | Epandage à proximité d'une rivière ; déversements ; rinçage de cuves, d'herbicides ou de pesticides, ... |
| | Stockage divers | |
| | Transport routier et fluvial | |
| | Stations d'épuration urbaines | |
| CAUSES | Incidents technologiques | Fuite de cuve ; rupture de canalisation ; panne de vanne... |
| | Négligence | |
| | Rejet volontaire | |
| PRODUITS EN CAUSE | Hydrocarbures - substances chimiques diverses - colorants - lisiers de porcs - eau chaude... | |
| CONSEQUENCES | Absorption par les sédiments - mortalité de la végétation - mortalité d'invertébrés - mortalité piscicole - arrêt de captage - souillure des berges | |

Tableau 3.1 : Identification des risques de pollution accidentelle



Action

A-9

Protection juridique d'un site**Nature et objectifs de l'action**

Cette action consiste à exploiter les outils juridiques disponibles pour conserver, restaurer et mettre en valeur une portion de rivière ou son environnement immédiat. L'ensemble des mesures juridiques permettant la protection des milieux naturels, est issu de réglementations très diverses (urbanisme, législation forestière, protection de la nature, législation de la chasse et de la pêche, protection de sites culturels et historiques, droit de la propriété, etc.).

Définition du projet

Les actions juridiques concernant la protection d'un site font appel à trois types d'outils : les outils d'orientation, les procédés conventionnels, les procédures réglementaires.

Mise en œuvre

Voir tableau 3.3.

| ACTION | OBJECTIFS | CHAMP D'APPLICATION | CONTEXTES JURIDIQUES | INTÉRÊTS | LIMITES |
|---|--|---|--|---|---|
| OUTILS D'ORIENTATION | | | | | |
| Espace naturel sensible | protection, gestion et ouverture au public d'espaces naturels basés sur la taxe départementale des espaces naturels sensibles, à l'initiative du conseil général | protection milieux naturels menacés et acquisition, aménagement et gestion de terrains en vue d'une ouverture au public | code de l'urbanisme art L.142-1 à L.142-13 ; art R.142-1 à R.142-18 | | |
| Zone de protection spéciale (ZPS) | protection d'habitats permettant d'assurer la survie et la reproduction des oiseaux sauvages rares ou menacés | les habitats inscrits dans l'annexe 1 de la directive et les milieux utilisés par les espèces migratrices | directives de la CEE concernant la conservation des oiseaux (79/409/CEE) JOCE L 103/1 du 25/4/1979 | | |
| Zone naturelle d'intérêt écologique floristique faunistique (ZNIEFF) | recensement et inventaire des espaces naturels d'intérêt biologique remarquable ou ensemble naturels riches et peu modifiés | inventaire réalisé par le ministère de l'Environnement sur l'ensemble du territoire national | circulaire 91-71 du 14/5/1991 | source d'information sur le patrimoine naturel | aucune réglementation opposable à un tiers |
| PROCEDE CONVENTIONNEL | | | | | |
| Parc naturel régional | protéger, développer, promouvoir le patrimoine régional | tout territoire du patrimoine naturel ou culturel, riche et fragile | code rural art R.244-1 à R.244-15 loi 83-8 du 7/1/1983 | Le rôle coordonnateur sur l'aménagement du territoire peut favoriser la prise de mesure de protection | pas de sanctions |
| Réserve biologique forestière | forêts non domaniales soumises au régime forestier, gérées par l'ONF | gestion orientée de la flore et de la faune | convention générale entre le ministère de l'environnement, de l'agriculture de l'ONF du 14/5/1986 | facile à mettre en œuvre, peut concerner de grands espaces, protection intégrale ou gestion dirigée | protection limitée pour ne pas nuire à l'exploitation forestière |
| Réserve biologique domaniale | domaine forestier de l'Etat géré par l'ONF | gestion orientée de la flore et de la faune | convention générale entre le ministère de l'environnement, de l'agriculture de l'ONF du 3/2/1981 | facile à mettre en œuvre, peut concerner de grands espaces, protection intégrale ou gestion dirigée | protection limitée pour ne pas nuire à l'exploitation forestière |
| Réserve naturelle volontaire | à l'initiative du ou des propriétaire(s), protection de la flore et de la faune sauvages | propriétés privées dont la flore et de la faune présentent un certain intérêt écologique ou scientifique | code rural art L.242.11 et L.242-12; R.242-26 à R.242-35 | procédure rapide, forte, mesure de protection | pas applicable au domaine public, peut être remise en cause par le propriétaire après 6 ans, sans financement de l'Etat |

| ACTION | OBJECTIFS | CHAMP D'APPLICATION | CONTEXTES JURIDIQUES | INTÉRÊTS | LIMITES |
|--|--|---|--|---|--|
| PROCEDURES REGLEMENTAIRES | | | | | |
| Achat de terrains | protection de milieux par maîtrise foncière, l'acquisition peut être effectuée par les conservatoires régionaux d'espaces naturels, les associations de protection de la nature... | Tout terrain sauf domaine public | code civil art 1101 à 1369, code rural art L.412-1 à L.412-13, loi 60-808 du 5 août 1960 | protection pérenne | si le terrain fait l'objet d'un bail rural, l'achat peut-être sans intérêt car l'agriculteur peut faire les travaux à une meilleure production |
| Arrêté préfectoral de conservation de biotope | la préservation de biotope (au sens écologique d'habitat) nécessaire à la survie d'espèces protégées ou la protection des milieux contre des activités qui portent atteinte à leur équilibre biologique | protection de milieux peu utilisés par l'homme, généralement de petites surfaces | code rural art. L.211-2 ; R.211-12 à R11-14 | procédure rapide à mettre en place avec une réglementation adaptée à chaque situation | il faut l'avis favorable des conseils municipaux concernés, l'arrêté peut être abrogé à tout moment par le préfet, pas de gestion prévue |
| Espace classé boisé | protection ou création de boisement | bois, forêt parc soumis ou non au régime forestier | code de l'urbanisme art L.130-1 à L.130-6; L.142-11 R.130-1 à R.130-16 et R.142-2 | protection de bois même en milieu urbanisé | les coupes sont autorisées par arrêté |
| Forêt de protection | La conservation des forêts nécessaires au maintien des terres sur les montagnes et les pentes, à la défense contre les avalanches, les érosions et les envahissements d'eau et de sable et la protection des bois et forêts situés à la périphérie des grandes agglomérations ou dans des zones où leur maintien s'impose pour des raisons écologiques ou pour le bien-être de la population | forêts quels que soient leurs propriétaires | code forestier art. L.411-1 et suivants; art. R.411-1 et suivants | protection stricte stricte | il s'agit ici de protéger la forêt en tant que milieu et non en tant qu'habitat |
| Parc national | protéger le milieu naturel de qualité remarquable | procédure réservée aux territoires dont le milieu naturel présente un intérêt particulier à préserver | code rural art. L.241-1 à L.241-20; R.241-1 à R.241-71 | protection durable, le parc assure la surveillance et la gestion du milieu | la pression touristique peut nuire aux efforts de protection |
| Réserve naturelle | préservation des espèces végétales et animales en voie de disparition, de biotopes et de formations géologiques remarquables, d'étape pour les migrateurs, site d'étude scientifique | territoire dont la faune, la flore, le sol, les eaux, les gisements minéraux ou fossiles présentent une importance particulière | code rural art. L.242-1 à L.242-27; R.242-1 à R.242-49 | réglementation pour chaque situation, réseau national des espaces protégés permettant la coordination des actions de gestion, financement de fonctionnement de l'Etat | pas applicable au domaine public, peut être remise en cause par le propriétaire au bout de 6 ans |
| Site inscrit ou site classé | conservation des milieux et paysages dans leur état actuel de village et de bâtiments anciens | | loi du 2 mai 1930, décret n°69-607 du 13 juin 1969 | | pas de contrôle satisfaisant |

Tableau 3.3.

Protection juridique d'un site

Observations

Le choix des outils de protection dépend des caractéristiques du site (taille, intérêt sur le plan paysager, écologique, architectural, etc.) des objectifs que l'on fixe (protection absolue, réglementation des usages, mise en valeur contrôlée, etc.) et des moyens dont on dispose (coût et difficulté de mise en oeuvre).

Références bibliographiques

- LEVY-BRUHL V. ET COQUILLART H., 1991
La gestion et la protection de l'espace
30 fiches juridiques, la Documentation Française, 29-31
quai Voltaire 75344 Paris cedex 07.

Action

A-10

Protection juridique de la qualité piscicole

Objectifs de gestion

- **Milieu aquatique**

Nature et objectifs de l'action

La protection de la qualité piscicole constitue une action qui a pour but d'améliorer l'habitat aquatique (lit et berges de la rivière, débit et qualité de l'eau) et d'agir sur la composition et l'importance du peuplement piscicole. Elle ne peut être menée en dehors des actions concernant le maintien de la qualité de l'écosystème aquatique dans son ensemble, mais également de celles qui concernent l'entretien courant de la rivière.

Définition du projet

Les actions juridiques font appel à trois catégories d'outils complémentaires : des instruments d'orientation ; des procédés conventionnels ; des procédés réglementaires.

Mise en œuvre

Les instruments d'orientation

- **art. L 233-2 du c. rural**
- **circulaires 27/05/82, 2/07/84 et 10/12/87**

Le schéma de vocation piscicole constitue l'outil de référence pour cette action. Il permet de dresser, par tronçon homogène de rivière, les grandes lignes d'une gestion cohérente du milieu aquatique, qui vise à préserver et/ou à restaurer la qualité de ce dernier.

En intégrant diverses notions liées aux composantes de l'environnement (physico-chimie des eaux, morphologie des berges et du lit, occupation du bassin versant) et en cherchant à restituer une image correcte de l'écosystème aquatique, le schéma de vocation piscicole a une portée plus large que d'autres outils d'orientation comme les cartes d'objectifs de qualité.

Les procédés conventionnels

- **La réserve volontaire de pêche** est le seul outil contractuel en rapport direct avec l'action considérée ici. Elle est mise en place à l'initiative d'une association de pêche ou d'un propriétaire riverain afin d'interdire pour une période donnée la pêche sur tout ou partie d'un cours d'eau (ruisseau pépinière). Elle n'a cependant pas de véritable base légale et le non-respect de l'interdiction de pêche ne peut être sanctionné pénalement.

- **Le contrat de rivière**, et aujourd'hui le **SAGE**, qui ont pour but de définir un programme de mise en valeur d'un cours d'eau respectant un ensemble de fonctions, peuvent également être utilisés pour la protection de la qualité piscicole dans la mesure où ils doivent intégrer les données concernant les schémas de vocation piscicole.

Ces actions doivent être mises en place en relation étroite avec les associations de pêcheurs (information/formation pêcheurs, protection des frayères, récupération géniteurs (exemple de l'Ain), préservation d'espèces locales).

Les procédés réglementaires

- **art. R 236-85 du c. rural**
- **art. R 236-87 du c. rural**

En dehors de la réglementation générale de la pêche, qui détermine notamment les périodes d'ouverture, la taille des prises, les espèces autorisées, les modes de pêche prohibés, etc., la protection de la qualité piscicole peut être mise en œuvre en faisant appel à divers procédés réglementaires.

Des interdictions permanentes de pêche peuvent être définies en certains lieux : au niveau des dispositifs assurant la circulation des poissons à partir des écluses ou barrages, et jusqu'à 50 m à l'aval.

Afin de favoriser la protection et la reproduction des poissons, des portions de cours d'eau peuvent être classées réserves de pêche :

- **art. R 236-90 du c. rural**
- **art. R 236-91 du c. rural**

- réserves nationales de pêche instituées par arrêté ministériel pour 1 à 5 ans,

- réserves départementales de pêche instituées par arrêté préfectoral pour un an.

- **art. L 232-10 et R 232 du c. rural**
- **art. L 232-13 du c. rural**

L'introduction d'espèces de poissons non représentées dans les eaux et susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques est soumise à autorisation. De plus, les opérations d'alevinage et de réempoissonnement doivent se faire avec des poissons provenant de piscicultures agréées.

Compléments ...

3A

Protection juridique de la qualité piscicole

• art. L 232-5 du c. rural

La loi impose, sans indemnité, à tout ouvrage existant ou à construire dans le lit d'une rivière, le maintien d'un débit minimal à laisser transiter à l'aval de l'ouvrage. Ce débit réservé a une valeur au minimum égale au dixième du module moyen interannuel au droit de l'ouvrage.

• art. R 236-62 et suivant du c. rural

Il y a une possibilité de classement des cours d'eau (la liste est fixée par décret en Conseil d'État) qui se traduit par l'interdiction de construire de nouveaux ouvrages hydroélectriques et de modifier les ouvrages existants, dans le but de maintenir la qualité du milieu aquatique.

• art. L 232-6 du c. rural

Enfin, il faut noter une autre possibilité de classement de cours d'eau qui vise plus particulièrement la restauration des axes de migration des poissons et qui impose d'équiper les ouvrages construits dans le lit du cours d'eau de passes à poissons.

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et les articles du code rural (codifiant la loi du 29 juin 1984) relatifs à la pêche en eau douce et à la gestion des ressources piscicoles offre un cadre juridique renforcé, concernant :

- les actions techniques liées à l'amélioration de la qualité de l'eau et de l'habitat piscicole telles que l'épuration des eaux, la restauration du lit et des berges, la modification de la gestion hydraulique de certains ouvrages, la recherche de ressources complémentaires en eau, la libre circulation des poissons (en particulier des migrateurs) ;
- les actions halieutiques axées sur le contrôle des repeuplements et des prises de pêche.

B - Gestion et restauration de la qualité de l'eau

Introduction

Nous proposons de distinguer deux types d'actions en vue de préserver un milieu aquatique :

- Les actions préliminaires consistent à réduire les agressions causées par l'homme ;
- Le deuxième niveau d'action a pour but de diminuer la vulnérabilité du milieu aux agressions qu'il endure.

En ce qui concerne la gestion et la restauration de la qualité de l'eau, le premier niveau d'intervention consiste à réduire les polluants apportés au milieu. En effet, les risques de pollution du milieu par les rejets ont été aggravés par :

- 1 - une production de polluants accrue et plus diverse ;
- 2 - la concentration des effluents en un nombre de points de rejet limité ;
- 3 - l'augmentation des vitesses de ruissellement.

Ces trois principes ont pour conséquences une augmentation des masses totales de polluants rejetées, de la fréquence et de l'importance de rejets polluants événementiels (flux massiques de pointe).

Les actions visant à réduire ces agressions consistent :

- à réduire les masses de pollutions rejetées, en limitant la production de pollution (action préventive) et en traitant la pollution émise ;
- à réduire les flux de pointe en limitant la collecte centralisatrice des effluents et en ralentissant le ruissellement.

Les actions concernent toutes les pollutions : agricoles, industrielles et urbaines, par temps sec et liées au ruissellement pluvial. Il est indispensable d'avoir une approche cohérente visant à réduire l'ensemble des rejets, car la suppression d'un type de rejet peut augmenter la vulnérabilité du milieu à un autre type de rejet. La qualité de l'eau n'est en effet pas uniquement dégradée par la dilution des polluants ; intervient également un ensemble de réactions physiques, physico-chimiques et biologiques lié au rejet de flux polluants.

Le second principe d'action consiste à réduire la vulnérabilité du milieu. Ces actions entrent généralement dans une autre logique de gestion du cours d'eau, avec un effet secondaire bénéfique pour la qualité de l'eau. Ces actions reviennent à augmenter la capacité de dilution et d'auto-épuration par la modification du fonctionnement hydrologique (implantation de seuils, de retenues en eau, etc.) voire écologique du milieu (par exemple toutes les actions sur la végétation aquatique et la végétation des berges).

Le choix et le dimensionnement de ces actions doivent être définis en fonction de quatre critères :

- les fonctions projetées et à préserver sur le milieu récepteur des rejets, avec un objectif minimal de préservation du milieu et de non remise en cause des fonctions ;
- les autres impacts de ces actions, notamment liés à l'aménagement de l'espace ;
- les capacités techniques ;
- les critères économiques.

Toute action doit donc être précédée d'une analyse de l'impact des rejets sur la qualité de l'eau à l'aval et une évaluation des améliorations escomptées liées aux actions envisagées. Cette étude nécessite la mise en place de campagnes de mesures spécifiques et la simulation des conséquences des actions envisagées. Leur finesse (et donc leur coût) dépend essentiellement de la sévérité des objectifs de qualité retenus sur le milieu.

Les actions présentées ci-après répondent à la première logique d'action en vue de gérer et restaurer la qualité de l'eau, c'est à dire :

- B-1 l'amélioration de la collecte des eaux pluviales ; le déplacement de points de rejet ;
- B-2 la création ou l'amélioration d'ouvrages de traitement ;
- B-3 le développement de l'assainissement autonome par le sol ;
- B-4 le développement de l'assainissement par lagunage ;
- B-5 la protection juridique de la qualité de l'eau.

Action

B-1

Amélioration de la collecte des eaux pluviales, déplacement de points de rejets

Objectifs de gestion

- **Qualité des Eaux**

Nature et objectifs de l'action

Cette action consiste à mieux organiser les rejets d'eau de ruissellement et éventuellement d'eaux usées domestiques ou industrielles dans la rivière. Les objectifs poursuivis sont l'allongement des temps de concentration et surtout la diminution des impacts.

Définition du projet

La première étape consiste en un recensement précis et exhaustif des points de rejet et en une évaluation de leurs impacts. Cette étape nécessite de parcourir le site en temps sec et si possible en temps de pluie pour repérer les déversements. Le concours d'usagers connaissant bien la rivière (pêcheurs) pourra utilement être recherché.

Dans une deuxième étape, on recherchera les rejets ayant les impacts les plus importants, sur le plan quantitatif (débit) ou qualitatif, et on étudiera pour chacun les possibilités de modification en vue de la réduction de leurs impacts sur le milieu.

Mise en œuvre

Pour les eaux usées ou les eaux industrielles, le déplacement du point de rejet peut être envisagé vers une zone moins sensible du cours d'eau.

Pour les systèmes unitaires, les premiers rejets à supprimer sont ceux liés au mauvais entretien ou au mauvais réglage des ouvrages d'assainissement (voir amélioration du système de collecte).

Pour les rejets d'eaux de ruissellement strictes, il est possible de remplacer la conduite dans sa partie aval par un fossé peu pentu qui aura une triple fonction : augmentation du temps de concentration, filtrage et décantation de l'eau, report du rejet vers une zone moins sensible. Des ouvrages annexes permettant d'améliorer la décantation par un ralentissement de l'écoulement (mares, ouvrages de décantation, zones d'épandage) peuvent également être associés.

Observations

Bien que ces mesures donnent l'impression d'une simple gestion de la pénurie, elles peuvent se révéler très utiles pour protéger des zones particulièrement sensibles ou intéressantes à valoriser.

Il est nécessaire de créer ou de déplacer les rejets vers le milieu le moins vulnérable possible, en recherchant notamment les zones favorables à l'auto-épuration (en amont de cascades rapides par exemple).

Impacts

Il est évident que les points de rejet des eaux, situés sur des sites sensibles du cours d'eau, amèneront une pollution grave pour le milieu. Il est nécessaire de réfléchir au minimum à l'échelle du bassin de collecte d'un système d'assainissement et d'avoir une approche cohérente sur l'ensemble des rejets.

Compléments ...

3B

Amélioration de la collecte des eaux pluviales, déplacement de points de rejets

Contexte juridique

- **art. 10, 35 et suivants de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Toute création ou modification d'ouvrage d'assainissement et de rejet polluant ou non, ou modifiant le régime des eaux est soumis à autorisation ou à déclaration.

L'autorisation est accordée après enquête publique et le cas échéant pour une durée déterminée.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi que leurs groupements et aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.



Photo 3.3 : Rejets urbains sur les cours d'eau

Action

B-2

Création ou amélioration d'ouvrages de traitement**Objectifs de gestion**• **Qualité des Eaux****Nature et objectifs de l'action**

Il s'agit de construire ou d'améliorer une installation permettant de traiter les pollutions d'origine domestique, industrielle, pluviale, qu'elles soient séparées ou mélangées, dans le but d'assurer le maintien des conditions d'hygiène publique (captages d'eau, baignade, etc.) et la qualité du milieu, notamment en fonction des objectifs qui lui sont assignés.

Définition du projet

Le projet doit tenir compte des objectifs de qualité du milieu et donc des exigences des usages retenus sur le cours d'eau. L'étude préalable du milieu permettra de définir le niveau de rejet acceptable pour le cours d'eau, qui, associée aux contraintes réglementaires, permettra de déterminer le type de traitement à mettre en oeuvre.

- pour le traitement des effluents urbains de temps sec : stations d'épuration ou lagunes mises en place sur les réseaux d'eaux usées ou d'eaux unitaires. Il s'agit de respecter les normes minimales sur les rejets et les objectifs de préservation du milieu et des usages. Le choix de la filière sera fait notamment en fonction des volumes à traiter et de la sévérité des objectifs.
- pour le traitement des effluents de temps de pluie, il s'agit d'un traitement spécifique pluvial ou d'un complément à la station d'épuration pour le traitement des eaux unitaires. On s'oriente aujourd'hui vers l'optimisation de la décantation des effluents avant rejet (décanteurs lamellaires, floculants, etc.). Le but est de respecter les objectifs de temps sec en dehors des événements exceptionnels (qui restent à définir au cas par cas). Au delà, il faut définir des objectifs dégradés, en fonction de la sensibilité du milieu et des usages, mais également en fonction des capacités techniques et économiques.

Impacts

Bien que moins importante que le rejet direct des effluents sans traitement, une station d'épuration constitue toujours une source de pollution pour le milieu récepteur. Dans une zone à faible densité urbaine, il est souhaitable d'envisager des solutions plus diffuses, telles que l'assainissement autonome, ou le raccordement à d'autres communes (une station de taille importante est plus facile à gérer qu'une petite).

Les masses de polluants apportées par les rejets urbains de temps de pluie ne doivent pas être négligées. Les masses an-

nelles rejetées par temps de pluie par les réseaux d'assainissement par rapport à celles rejetées par la station d'épuration sont du même ordre de grandeur pour la demande biologique en oxygène (DBO₅), elles sont supérieures en demande chimique en oxygène (DCO), et elles sont de 5 à 10 fois supérieures pour les matières en suspension (MES). Si l'on considère les masses apportées par les événements les plus polluants, les chiffres deviennent alarmants : les masses susceptibles d'être déversées au cours d'un événement pluvieux, par rapport aux rejets d'une journée de temps sec, sont de l'ordre de 10 fois supérieures en DBO₅, 20 fois en DCO et jusqu'à 100 fois en MES. Le traitement des eaux usées, en vue de la préservation de la qualité du milieu, est donc vain si les effluents de temps de pluie ne sont pas contrôlés.

Contexte juridique

- **art. 10, 35 et suivants de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Toute création ou modification d'ouvrage d'assainissement est soumise à autorisation ou à déclaration. L'autorisation est accordée après enquête publique et le cas échéant pour une durée déterminée.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales, ainsi qu'à leurs groupements et aux syndicats mixtes, d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

- **décret 94-469 du 3/06/94**
- **arrêtés du 22/12/94**

Obligation pour les agglomérations de traiter leurs effluents de temps sec et de temps de pluie avec un certain niveau et des échéances rapprochées (entre 2000 et 2005).

Fixe les prescriptions techniques relatives aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées et les modalités d'auto-contrôle.

- **décret 61-987 du 24/08/1961**

Sont obligatoirement soumis à l'avis du conseil supérieur d'hygiène publique de France les projets d'assainissement important, c'est à dire tout rejet lorsque le flux de pollution avant épuration est supérieur à 100 000 équivalent habitants.

Un permis de construire est nécessaire pour étendre ou construire une installation. Le contexte réglementaire impose un effort important de traitement des effluents mais surtout une amélioration réelle de la qualité des milieux récepteurs.

Action

B-3

Développement de l'assainissement autonome par le sol**Objectifs de gestion**

- **Qualité des Eaux**

Nature et objectifs de l'action

Permet l'épuration des eaux usées domestiques en utilisant le pouvoir épurateur du sol. Cette technique peut être utilisée à l'échelle d'une habitation (assainissement individuel) ou d'un ensemble de maisons (assainissement groupé).

Définition du projet

On distingue quatre fonctions dans une installation d'assainissement par le sol :

- la collecte : ne concerne que les eaux usées (les eaux pluviales sont écartées du circuit) ;
- le pré-traitement : assuré par une fosse septique qui n'élimine que 30 à 40 % de la pollution mais permet surtout une décantation des matières en suspension. On peut rajouter à l'amont de la fosse septique des équipements tels que déshuileur, dessableur, etc. ;
- le traitement : effectué par la flore bactérienne du sol, après épandage de l'eau dans le sol, en place ou reconstitué (filtre à sable, terre) ;
- l'évacuation : soit par infiltration sous le dispositif d'épandage, soit après drainage des eaux épurées vers un rejet superficiel (fossé, ruisseau) ou vers un puits d'infiltration (si les couches profondes sont perméables).

La définition du projet sera fonction des volumes et de la qualité de l'eau usée, de la taille et de la pente du terrain d'épandage, de l'épaisseur du sol, de la perméabilité du sol, de la présence ou non d'une nappe (permanente ou temporaire) et de sa profondeur, de la perméabilité du sous-sol, des possibilités de rejet superficiel, de la proximité d'un captage d'eau, etc..

Impact

La mise en oeuvre de l'assainissement autonome permet de réduire les pollutions diffuses domestiques sans engendrer des coûts de réalisation excessifs. Cette technique doit particulièrement être envisagée sur les zones à urbanisation peu dense et pour les extensions urbaines, lorsque le système existant tend à être saturé. Possibilité pour la commune d'assurer l'entretien.

Observations

La principale difficulté réside dans l'entretien indispensable des ouvrages individuels de traitement. Techniquement et

économiquement, l'assainissement individuel est souvent la seule solution pour des habitations isolées. L'assainissement groupé est très intéressant d'un point de vue économique : il réduit les coûts et les problèmes de maintenance.

Contexte juridique

- **art. L 372-3 du code des communes modifié par la loi sur l'eau du 3/01/92**

Les communes ou leurs groupements délimitent après enquête publique les zones d'assainissement collectif, les zones d'assainissement non collectif, les zones où des mesures pour limiter l'imperméabilisation des sols doivent être prises, des zones où il est nécessaire de prévoir des installations de collecte, de stockage de traitement des eaux pluviales et de ruissellement.

- **Loi sur l'eau du 3/01/92**

Obligation de contrôle du bon fonctionnement des systèmes d'assainissement autonome pour les collectivités et possibilité de prendre en charge l'entretien.

- **art. R111-3 code de la construction et de l'habitation**
- **art. 33 code de la santé publique**
- **arrêté du 3 mars 1982**

Pour les bâtiments non raccordables au réseau public, la loi fixe les règles de construction et d'installation des fosses septiques et appareils utilisés en matière d'assainissement autonome des bâtiments d'habitation.

L'équipement en assainissement autonome est alors une obligation.

Le recours à d'autres dispositifs est subordonné à autorisation conjointe délivrée par les ministres chargés de la santé, du logement et de l'environnement.

- **Texte officiel n° 84-40**
- **J. O. du 21/09/84. Affaires sociales**
- **Circulaire du 20/08/84**

Assainissement autonome des bâtiments d'habitation.

Les utilisateurs d'assainissement individuel ont la responsabilité de leur installation. Ils peuvent se regrouper en syndicat d'usagers, ou bien passer des conventions avec la collectivité locale (moyennant une taxe d'assainissement). L'assainissement groupé est généralement du ressort d'un syndicat d'usagers ou de la collectivité. L'implantation d'un assainissement autonome est soumis à une autorisation de la D.D.A.S.S.

- **décret 61-987 du 24/08/1961**

Soumission à l'avis du conseil supérieur d'hygiène publique de France des projets d'assainissement importants : épandage des effluents sur le sol lorsque le flux de pollution avant épuration est supérieur à 50 000 équivalents habitants.

3B

Action

B-4

Développement de l'assainissement par lagunage

Objectifs de gestion

- **Qualité des Eaux**

Nature et objectifs de l'action

Permet l'épuration des eaux usées domestiques en utilisant le pouvoir épurateur de micro-organismes qui se développent dans une lagune.

Cette technique peut être utilisée à l'échelle d'une petite commune (100 à 1 500 habitants) ou pour les collectivités à forte variation estivale de population.

Définition du projet

On distingue les lagunes :

- à microphytes, organismes microscopiques en suspension dans le milieu liquide (profondeur de la lagune > 0,9 m) ;
- à macrophytes, organismes macroscopiques en suspension et/ou fixés (profondeur de la lagune 0,3 à 0,6 m) ;
- composites : associant les deux types précédents.

La définition du projet sera fonction des volumes d'eaux usées attendus, des performances épuratoires demandées (contrainte : surface par habitant), de la nature du site (taille suffisante, avec des caractéristiques géologiques et géotechniques adaptées) et du climat.

Mise en œuvre

Des études topographiques, pédologiques, géologiques permettent de caractériser le sol en place et de déterminer :

- la forme et l'emplacement des bassins (3 en général) ;
- la possibilité d'obtenir une imperméabilisation suffisante du fond des bassins ;
- les conditions de stabilité des ouvrages (digues et canalisations de raccordement).

La dimension de la lagune dépend du type de bassin, de la qualité et la quantité des eaux usées admises, des performances épuratoires attendues, de la température, de la luminosité, etc.

Le temps de séjour de l'effluent doit être d'au moins 60 jours. L'entretien est indispensable : curage tous les 10 ans, faucardage et nettoyage réguliers.

Il est généralement utile de mettre en place un pré-traitement (dégrillage, décantation).

Observations

Le coût de la mise en place d'un lagunage est sensiblement égal à celui d'une station d'épuration, mais celui de sa maintenance est nettement moins élevé (en moyenne).

Possibilité de réutilisation des eaux traitées et des algues enlevées (irrigation, engrais).

Avantage du lagunage : dénitrification.

Compléments ...

3B

Développement de l'assainissement par lagunage

Contexte juridique

- **art. L 372-3 du code des communes**

Les communes ou leurs groupements délimitent après enquête publique les zones d'assainissement collectif, les zones d'assainissement non collectifs, les zones où des mesures pour limiter l'imperméabilisation des sols doivent être prise, des zones où il est nécessaire de prévoir des installations de collecte, de stockage de traitement des eaux pluviales et de ruissellement.

- **art. R 441 - 2 du code de l'urbanisme**

La création d'une lagune est soumise à autorisation dans les communes dotées d'un P.O.S. si elle dépasse une certaine superficie.

- **art. 10, 35 et suivants de la loi 92-3 du 3/01/92**

- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

(procédure d'autorisation et nomenclature des travaux)

Toute création ou modification d'ouvrage d'assainissement et de rejet polluant ou non, ou modifiant le régime des eaux est soumis à autorisation ou à déclaration.

Les installations ou les activités à l'origine d'un effluent sont réglementées, si elles s'effectuent dans une zone sensible et si elles apportent une certaine concentration en sels dissous au milieu aquatique (> 1 tonne/jour).

Il en est de même pour la création d'un plan d'eau de plus de 2000 m².

L'autorisation est accordée après enquête publique et le cas échéant pour une durée déterminée.



Photo 3.4 : Zone de lagunage

Action

B-5

Protection juridique de la qualité piscicole

Objectifs de gestion

- **Qualité des Eaux**

Nature et objectifs de l'action

Il s'agit d'améliorer la qualité des eaux en luttant contre différentes formes de pollution (d'origine agricole, industrielle ou domestique, de type chimique ou biologique) grâce au recours à des outils juridiques disponibles. Cette action consiste également, en utilisant toujours des moyens juridiques, à maintenir dans le temps la qualité des eaux.

Les objectifs poursuivis par cette action sont de trois ordres :

- satisfaire au mieux des usages de l'eau (pratiqués et souhaités) ;
- diminuer les risques pour la santé humaine et la salubrité publique ;
- améliorer les conditions de vie dans le cours d'eau.

Définition du projet

Les moyens structurels et non structurels de protection de la qualité des eaux (amélioration du fonctionnement des réseaux d'assainissement et des moyens de traitement des rejets, lutte contre les rejets clandestins, réglementation des usages, etc.) sont définis et mis en application à l'aide d'outils juridiques que l'on peut classer en trois catégories : des outils d'orientation, des outils réglementaires et des outils contractuels.

Mise en œuvre

Les outils d'orientation

Ils permettent de fixer des objectifs de qualité, souvent définis après négociation entre les acteurs de l'eau. Ils servent en quelque sorte de schéma directeur et de cadre de référence pour les actions d'aménagement et de gestion mises en œuvre sur les cours d'eau. Les principaux outils d'orientation sont les suivants :

- les cartes départementales d'objectifs de qualité ;
- les schémas départementaux de vocation piscicole (L 233-2 du code rural) ;
- les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (loi 92-3 sur l'eau du 3 janvier 1992 ; décret 92-1042 du 24 sep. 1992),
- le SDAGE.

Les outils réglementaires

Les principaux procédés réglementaires peuvent être regroupés en deux catégories selon qu'ils ont trait à la police des rejets ou à la police de la pêche.

Concernant la **police des rejets**, il faut souligner que :

- **loi sur l'eau du 3/01/92**
- **décret 93-743 du 29/03/93**

Tout rejet, déversement ou dépôt direct ou indirect, chronique ou épisodique, même non polluant est soumis à **autorisation**. Cette loi tente d'apporter quelques solutions en réglementant plus strictement les rejets tant en qualité qu'en quantité, en renforçant les sanctions pénales et administratives (notamment constitution d'un nouveau délit de pollution).

Au titre de la **police de la pêche**, on peut noter que :

- **art. L 232-2 du code rural**
- **art. L 232-9 du code rural**

Tout déversement ou écoulement dans les eaux douces de substances quelconques dont l'action ou les réactions ont détruit le poisson ou nuit à sa nutrition, sa reproduction ou sa valeur alimentaire est puni.

La vidange des plans d'eau est soumise à une autorisation qui détermine le programme de l'opération.

Les outils contractuels

Les procédés conventionnels utilisables pour une protection de la qualité des eaux sont les suivants :

- les contrats de rivière qui comportent la plupart du temps un volet concernant la lutte contre la pollution ;
- les contrats d'agglomération, dont l'objectif principal est de remédier à l'insuffisance ou à la vétusté des réseaux de collecte des eaux usées et des moyens de traitement ;
- les contrats des agences de l'eau, qui sont développés en direction des industriels et des collectivités locales (via les départements) pour des opérations relatives notamment aux stations d'épuration.

Compléments ...

Protection juridique de la qualité piscicole

Observations

La protection de la qualité des eaux exige en premier lieu une parfaite connaissance des caractéristiques et des usages du milieu aquatique. Il s'agit en particulier d'avoir une bonne image de la qualité des eaux en différents points du cours d'eau, de connaître avec précision l'ensemble des usages (quantités et qualités requises, rejets et prélèvements effectués, impact sur le milieu récepteur, etc.).

La définition des objectifs de qualité à atteindre et des moyens à mettre en oeuvre tient compte de ce bilan et de la réglementation en vigueur, établie par rapport à des normes de qualité définies au niveau national et international (O.M.S., C.E.E.).

On voit ici la nécessité de développer des réseaux de mesure selon un système uniforme pour l'ensemble du territoire et de constituer des bases de connaissances sur les cours d'eau.

On peut noter que les contrats qui associent des maîtres d'ouvrages publics ou privés et des partenaires institutionnels (ministères, agences de l'eau, collectivités territoriales) sont assortis de moyens financiers et sont utilisés essentiellement comme un moyen de subventionner des actions.

Les "instruments économiques" tels que redevances et taxes, sont des moyens d'incitation efficaces à la réduction des rejets.

Contexte juridique

Les différents outils juridiques présentent l'intérêt d'être complémentaires et d'utiliser différents modes d'approche d'un même problème. La protection de la qualité des eaux nécessite une coordination et une utilisation simultanée des outils disponibles.

Sur le plan juridique, la protection de la qualité des eaux doit faire face à un certain nombre de difficultés, parmi lesquelles on peut signaler :

- le caractère non opposable aux tiers de certaines procédures (ex : les cartes départementales d'objectifs de qualité) ;
- la lourdeur administrative de leur mise en place ;
- le manque de moyens de l'administration pour faire appliquer les textes ;
- la faiblesse des pénalités (amende, emprisonnement) et les possibilités de transaction de l'administration.

C - Gestion de la végétation riveraine

Introduction

Les zones tempérées et notamment la France sont les régions du monde où le milieu a été le plus uniformisé et le plus intensivement modifié par les activités humaines. La plupart des forêts tempérées sont des forêts secondaires développées après un premier défrichement ou abandonnées par l'agriculture et la composition de ces forêts est souvent assez différente de celle des forêts primaires. Par conséquent **la gestion des milieux «naturels» dans de telles régions ne peut être fondée sur la recherche d'un retour à un état initial mais sur un état souhaité qui repose sur des objectifs à définir** qu'ils soient écologiques, patrimoniaux, économiques, paysager, etc...

La gestion de la végétation qui occupe naturellement le lit majeur ou les berges des rivières est ainsi au coeur de ce débat car son existence est régie par deux acteurs déterminants : l'Homme et l'Eau.

Les formations végétales riveraines des cours d'eau sont ainsi sous l'influence de mécanismes complexes et originaux. A l'interface entre les milieux terrestres et aquatiques, entre les milieux domestiqués et naturels, elles disposent d'une dynamique propre. Leur extension peut varier, suivant l'ordre du cours d'eau, de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres.

Ces formations végétales sont le plus souvent dominées par les ligneux et sont appelées selon les cas ripisylve, corridor forestier, forêt alluviale, forêt d'inondation, etc.. Tous ces termes désignent une forêt, une formation végétale où domine l'arbre, riveraine et dépendante d'un cours d'eau. Même s'ils sont voisins, ces termes ne sont pas synonymes de milieux riverains, ripulaires ou ripariaux («riparian» en anglais) qui se définissent comme les milieux de rive quel que soit leur peuplement végétal.

Ce corridor végétal ne comporte pas seulement des groupements arborés. Il forme une mosaïque végétale complexe qui, à un instant t, comporte une multitude de stades composés pour la plupart de ligneux. La notion de succession écologique et les stades de succession qui lui sont associés sont fondamentaux. Ils expliquent la complexité de la mosaïque fluviale, des marges boisées dans lesquelles coexistent des stades récents et des stades anciens, des stades abiotiques et des stades arborés composés de bois tendres ou de bois durs. Dans les hydrosystèmes des régions tempérées, le stade ultime de la succession est caractérisé par un groupement forestier à bois dur et un enrichissement progressif en espèces ligneuses se fait au cours de la succession.

L'action millénaire de l'homme fait que les marges boisées existant aujourd'hui présentent un degré d'occupation et d'appropriation extrêmement variable et donc une vulnérabilité aux risques d'inondation ou d'érosion très inégale.

Par ailleurs, la végétation qui s'est souvent développée spontanément à la suite de l'abandon de ces terroirs par les communautés rurales traditionnelles, constitue un des éléments fonctionnels essentiels des hydrosystèmes. Conserver une végétation riveraine étroitement connectée au lit mouillé peut présenter de multiples intérêts patrimoniaux et écologiques mais également s'intégrer dans une gestion à caractère économique prenant en compte :

- la valeur paysagère,
- le risque d'érosion et d'inondation,
- la préservation de la ressource en eau dans ses aspects à la fois qualitatifs et quantitatifs,
- les ressources biologiques à des fins piscicoles et cynégétiques.

La présence ou l'absence du corridor forestier est perçue comme un descripteur de l'état sanitaire d'un cours d'eau. Tout le monde s'accorde aujourd'hui pour affirmer que la présence de la ripisylve est nécessaire. Néanmoins, les conceptions divergent sur la définition même de ripisylve ? Quelle doit être la place de l'homme, comment doit-il l'entretenir ?

Plus ces marges végétales sont naturelles et donc influencent l'activité morphologique et hydraulique du cours d'eau - elles sont source de débris ligneux grossiers favorisant la formation d'embâcles et les érosions de berges, ralentissant les écoulements, etc. - plus elles participent à son équilibre écologique. Inversement, elles constituent un risque d'autant plus grand pour les activités riveraines. Un équilibre doit ainsi être trouvé entre le souci de préservation et la nécessité de prévenir les risques.

L'intervention sur la végétation riveraine doit donc être nécessairement spatialisée et graduelle, importante dans les milieux domestiqués mais plus souple et parfois volontairement inexistante (notion d'auto-entretien contrôlé) dans les milieux plus naturels.

Aussi en fonction du type de rivière et de son état fonctionnel, de la nature et de l'intensité de l'occupation anthropique, plusieurs types d'actions peuvent être envisagés au niveau de la végétation riveraine :

- C-1 Entretien régulier de la végétation de berges ;
- C-2 Restauration du corridor végétal ;
- C-3 Végétalisation et revalorisation paysagère.

Action

Entretien régulier de la végétation des berges**Objectifs de gestion**• **Végétation riveraine**

- Inondation
- Erosion
- Milieu aquatique

Nature et objectifs de l'action

Il s'agit de contrôler et couper la végétation des berges susceptible de gêner l'écoulement des hautes eaux, le passage sur berges, de nuire à leur stabilité et d'éviter des zones d'ombres trop importantes sur l'eau. Le choix d'une telle action est décidé lorsqu'on observe un besoin effectif d'entretien régulier de la végétation des berges. **Ce n'est en aucune manière une démarche à mener sur tous les cours d'eau** : l'enlèvement de la végétation des berges ne doit pas être systématique, de façon à préserver les impératifs hydrauliques et les intérêts biologiques et paysagers de ces milieux (la ripisylve est nécessaire à la qualité de l'eau (fixation des nitrates) et limite l'érosion)). En effet, certains cours d'eau dont le caractère naturel doit rester prédominant, ne nécessitent pas d'intervention humaine, du fait de l'absence de risque d'inondation, d'érosion, etc. On observe des cours d'eau qui par leur fonctionnement naturel, sont dans un équilibre hydraulique et écologique satisfaisant.

Définition du projet

Le projet nécessite une réflexion sur l'ensemble du cours. Il devra tenir compte au vue des espèces présentes ou introduites :

- de leur état sanitaire ;
- de leurs effets sur les berges (stabilité) ;
- de l'ensoleillement ;
- de leur adaptation au milieu aquatique ;
- des moyens d'entretien ;
- de l'utilisation du site.

Un plan d'action pourra faire appel à plusieurs techniques : le faucardage, le débroussaillage, l'élagage, les coupes sélectives.

Mise en œuvre

Il est bien évident que les règles d'intervention varient d'un type de cours d'eau à un autre. La mise en œuvre des techniques doit cependant suivre certaines évidences :

- la végétation ne doit pas être trop dense dans les zones d'écoulement des hautes eaux ;
- la végétation ne doit pas fragiliser la berge et les arbres ne doivent pas se situer dans des zones instables : pas d'arbres dans les 2/3 inférieurs de la berge, les branches gênantes sont à éliminer, les souches sont à couper parallèlement au talus (lieu sans érosion), enlèvement des arbres déchaussés, etc. ;
- la création d'une piste d'accès est à prévoir, ainsi que les moyens pour l'enlèvement des déchets.

La réalisation de l'entretien doit se faire en considérant l'intérêt paysager du site. Cet entretien ne doit pas rendre monotone le lieu, et en particulier il doit s'attacher à conserver sa diversité.

Impacts

D'une façon générale, il ne faut pas considérer l'entretien systématique de la végétation comme un impératif. Le non-entretien peut en effet, sur certains tronçons de cours d'eau, être affiché comme un principe, justifié tant pour des raisons hydrauliques qu'écologiques.

Dans tous les cas, le dégagement des berges ne doit pas conduire à un ensoleillement trop important qui pourrait provoquer la prolifération de la végétation aquatique.

Un contrôle mécanique dégrade temporairement la flore, l'habitat de la faune ainsi que les abords.

Compléments ...

Entretien régulier de la végétation des berges

Contexte juridique

- L'institution de la servitude de passage des engins mécaniques oblige le riverain à ne planter aucun arbre dans le périmètre de la servitude. Faute de quoi il pourra être tenu de les enlever ;
- espèce protégée : interdiction de la détruire ;
- zone faisant l'objet d'une protection (parc national, réserve naturelle, arrêté préfectoral de conservation de biotope) : possibilité d'interdire ou de limiter la coupe de végétaux ;
- espace classé boisé dans un P.O.S. : toute demande de défrichage est rejetée de plein droit (L.130-1 du code de l'urbanisme).

Dans les cours d'eau domaniaux et non domaniaux, le riverain a obligation d'effectuer un entretien régulier du lit et des berges lui appartenant. L'entretien est donc un devoir des propriétaires comme le précise l'article L.232-1

du code rural. Néanmoins cette obligation est fondée sur la nécessité de conserver non pas le libre écoulement mais le potentiel piscicole et la végétation n'est pas explicitement prise en compte dans un tel entretien.

Le nettoyage systématique prôné par les services de l'Etat s'appuie sur l'article 103 du code rural repris de l'article 8 de la Loi de 1898. L'article 103 est aujourd'hui obsolète, son application étant définie par l'article 106 du code rural qui a été abrogé au profit de deux décrets « police des eaux » du 29 mars 1993 pris en application de l'article 10 de la Loi sur l'Eau. Or ces décrets font uniquement référence à des « installations, ouvrages, travaux ou activités » c'est-à-dire à des causes d'origine anthropique. Cette observation est bien confirmée par ailleurs par l'article 2 de la Loi sur l'Eau qui affirme que : «... *cette gestion équilibrée vise à assurer la préservation des écosystèmes aquatique s... de manière à satisfaire ou à concilier, lors des différents usages, activités ou travaux, les exigences s... de la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations*».

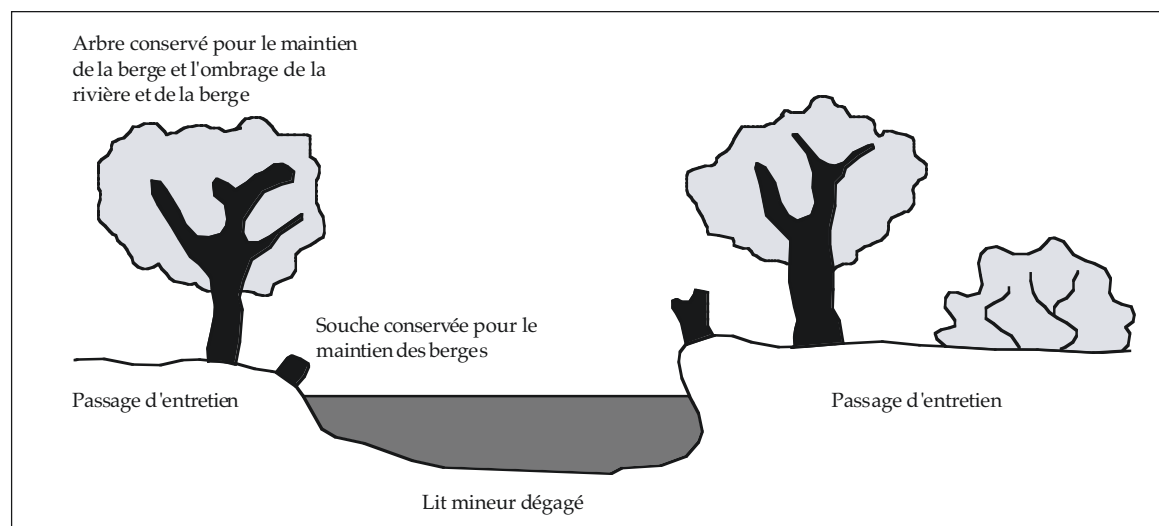


Figure 3.2 : Schéma d'entretien type de végétation de berge

Action

C-2

Restauration du corridor végétal**Objectifs de gestion**

- **Végétation riveraine**
- Milieu aquatique
- Qualité des eaux
- Inondation
- Erosion
- Ressource

Nature et objectif de l'action

Il s'agit d'une mesure à objectifs multiples. Un corridor végétal présente de multiples intérêts. Il favorise l'autoépuration des flux souterrains transversaux d'origine agricole, multiplie les habitats et participe à la diversité faunistique et floristique, filtre les flux débordants et limite leurs capacités morphogènes, ralentit une onde de crue et atténue les inondations à l'aval du site restauré. Il augmente également l'ombre, ce qui peut être intéressant lorsque le cours d'eau connaît un problème d'eutrophisation (dystrophie). En milieu urbain, une telle restauration peut avoir également un but paysager et récréatif et promouvoir une revalorisation de la rivière.

Mise en œuvre**1- Identifier l'espace à restaurer**

La question est de définir ses dimensions qui varient en fonction de la taille du cours d'eau. Sur les cours d'eau moyen, tels que l'Ouvèze Vauclusienne, une largeur de 30 mètres peut être préconisée. Par ailleurs, il s'agit d'une largeur également signalée en matière d'autoépuration.

Sa propriété ou son appropriation doivent également être précisées. Un projet de restauration passe donc souvent par un politique de rachat de terrain riverains (voir à ce titre la fiche concernant le «rachat des terrains»).

2- La revégétalisation

La question est de savoir si la surface de cet espace est stable ou non. Si elle est instable, la connexion entre elle et la rivière est bonne, une autoépuration plus ou moins contrôlée est donc envisageable.

Si elle est stable, la question de la connectivité est posée. Quelles seront les caractères physiologiques des groupements naturels qui s'implanteront : seront-ils hygrophiles ou au contraire s'agira-t-il des stades pionniers de la série climacique ? Dans ce dernier cas, l'intérêt de la végétalisation est moindre car :

- la restauration ne favorisera pas un milieu original et rare ;
- la rivière ne contribuera pas à diversifier, par des processus de régénération, la mosaïque ainsi restaurée.

Définition du projet

Cette action a pour objet de favoriser un corridor végétal entre la rivière proprement dite et le milieu agricole. Ce corridor peut être totalement reconstitué de manière artificielle par le biais de plantations dont les caractères physiologiques souhaités sont à définir en fonction des objectifs fixés (paysage, écologie, etc.). Ce corridor peut également être favorisé ; dans ce cas, il s'agit de permettre à la rivière de pouvoir régénérer cet espace et de conduire ainsi une «auto-restauration contrôlée».

Observations

Dans certains cas particuliers, la restauration d'un corridor ne peut pas être envisagée. Un corridor d'espèces hygrophiles est gros consommateur d'eau. Sur de petits cours d'eau méditerranéens, cette action doit être entreprise avec précaution. La forêt alluviale exerce un contrôle sur la géométrie du lit et peut réduire la section d'écoulement. Toute restauration impose donc un suivi. Par ailleurs, s'il s'agit d'un milieu très domestiqué (péri-urbain), le risque d'inondation peut être plus important et doit donc être pris en compte.

C'est une des seules actions qui présentent simultanément une multitude d'intérêts. Néanmoins, son développement est conditionné par la maîtrise des terrains. Son principal inconvénient est en effet d'être hautement consommateur d'espaces.

Impact

Cette action ne présente pas d'impacts mais pose des contraintes d'usages.

Contexte juridique

Il relève essentiellement de la maîtrise foncière en plus des servitudes de passage pour le suivi et l'entretien.

Actuellement les financements possibles sont essentiellement octroyés par :

- les départements par le biais de la taxe sur les espaces naturels sensibles ;
- les agences de l'eau, l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse peut ainsi participer à des programmes de maîtrise foncière à hauteur de 30 % ;
- la C.E.E. ;
- les conservatoires régionaux pour l'environnement.

Action

C-3

Végétalisation et revalorisation paysagère

Objectifs de gestion

• Végétation riveraine

- Milieu aquatique
- Qualité des eaux
- Erosion

Nature et objectifs de l'action

Les berges des cours d'eau sont le plus souvent naturellement végétalisées. Cette végétation joue un rôle hydraulique, mécanique et écologique. Dans le cadre d'aménagements, les travaux de modification du site peuvent être accompagnés par la mise en oeuvre d'une revégétalisation des berges.

Ce type d'intervention peut également être préconisé pour protéger une berge sur des rivières dont le chenal est stable et sur lesquelles le problème d'érosion, toujours ponctuel, est généralement induit par des activités ou aménagements (déstabilisation de berges par les troupeaux, travaux en rivière, etc.).

La végétalisation jouera un rôle :

- de stabilisation des berges par le développement du chevelu racinaire ;
- d'ombrage de l'eau, évitant un réchauffement lequel est préjudiciable pour la vie aquatique et susceptible d'aggraver les risques de dystrophie ;
- de maintien de la qualité des eaux (fixation des nitrates).

Définition du projet

La définition du projet doit prendre en compte :

- la stabilité du sol ;
- la nature de l'occupation des berges suivant projet ;
- la nature de la végétation (chute des feuilles, putrescibilité, système racinaire, valeur paysagère) ;
- la qualité de l'écoulement des hautes eaux ;
- l'adaptation aux conditions du milieu : climat, terre, altitude, pH, eau, exposition, topographie ;
- la capacité à résister aux vents, aux inondations, à la finalité de l'aménagement (zones naturelles, loisirs, promenades, etc.).

Mise en œuvre

Les végétaux seront choisis parmi les espèces typiques de la région ou à protéger, afin d'éviter tout problème d'envahissement par des espèces importées. Les essences nouvelles ne devront être retenues qu'après réflexion sur leur impact paysager et confirmées qu'après constat d'une réelle amélioration de la berge (physique ou biologique). De plus, le choix des végétaux sera naturellement fonction de la réalité et de la fréquence de submersion, des stress hydrauliques, de la profondeur de la nappe phréatique, des caractéristiques physiques du sol des berges, de l'ensoleillement, etc...

Attention aux associations de plantes d'agressivité et d'implantation inégales, afin de maîtriser le long terme.

Les plantations seront réalisées suivant la finalité du projet en échelle ou parallèlement au sens du courant pour limiter la gêne en période de crue.

Pour les arbres, arbustes :

Les espèces doivent avoir des racines capables de supporter les milieux très humides et pauvres en oxygène des bords du lit mineur. Le chevelu racinaire doit être développé en profondeur. Il faut éviter la plantation d'arbres isolés et les plantations d'alignements réguliers ou d'ensembles monotones. La végétalisation des berges doit toujours créer un milieu écologiquement riche et donc le plus diversifié possible afin d'assurer sa pérennité par un développement équitable et un auto-renouvellement naturel. Enfin, les plantations diversifiées présentent une très grande résistance de groupe aux mauvaises conditions physiques ou biologiques.

Des espèces bien adaptées sont souvent : les aulnes (*glutinosa*, *incana*, *cordifolia*), les bouleaux, les charmes, les frênes, les peupliers, les merisiers et cerisiers tardifs, les robiniers, les ormes, quelques chênes, les saules bien sûr, quelques épicéas et les mélèzes éventuellement en altitude (pour ces derniers, attention aux risques d'accumulation d'aiguilles dans le lit).

Compléments ...

3C

Végétalisation et revalorisation paysagère

Pour l'enherbement :

L'enherbement peut s'envisager lorsque la pente est assez faible et les durées de submersion peu élevées. Les espèces adaptées sont le carex, la molinie, le rumex, la grande berce, etc.. Elles peuvent être associées à des légumineuses.

L'enherbement peut être associé à des éléments de protection de berges (treilles, parement en pied de talus, roseaux et enrochements). L'entretien se fait par fauchage. L'arrosage éventuellement nécessaire au démarrage peut être réalisé par aspersion à partir de la rivière en fonction de ses possibilités.

Le coût de tels aménagements en herbes est faible, leur mise en place est facile. Mais il doit rester complémentaire aux plantations arborées pour préserver la richesse du milieu.

Pour les roselières :

Les roselières occupent le pied des berges, si la pente est douce. Du fait de leur propagation, elles sont déconseillées pour les cours d'eau de largeur inférieure à trois mètres environ.

L'entretien régulier se fait par fauchage, en été. Les espèces courantes sont le roseau commun, le jonc, l'iris jaune.

Rappelons qu'elles constituent un support pour la nourriture, un lieu protégé pour la reproduction et qu'elles jouent un rôle épurateur des eaux.

Observations

Il n'est pas souhaitable de mettre en œuvre ces techniques lorsque l'érosion est un élément fonctionnel fondamental de la rivière.

Si la stabilité n'est pas bonne, il faudra renforcer les berges avant de les planter et veiller à planter les arbres en recul du bord des berges.

Le développement de la végétalisation doit tenir compte des contraintes et des moyens d'entretien impliqués par les choix.

Il y a lieu d'évaluer le développement de la végétation et de ses incidences sur les indicateurs à court et à long termes : prévoir un plan d'entretien ou de suivi, faire une évaluation dynamique.

Contexte juridique

Lié à la propriété des berges et à celle du lit, ainsi qu'au régime des crues (protection des biens et des personnes).

• art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92

Utilisation de cet article en vue de la protection et de la restauration (...) des formations boisées riveraines.

| ZONES DE BOISEMENT EN LIT MAJEUR | | ZONES DES PRAIRIES HUMIDES ET RIVES | | |
|--|--|--|---|---|
| Arbres de haut jet | Arbustes | Strate herbacée | Végétation de bordure émergée et semi émergée | Végétaux fixés à feuilles flottantes ou affleurantes |
| peuplier, bouleau, chêne, frêne, robinier, charme, érable, tremble, cyprès, chauve | merisier, aulnes, prunellier, noisetier, saules, cornouiller, viorne, sureau | rumex, épilobes, scirpes, fétuque, paturin, agrostis, renouée, menthe, carex, iris d'eau, renoncules, etc... | phragmites, typha, joncs, sagittaire | glycérie, nénuphars, chataignes d'eau, myriophilles, cératophylles renoncules, etc... |

Tableau 3.4 : Principaux végétaux pouvant être utilisés pour végétaliser les berges.

D - Gestion du risque d'inondation

Introduction

Dans cette section ont été rassemblées les actions destinées principalement à la lutte contre les inondations.

A ce sujet, il est bon de rappeler quelques principes de bases en matière de gestion des risques qui doivent guider l'aménageur dans le choix des solutions techniques qu'il peut mettre en oeuvre. La définition du risque d'inondation repose sur deux concepts qui sont d'une part l'aléa, lié au fonctionnement hydrologique et hydraulique des cours d'eau, et d'autre part la vulnérabilité, qui elle n'est liée qu'à des critères socio-économiques et à l'occupation des sols en lit majeur des rivières. Toute analyse d'une situation doit prendre en compte ces deux aspects de la question (aléa et vulnérabilité). La prévention des inondations passe alors par plusieurs types d'actions possibles, les unes concernant la diminution de l'aléa (et tous les travaux en rivière comme les recalibrages ou les endiguements relèvent de cette logique), et les autres la diminution de la vulnérabilité (et toutes les actions de type : plan d'occupation des sols, zonage, dispositions constructives, relèvent de cette seconde logique).

La mise en oeuvre de solutions d'aménagement visant à réduire localement l'aléa d'inondation comme les travaux lourds en rivière (recalibrage, endiguement) est forcément d'une efficacité limitée (à la crue de projet servant au dimensionnement des ouvrages) et peut avoir des effets pervers sur la situation de risque en un autre point de la rivière mais aussi sur d'autres fonctions de la rivière. En effet, on peut citer les effets de rehaussement de ligne d'eau en amont d'un endiguement, les effets d'accélération du transit et d'aggravation des pointes de crue en aval d'un recalibrage, pour ce qui est des effets indirects sur l'aléa en un autre point du cours d'eau. La présence d'endiguement rend plus difficile l'assainissement local des

eaux pluviales en cas de fortes pluies et, lorsque l'aménagement est dépassé par un événement exceptionnel l'inondation est aggravée car il empêche le retour à la rivière des eaux débordantes. Mais ce n'est pas tout. L'accélération du transit et la suppression des zones d'épandages de crue diminue les échanges entre nappes et rivières et, par là même, diminue la ressource en eau et peut aggraver la sévérité des étiages, même s'il n'est pas toujours possible de quantifier précisément ces effets. La généralisation des recalibrages réduit la diversité des milieux et donc leur qualité biologique. Le surdimensionnement des lits mineurs entraîne des problèmes de qualité de l'eau en période de basses eaux. Enfin, ces solutions ont déjà été largement exploitées au cours des décennies passées et sont d'autant moins efficaces qu'elles sont généralisées.

Les actions présentées dans cette partie sont les suivantes :

- D-1 le curage vieux fond vieux bord ;
- D-2 la création d'ouvrages d'infiltration et de rétention des eaux pluviales sur le bassin versant ;
- D-3 le contrôle des modes d'occupation et d'utilisation des sols ;
- D-4 l'entretien réfléchi des embâcles de bois ;
- D-5 l'enlèvement d'obstacles à l'écoulement ;
- D-6 la création d'une digue (sur les berges) sur les marges externes de l'espace de liberté ;
- D-7 le reprofilage du lit moyen ;
- D-8 le recalibrage ;
- D-9 la coupure de méandre ;
- D-10 la création de retenues en eau ;
- D-11 la création de retenues à sec ;
- D-12 la création d'un chenal évacuateur de crues.

Action

Curage à vieux fond et vieux bords**Objectifs de gestion**

- **Inondation**
- Milieu aquatique
- Qualité des eaux

Nature et objectifs de l'action

L'évolution des activités humaines sur les bassins versants a augmenté les facteurs d'érosion et de sédimentation. L'accumulation progressive de sédiments organiques et minéraux provoque une perturbation des caractéristiques naturelles des rivières (physico-chimiques, biologiques). Cette fiche concerne les actions à mener sur le cours et les berges pour éviter l'accumulation des sédiments, afin de lutter contre la réduction de la section du lit, contre le piégeage d'éléments toxiques, contre la turbidité de l'eau et contre la dégradation de l'habitat piscicole.

Définition du projet

Les actions choisies peuvent déplacer ou éliminer les sédiments. Il faut donc déterminer si l'objectif de nettoyage est ponctuel ou continu sur l'ensemble du cours. Dans le cas d'un objectif ponctuel, il s'agira de vérifier si les conséquences à l'aval sont acceptables pour les fonctions existantes.

Nous considérons ici les actions de traitement du sédiment et/ou de la vase qui le couvre, destinées à leur faire subir des modifications physiques et/ou chimiques qui sont de trois sortes : l'élimination (par dragage), la modification de l'interface (recouvrement), la modification du sédiment (traitement dans l'épaisseur), ces deux dernières actions concernant la vase. Le traitement des sédiments est une opération qu'il faut envisager après la maîtrise des apports du bassin versant et bien avant d'entreprendre quoi que ce soit sur la masse d'eau elle-même.

Mise en œuvre**Le dragage**

Le dragage permet d'augmenter la profondeur et le volume d'eau. Il élimine aussi de façon radicale les sources internes de pollution toxique ou nutritionnelle. Ses conséquences négatives sont des remises en suspension et parfois une désoxygénation pendant la mise en œuvre de l'opération. La période d'intervention devra être choisie

en dehors des périodes de reproduction des poissons, afin d'éviter tout risque de colmatage des frayères.

Les moyens utilisés peuvent être : le décapage par des engins terrestres après la baisse du niveau de l'eau, lorsque les sédiments sont peu profonds, et le dragage par dragues à godets étanches, par suceuses à transfert rapide, ou par dragues pneumatiques (qui réduisent la remise en suspension). Il faut prendre les dispositions nécessaires pour le dépôt voir le traitement des produits de curage, et éviter que ceux-ci retournent progressivement dans le lit du cours d'eau, par exemple du fait du ruissellement.

Le recouvrement

Cette technique consiste à dresser une barrière d'épaisseur et de continuité variables, à partir de moyens physiques (substances minérales naturelles ou substances organiques de synthèse : le kaolin, la craie, le maerl, un film de matière plastique et caoutchouc percé, etc.) ou/et de moyens chimiques (à partir des matériaux en place ou de substances allochtones, grâce à une oxygénation et une aération), empêchant la vase de remonter.

L'efficacité de ces techniques n'est pas toujours vérifiée dans le temps et dans l'espace, en particulier pour le maintien de la barrière.

Le traitement dans l'épaisseur

Il s'agit de modifier soit la texture physique pour réduire les transferts par mélange turbulent, soit la composition chimique de la vase pour y diminuer la concentration en phosphore ou pour en augmenter le pouvoir de fixation. Les techniques sont la consolidation (assèchement), le pompage de l'eau interstitielle (dans l'aquifère), la façon culturale («charrue» subaquatique).

Observations

Un entretien régulier du lit et des berges, ainsi que la surveillance des rejets en cours d'eau doivent permettre de ne pas avoir recours à cette action, tout au moins pour une intervention lourde. Ces deux dernières actions limitent les risques de relargage de polluants mais n'ont aucun effet sur le lit (lutte contre les inondations).

Compléments ...

Curage à vieux fond et vieux bords

Impacts

Le dragage est à déconseiller absolument. Si un milieu est envasé (exemple de la Rize), la seule solution n'est pas d'évacuer les boues. Il s'agit d'une mesure très traumatisante pour le milieu qui ne doit être envisagée que si aucune autre solution n'est possible (stabilisation, évacuation «naturelle», etc.). Il est nécessaire de formuler le problème différemment. Cette action doit obligatoirement être associée à des mesures préventives susceptibles d'empêcher un nouvel envasement rapide du milieu (diminution des apports, amélioration des capacités de transport solide, cf. les autres fiches). Il y a de plus un risque de dégradation ponctuelle des berges si l'intervention est lourde.

Le recouvrement peut provoquer des nuisances dues à des modifications de l'interface eau-sédiment et de l'environnement (pH, équilibre d'oxydo-réduction, etc.).

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**
relatifs à la procédure d'autorisation
et à la nomenclature des travaux

Sont soumis à autorisation ou déclaration tous travaux modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

(En dehors des voies navigables, le curage est soumis à autorisation si le volume de boue est supérieur à 5000 m³ et à déclaration si le volume est compris entre 1000 et 5000 m³.)

Juridiquement, c'est une opération de curage réalisée :

- soit par les riverains conformément :
 - aux règlements anciens ou aux usages locaux s'ils existent et sont encore adaptés ;
 - à l'arrêté préfectoral ordonnant le curage : les riverains sont alors regroupés en association syndicale (Direction Départementale de l'Équipement ou Direction Départementale de l'Agriculture et des Forêts).
- soit par l'administration en cas d'exécution d'office ;
- soit par un département, une commune, un syndicat intercommunal, un syndicat mixte en vertu des articles 175 et suivants du code rural.

Il existe alors une servitude de passage au profit des personnes réalisant ou surveillant les opérations de curage (article 121 du code rural).

- **Décret n° 59 - 96 du 07.01.1959**
relatif aux servitudes de passage sur les berges

Les riverains des cours d'eau non domaniaux (ou sections) dont la liste est déterminée après enquête, par arrêté préfectoral, sont tenus de permettre le libre passage, soit dans le lit du cours d'eau, soit sur les berges, dans la limite d'une largeur de 4 m. à partir de la rive, des engins mécaniques servant aux opérations de curage et de faucardage.

• **art. L 232-1 du code rural**

Il y a obligation d'entretien des berges et du lit, nécessaire au maintien de la vie aquatique, à la charge de tout propriétaire (ou ayant cause) d'un droit de pêche.

Action

D-2

Création d'ouvrages d'infiltration et de rétention des eaux pluviales sur le bassin versant

Objectifs de gestion

- **Inondation**
- Qualité des Eaux

Nature et objectifs de l'action

Développement des techniques d'infiltration et de rétention pour limiter les effets de l'imperméabilisation en site urbain :

- inondations par réduction des temps de parcours de l'eau et débordement des ouvrages ;
- pollution du milieu récepteur par les rejets urbains de temps de pluie ;
- réduction de la ré-alimentation des nappes phréatiques.

Ces techniques ont pour principe d'intervenir plus ou moins à la source pour contrôler les effluents urbains. Il s'agit d'un principe complémentaire au réseau de collecte, à préconiser largement si les apports urbains (en eau, en polluant) sont importants, notamment dans les zones d'urbanisation nouvelle.

Définition du projet

De même que pour tout projet d'assainissement, il est nécessaire de mener des études hydrauliques et des études sur l'impact des rejets. Le système d'assainissement doit être considéré dans son ensemble. Une modification en un lieu peut entraîner soit une superposition de pointes de débits, soit leur décalage ; elle pourra donc avoir un effet positif ou négatif sur le cours d'eau selon sa configuration. Une étude sur l'ensemble du cours d'eau est nécessaire pour analyser les effets de chaque sous bassin et la combinaison des différents volumes et flux apportés au cours d'eau.

Une fois identifiés les sites critiques, il s'agit de définir la meilleure technique à mettre en oeuvre. Elle sera fonction de la nature du sol et du sous sol (perméabilité, etc.), des relations avec la nappe et de sa sensibilité, de la nature de l'opération (habitation, parkings, etc.), de la qualité de l'eau écoulée, des moyens et outils disponibles (documents d'urbanisme, etc.).

Ces techniques doivent être intégrées à l'aménagement et nécessitent un entretien régulier.

Mise en œuvre

Ces techniques viennent compléter le système de collecte. Elles peuvent être mixées entre elles sur un même bassin versant.

On peut distinguer les techniques d'infiltrations des techniques de rétention temporaire de l'eau. Les ouvrages ont des formes diverses : les bassins (à l'amont ou sur le réseau), les chaussées à structures réservoirs, les tranchées, les fossés et les noues, les puits (qui infiltrent en profondeur) et un ensemble de techniques à la parcelle, notamment le stockage sur les toits ou dans des citernes.

Impacts

La mise en oeuvre de techniques alternatives (de stockage temporaire ou d'infiltration) ont globalement un effet bénéfique sur le fonctionnement du système d'assainissement d'un bassin versant. Elles permettent de réduire tant les charges hydrauliques que les charges de pollution drainées par le réseau ; elles améliorent ainsi considérablement le rendement de dépollution. Certaines précautions doivent cependant être prise vis à vis du fonctionnement hydraulique du système global ainsi que du point de vue de la préservation des nappes phréatiques en cas d'infiltration.

Contexte juridique

- **art. 640, 641 et 681 du code civil**
et **art. 31 et 35 de la loi sur l'eau du 3/01/92**

relatifs aux eaux pluviales et de ruissellement

- **décret 93-743 du 29/03/93**

relatif aux procédures d'autorisation et déclaration.

Autorisation pour la création d'une zone imperméabilisée supérieure à 5 hectares d'un seul tenant, à l'exception des voies publiques affectées à la circulation ;

Autorisation pour le rejet ou l'infiltration d'eau pluviale provenant d'une surface supérieure à 20 hectares (déclaration pour une surface de 1 à 20 hectares).

Compléments ...

Création d'ouvrages d'infiltration et de rétention des eaux pluviales sur le bassin versant

Divers documents réglementaires peuvent faire référence et inciter au développement de ces techniques :

- au niveau de la maîtrise de l'urbanisation : schéma directeur, plan d'occupation des sols, règlement national d'urbanisme, règlement des zones d'aménagement concerté, règlement de lotissements ou de copropriétés, délivrance du permis de construire ;
- au niveau de l'assainissement via les règlements de l'assainissement qu'ils soient communaux, communautaires ou départementaux.

Références bibliographiques

- AZZOUT & AL., GRAIE
Techniques alternatives en assainissement pluvial : choix, conception, réalisation et entretien.
Ed. Tec&Doc, Lavoisier, 1994, 372 pages.
- STU, AGENCES DE L'EAU
Guide technique des bassins de retenue d'eau pluviale.
Ed. Tec&Doc, Lavoisier, 1994, 275 pages.

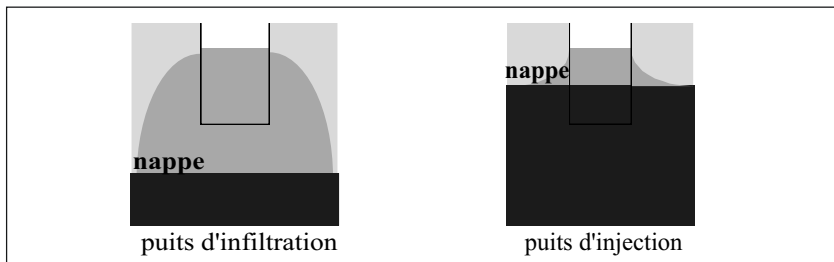


Figure 3.3 : Les puits d'infiltration ou d'injection. Ces derniers sont à déconseiller du point de vue de la protection des nappes contre la pollution (extrait de Azzout & al., 1994)

| | INJECTION REPARTIE (revêtement drainant) | INJECTION LOCALISEE (revêtement étanche) |
|---|--|---|
| EVACUATION REPARTIE (CSR d'infiltration) | <p>pluie</p> <p>enrobé drainant</p> <p>structure réservoir poreuse</p> <p>eau stockée</p> <p>infiltration sous chaussée</p> | <p>pluie</p> <p>enrobé étanche</p> <p>structure réservoir poreuse</p> <p>regard</p> <p>eau stockée</p> <p>infiltration sous chaussée</p> |
| EVACUATION LOCALISEE (CSR de rétention) | <p>pluie</p> <p>enrobé drainant</p> <p>structure réservoir poreuse</p> <p>regard</p> <p>eau stockée</p> <p>étanchéité</p> <p>vers exutoire</p> | <p>pluie</p> <p>enrobé étanche</p> <p>structure réservoir poreuse</p> <p>regard</p> <p>regard</p> <p>eau stockée</p> <p>étanchéité</p> <p>vers exutoire</p> |

Figure 3.4 : Principes des différentes chaussées à structure réservoir (extrait de Azzout & al., 1994)

CSR : chaussée à structure réservoir

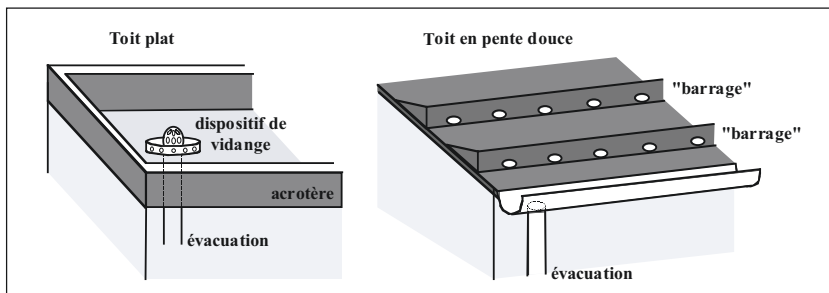


Figure 3.5 : Principes de stockage d'eau en toiture d'après (STU, 1982) in (Azzout & al., 1994)

Action

D-3

Contrôle des modes d'occupation et d'utilisation du sol, gestion des eaux

Objectifs de gestion

- **Inondations**
- Qualité des eaux

Nature et objectifs de l'action

CF VOLUME 1, PARTIE 3.C.

La modification du fonctionnement hydraulique des cours d'eau et l'altération de leur qualité sont très souvent liées aux modifications de l'usage des sols sur leur bassin versant : urbanisation, modification des pratiques culturales, etc..

Leur reconquête ou leur préservation ne peut donc que très difficilement s'envisager sans une maîtrise du développement des activités et de l'usage des sols sur la totalité de leur bassin versant. Cette maîtrise peut s'effectuer par le biais des documents d'urbanisme, de règlements locaux ou d'aides techniques.

Définition du projet

Un bilan préliminaire est indispensable pour identifier et mesurer les impacts dus à la transformation du bassin versant.

Trois aspects doivent être étudiés :

- pour les zones urbaines : l'évolution de l'imperméabilisation, l'augmentation des rejets des eaux usées, le développement des systèmes d'assainissement ;
- pour les zones rurales : les pratiques culturales et leur évolution (surfaces cultivées, remembrements éventuels, nature et fréquence des traitements, évolution du drainage des sols, etc.), recalibrage des rivières rectifiées ;
- pour les zones industrielles : quantité des rejets et leur nature, augmentation des zones urbaines et industrielles sur remblais.

A partir de ce bilan, les éléments les plus sensibles pourront être mis en évidence de façon à proposer les modalités efficaces de contrôle.

Mise en œuvre

La mise en œuvre s'effectue principalement par voie réglementaire (plans d'occupation des sols, arrêtés municipaux,

règlement d'assainissement, etc.) ou incitative (que l'incitation soit informative, sociale ou financière) : promotion de technologies d'assainissement mieux adaptées, information sur les dates favorables pour l'épandage des engrais, incitation à une modification du type de culture, etc..

Observations

Il s'agit d'une mesure d'accompagnement qui devrait être systématiquement envisagée et utilisée.

La principale difficulté réside dans le fait qu'elle touche à des compétences apparemment très éloignées de celles liées à l'aménagement des cours d'eau. Les services susceptibles de la mettre en œuvre ne sont donc pas ceux qui peuvent la proposer, ce qui peut nécessiter des arbitrages délicats. Par ailleurs, les découpages administratifs du territoire (communes, cantons, départements) recouvrent très rarement le territoire technique concerné (le bassin versant).

Contexte juridique

- Schéma directeur : définition des objectifs de l'utilisation des sols.
- P.O.S. (plan d'occupation des sols) : notamment classement des rives et du lit du cours d'eau en zone N.D., zone naturelle à protéger (avec terrain classé boisé le cas échéant) ;
- établissement d'un P.E.R. (Plan d'Exposition aux Risques) si zone particulièrement sensible aux inondations, et possibilité d'un P.S.S. (Plan de Surfaces Submersibles), à défaut de P.E.R. (après adoption du décret prévu par la loi du 3/01/1992) ;
- établissement d'un PPR (Plan de Prévention des Risques), procédure simplifiée fusionnant les deux procédures précédentes ;
- recours à l'article 19 du règlement CEE du 15 juin 1987 pour développer les pratiques de cultures favorables à l'environnement (mise en place en cours au bureau de l'État).

• art. 10 de la loi du 3/01/1992

Autorisation pour la création de zone imperméabilisée de plus de 5 hectares et non affectée à une voie de circulation.

Action

D-4

Entretien réfléchi des embâcles de bois**Objectifs de gestion****• Inondations**

- Milieu aquatique
- Erosion

Définition du projet

L'embâcle de bois est aujourd'hui reconnue comme un élément important de l'écologie des rivières à corridor forestier. A ce titre là, elle peut être favorisée car elle maintient les connexions latérales.

L'embâcle est également une source de risque puisqu'elle :

- augmente la hauteur des flux de débordement par le ralentissement de l'écoulement (ce qui peut également constituer un avantage : l'augmentation localement du stockage et le ralentissement de l'écoulement peut contribuer à réduire le risque d'inondation à l'aval) ;
- favorise la divergence des flux et l'érosion des berges ;
- est dangereuse en cas de rupture (débâcle).

L'entretien réfléchi des embâcles vise donc à rechercher un juste équilibre entre la gestion des risques et la préservation du potentiel écologique à l'échelle d'une rivière ou d'un tronçon de rivière.

Aussi le projet repose sur 3 phases : une phase d'identification, une phase de planification, une phase de réalisation.

1- Identification :

Il s'agit de :

- distinguer les embâcles de bois et les embâcles de débris, car elles n'ont pas les mêmes potentialités écologiques ;
- identifier les secteurs en fonction des volumes présents de leur localisation (en berge ou dans le lit), de leur forme et de leur structure (arbres isolés, embâcles de branches, de troncs) ;
- identifier les secteurs vulnérables où le débordement est un processus peu envisageable, où l'érosion de berge est impossible, et identifier également les secteurs pouvant faire l'objet de débordements et ralentir l'onde de crue ;
- identifier les points de faible débitance et de forte vulnérabilité.

2- Scénario d'intervention :

Il s'agit de :

- définir des types d'intervention en modifiant leur intensité selon la vulnérabilité des sites :

- vulnérabilité forte : enlèvement de toutes les embâcles ;
- vulnérabilité moyenne : enlèvement ou déplacement des embâcles obstruant la totalité du chenal ;
- vulnérabilité faible : aucun enlèvement mais un suivi annuel.
- cartographier le scénario retenu.

3- Réalisation :

Avant de décider l'enlèvement d'une embâcle, il convient :

- d'évaluer son degré de stabilité (taille des éléments structurants et largeur de la rivière, position, encrage, etc.) car seul un embâcle stable est écologiquement intéressant ;
- d'évaluer la diversité des habitats liés à l'embâcle dans l'eau ou sur berge (couverte, formation d'un banc de graviers amont, mouilles profondes, rétention de matière organique, etc.).

Observations

- La forme des dépôts de bois varie selon la largeur de la rivière. Ils occupent le lit sur les plus petites, jusqu'à le couvrir complètement dans certains cas, mais plutôt les berges sur les plus grandes. **Quelle que soit la taille de la rivière, ils participent à sa diversité écologique.** C'est peut être dans les plus petites qu'ils sont les plus importants.
- Préconiser de laisser certaines embâcles ne signifie en aucun cas ne pas entretenir. Il s'agit d'une action volontaire sur certain tronçon alors que sur d'autres, l'enlèvement est impératif. Ne pas confondre laisser-aller et gestion sectorisée.
- Le problème de l'entretien de la végétation et des embâcles se pose uniquement **sur les petits cours d'eau** lorsque la longueur des fûts formant l'embâcle est supérieure à la largeur du lit.
- De grosses embâcles de bois se sédimentant dans de petites rivières d'eau vive ne posent pas de problèmes d'altération de la qualité des eaux et ne perturbent pas, au contraire, les migrations piscicoles. Dans leur programme de restauration des habitats salmonicoles, les américains réintroduisent des embâcles de bois dans les cours d'eau où s'effectue la reproduction des saumons (Etats d'Oregon et de Washington).
- Laisser des embâcles dans l'eau lorsque cela est possible est une approche de restauration écologique. Elle exige cependant un suivi de la qualité du milieu et un contrôle régulier.

Compléments ...

3D

Entretien réfléchi des embâcles de bois

Contexte juridique

Voir la fiche «entretien régulier de la végétation des berges».

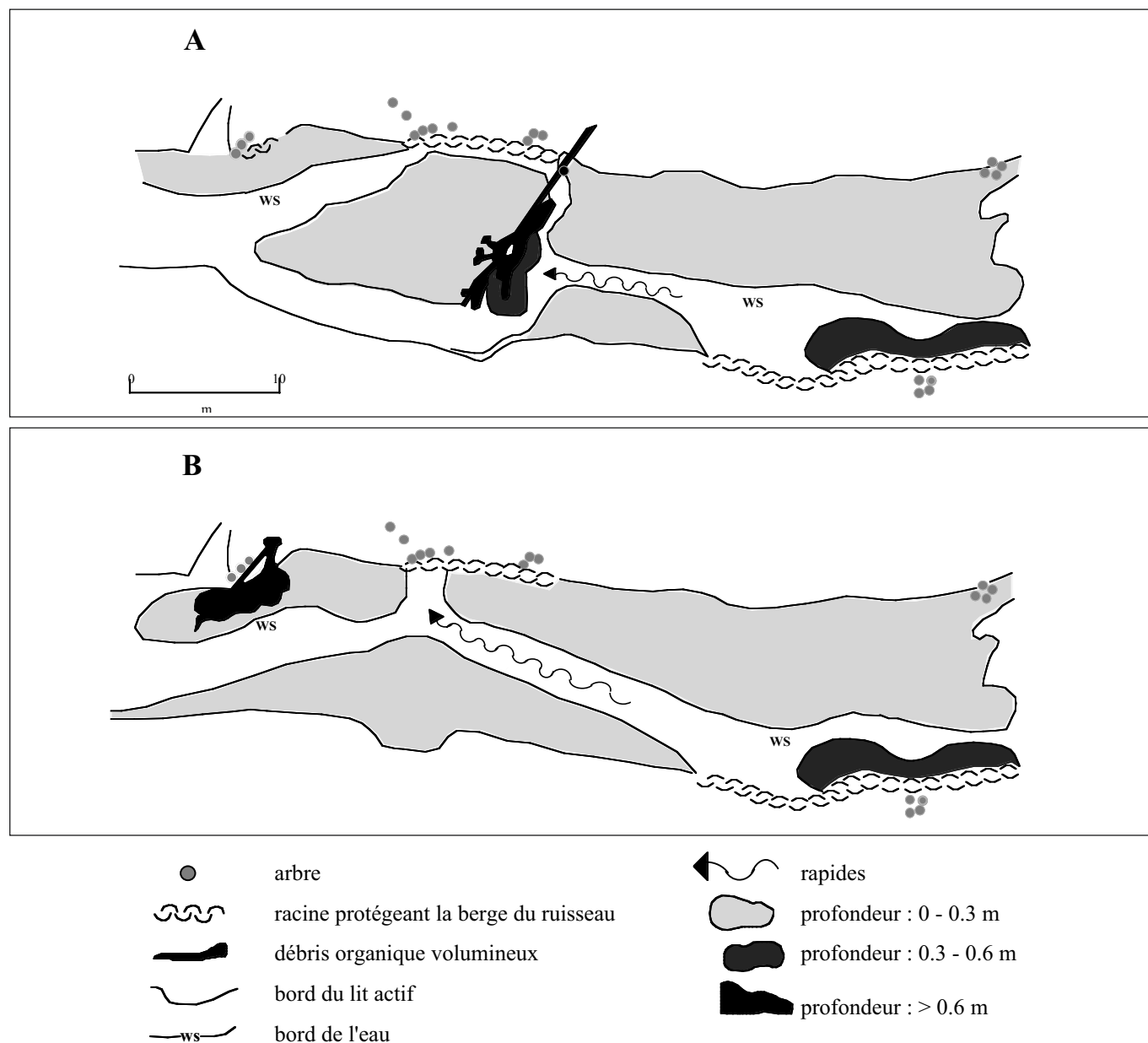


Figure 3.6 : Rapport sur la «Jacoby Creek» en période de faible écoulement, montrant les résultats attendus sur la rive droite liés aux déplacements et à l'immobilisation en une nouvelle position des embâcles de racines et débris qui leurs sont associés. (Août-Septembre 1981) (d'après Lisle, 1981. Reproduit avec la permission de Thomas J. Hassler) in A. Brookes, 1988 *channelized rivers, perspectives for environmental management*, J. Wiley & sons, 326 p.

Action

D-5

Enlèvement d'obstacles à l'écoulement

Objectifs de gestion

- **Inondations**

Nature et objectifs de l'action

Les obstacles à l'écoulement peuvent être végétaux (arbres, souches, etc.) ou minéraux (liés à l'instabilité du cours d'eau et/ou des berges). L'action consiste à enlever par moyens humains et mécaniques, ces objets sur une partie du cours, pour améliorer l'écoulement de l'eau.

Définition du projet

Après s'être assuré que certains éléments ne constituent pas un intérêt essentiel pour d'autres aspects que l'écoulement (variation de courant, abris à poissons, etc.), il s'agit de définir un plan d'action sur une partie du cours d'eau, de l'amont à l'aval.

Mise en œuvre

Selon la dimension du cours d'eau et l'importance des obstacles, les moyens peuvent être plus ou moins importants (matériels légers portés par des hommes ou engins). L'accessibilité peut conditionner l'importance de l'intervention.

Une collaboration entre les communes peut s'avérer nécessaire pour assurer l'efficacité de l'action.

Ce travail doit être l'occasion de réfléchir sur les causes de la présence de ces obstacles et sur les moyens d'y remédier à long terme (réalisation d'un entretien du lit et des berges, etc.).

Impacts

- Risque de dégradation ponctuelle des berges si l'intervention est lourde.
- Risque de détruire certains éléments constituant un intérêt essentiel pour la faune (abri, lieu de ponte...) et ainsi de porter atteinte aux potentialités biologiques.

Contexte juridique

Juridiquement, c'est une opération de curage réalisée :

- soit par les riverains conformément :
 - aux règlements anciens ou aux usages locaux s'ils existent et sont encore adaptés ;
 - à l'arrêté préfectoral ordonnant le curage : les riverains sont alors regroupés en association syndicale (Direction Départementale de l'Équipement ou Direction Départementale de l'Agriculture et des Forêts).
- soit par l'administration en cas d'exécution d'office,
- soit par un département, une commune, un syndicat intercommunal, un syndicat mixte en vertu de l'article 31 de la loi du 3 janvier 1992 (décret du 21/10/1993).

Il existe alors une servitude de passage au profit des personnes réalisant ou surveillant les opérations de curage (article 121 du code rural).

Police des eaux : nécessité d'une autorisation ou d'une déclaration si le volume des matériaux retiré annuellement est supérieur à 1000 m³.

- **Décret n° 59 - 96 du 07.01.1959**
relatif aux servitudes de passage sur les berges

Les riverains des cours d'eau non domaniaux (ou sections) dont la liste est déterminée après enquête, par arrêté préfectoral sont tenus de permettre le libre passage, soit dans le lit du cours d'eau, soit sur les berges, dans la limite d'une largeur de 4 m à partir de la rive, des engins mécaniques servant aux opérations de curage et de faucardage.

Action

Création d'une digue



D-6

Objectifs de gestion

- **Inondations**

Nature et objectifs de l'action

Installation d'une digue sur les marges externes de l'espace de liberté pour protéger les activités du lit majeur contre les crues.

Définition du projet

La hauteur et la résistance de la digue devront être déterminées avec précaution, à partir d'une connaissance fine des hauteurs d'eau pour différents événements (intensité, durée de crue, fréquence).

Il est essentiel, lors du projet, d'analyser les conséquences sur le site, à l'amont immédiat et à l'aval, de la création d'une digue :

- conséquences sur la géomorphologie par concentration des écoulements ;
- diminution des échanges avec la nappe ;
- problèmes de l'assainissement pluvial des bâtiments "protégés".

Des digues devraient toujours être dissymétriques et leur rupture doit toujours être envisagée.

Mise en œuvre

Il faut éloigner le plus possible la digue du lit mineur, voire du lit moyen : plus elle sera éloignée du bord, moins elle perturbera le fonctionnement du milieu, et moins elle sera haute et coûteuse. La continuité de l'ouvrage sur tout le linéaire menacé est indispensable à son efficacité. Cette action ne doit être envisagée que dans des zones déjà fortement urbanisées.

Impacts

- Cette action ne peut en aucun cas être envisagée dans une politique de gestion intégrée des milieux. Elle est incompatible avec la préservation du milieu aquatique si elle est réalisée à l'intérieur de l'espace de liberté du cours d'eau ;
- cette action déplace le lieu où se produisent les inondations ; elle peut même en aggraver les conséquences en les repoussant vers l'aval ;
- réduire une fréquence d'inondation peut conduire à aggraver les conséquences des débordements, lorsqu'ils ont lieu ;
- l'action contraint fortement les usages liés aux berges et influe sensiblement sur la valeur paysagère.

Contexte juridique

Respect des règles d'urbanisme et du règlement du P.O.S. le cas échéant.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi que leurs groupements et aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Si existence d'un P.E.R. : possibilité de limiter les ouvrages dans les zones de submersion.

Possibilité de recours à l'expropriation du fait de l'intérêt général que présentent les travaux.

- **Circulaire du 24/01/94**

Autorisation pour la modification du mode d'écoulement des eaux.

Action

Reprofilage du lit moyen



Objectifs de gestion

• Inondations

Nature et objectifs de l'action

Consiste à redonner au lit «vif» de la rivière un profil en travers compatible avec le débit moyen et laissant transiter sans difficulté la crue «usuelle» (crue annuelle à bien-nale).

Par définition, le reprofilage doit respecter dans une certaine mesure le tracé naturel du cours d'eau par opposition au recalibrage.

Définition du projet

Les travaux de reprofilage sont définis par l'étude hydraulique préalable qui doit donner des indications sur «le profil type» de la section.

Au-delà du simple problème hydraulique, la définition du projet doit prendre en compte les problèmes de tenue des berges, de géomorphologie, de végétation et d'écologie du milieu en général.

On aboutira dans ce cadre à un projet privilégiant des interventions légères éliminant par touches successives les points d'étranglement hydraulique, reprofilant légèrement certaines berges, adoucissant certains méandres, etc.

Un reprofilage doit le plus souvent être accompagné de travaux complémentaires : végétalisation des berges reprofilées, protection, seuils de stabilisation, etc.

L'étude préalable doit en outre définir avec précision la période préférable pour la réalisation des travaux et leurs modalités de réalisation.

Mise en œuvre

Un reprofilage implique l'utilisation de moyens mécaniques relativement lourds : pelle hydraulique, bulldozer, etc..

Sa mise en œuvre nécessite donc une attention toute particulière sur les conditions d'intervention de ces engins.

Suivant les cas, on privilégiera une intervention à partir du cours d'eau lui-même ou à partir des berges suivant la fragilité du milieu aquatique et du milieu terrestre.

Observations

Une opération de reprofilage du lit moyen est souvent rendue nécessaire du fait du manque d'entretien régulier du lit et des berges. Pour éviter d'avoir à renouveler une telle intervention traumatisante, il convient de veiller régulièrement à cet entretien.

Impacts

- Même léger, un reprofilage est toujours un traumatisme pour le milieu et, est à tout prix à éviter en pratiquant un entretien régulier du lit et des berges ;
- risque de dégradation des berges lors des interventions lourdes.

Contexte juridique

Police des eaux : nécessité d'une autorisation.

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**
(procédure d'autorisation et nomenclature des travaux)

Sont soumis à autorisation tous travaux modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

(La rectification de lit est soumise à autorisation).

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Il existe alors une servitude de passage au profit des personnes réalisant ou surveillant les opérations (article 121 du code rural).

- **Décret n° 59 - 96 du 07.01.1959**
relatif aux servitudes de passage sur les berges

Les riverains des cours d'eau non domaniaux (ou sections) dont la liste est déterminée après enquête, par arrêté préfectoral, sont tenus de permettre le libre passage, soit dans le lit du cours d'eau, soit sur les berges, dans la limite d'une largeur de 4 m. à partir de la rive, des engins mécaniques servant aux opérations de curage et de faucardage.

Il est possible de demander une D.U.P. (pour cause de salubrité publique, ou de libre écoulement des eaux).

Action



D-8

Recalibrage

Objectifs de gestion

• Inondations

Nature et objectifs de l'action

Consiste à reprendre en totalité le lit et les berges du cours d'eau dans l'objectif prioritaire d'augmenter la capacité hydraulique du tronçon. Cela implique donc l'accélération des flux donc l'augmentation des risques de crues en aval.

Il s'agit d'une intervention lourde modifiant profondément le profil en travers et le plus souvent le profil en long de la rivière, aboutissant à un milieu totalement modifié : suppression de la végétation rivulaire, destruction de l'habitat piscicole, etc..

Ce type d'action, destructrice pour le milieu et entraînant une augmentation des crues à l'aval, est fortement déconseillé. En effet, ce type de projet ne devrait pas être décidé car une étude préalable complète du bassin versant et de la rivière jusqu'à sa confluence indispensable met en évidence les impacts catastrophiques causés par une telle action sur le milieu.

Définition du projet

Le projet est avant tout défini par une étude hydraulique préalable qui analyse le comportement de l'ouvrage pour différents scénarios hydrologiques.

Jusqu'à présent, trop de projets se sont contentés de la seule approche hydraulique.

Mise en œuvre

Par définition, le recalibrage est une intervention nécessitant des engins lourds de terrassement.

Le recalibrage proprement dit est accompagné de travaux nécessairement soignés de confortement de berges, plantations d'espèces végétales adaptées, etc...

Ces travaux relèvent non pas d'entreprises de travaux publics classiques mais d'entreprises spécialisées (entretien des espaces naturels, etc.).

Impacts

Le recalibrage relève d'une logique purement hydraulique mal comprise et non d'une démarche de gestion intégrée. Traumatisante pour le milieu, cette intervention nécessite d'importants moyens techniques et financiers. De plus, on peut se demander quelle est la pérennité d'une telle action. Il entraîne une artificialisation totale du milieu qui nécessite toujours des entretiens récurrents importants.

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation tous travaux modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

(La rectification de lit est soumise à autorisation).

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Action



Coupure de méandres

Objectifs de gestion

• Inondations

Nature et objectifs de l'action

Le méandre est une forme naturelle de la rivière. C'est l'expression d'un équilibre dynamique résultant des composants physiques du milieu (débit, morphologie, pente, etc.) et à l'origine le plus souvent de caractéristiques biologiques particulièrement riches et diversifiées.

Sur un plan strictement hydraulique, un méandre peut être considéré comme «gênant» car ne facilitant pas le passage de crues (source d'inondation, d'un lâcher, etc.). Pour lutter contre cet inconvénient, la technique consiste à recouper le méandre pour raccourcir le tracé de la rivière, augmenter la pente et augmenter ainsi la capacité de transit du tronçon, donc accélérer les flux avec le risque d'augmenter les crues à l'aval. Ces actions vont à l'opposé des actions de reméandrages souvent préconisées tant pour la préservation du milieu que pour réduire les risques d'inondation à l'aval.

La coupure de méandre est un aménagement «contre nature», qui, si il est réalisé trop largement, provoque de profonds bouleversements du milieu et complique sa gestion ultérieure.

Définition du projet

Trois types de coupures étaient pratiqués :

- coupure totale : elle implique la déconnexion complète de l'ancien méandre ;
- coupure sèche ;
- coupure avec création d'îlot.

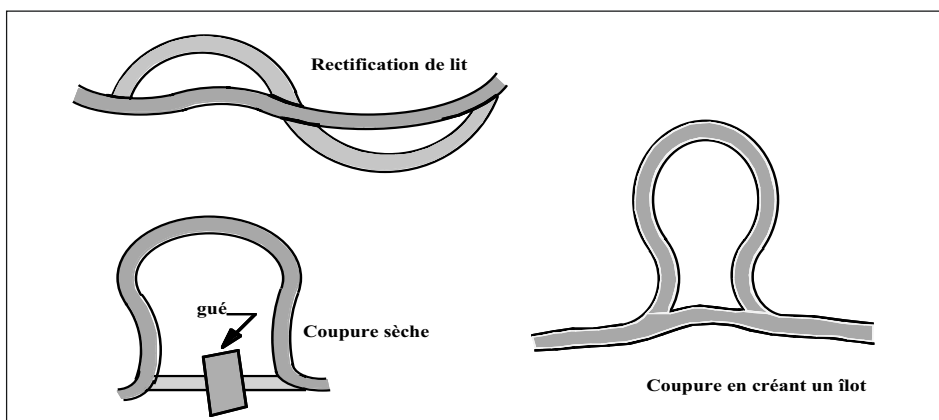


Figure 3.7

Toute coupure de méandre est accompagnée de seuils de stabilisation et d'ouvrages de protection des berges.

Impacts

On l'a dit, la coupure de méandre est une intervention traumatisante. Sur le plan du milieu naturel, il conviendra de privilégier une solution permettant le maintien en eau du méandre recoupé, pour lui permettre de continuer à assurer sa fonction biologique (zone de frayère, de production d'invertébrés, etc.).

Rappelons que la suppression systématique de tous les méandres d'une rivière, qui correspond à un recalibrage généralisé, provoque un profond bouleversement du milieu dont la gestion s'est révélée presque systématiquement très difficile (enfouissement du lit, tendance à «reméandrer», etc.).

Contexte juridique

Police des eaux : nécessité d'une autorisation.

- art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92
- décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93

Sont soumis à autorisation tous travaux modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

(La rectification de lit est soumise à autorisation).

- art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92
- art. 175 à 179 du code rural

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Action



D-10

Création d'une retenue en eau**Objectifs de gestion**

- **Inondations**
- Ressource

Nature et objectifs de l'action

La création d'une retenue sur une rivière est le plus souvent liée à un objectif de protection contre les crues. Cependant, de nombreux autres objectifs peuvent être poursuivis, comme le soutien d'étiage, le développement de loisirs nautiques, la création d'un stock pour l'irrigation, l'alimentation en eau potable, la production d'énergie, etc...

Ces objectifs peuvent parfois être complémentaires. Ils se révèlent cependant souvent conflictuels à l'usage. Pour éviter des problèmes graves, il est indispensable de bien les hiérarchiser et de définir clairement les modalités de gestion ultérieure de la retenue.

Définition du projet

La disponibilité d'un site propice à l'implantation du barrage est souvent l'élément déterminant du projet.

Les principaux aspects à étudier concernent :

- la géologie du site (perméabilité, présence de matériaux pour la construction de la digue, stabilité des berges, etc.) ;
- la hauteur de marnage, en relation avec les volumes d'eau à stocker, qui dépendent eux-mêmes des usages retenus ;
- les incidences sur le fonctionnement de la rivière : (transports solides, caractéristiques piscicoles, faune invertébrée, température, qualité de l'eau, etc.) ;
- les incidences sur le milieu (paysage, présence d'une faune ou d'une flore à protéger, relations avec la nappe, etc.) ;
- les incidences sur les usages (valeur culturelle ou historique du site, disparition d'un parcours de pêche sportive, modalités d'accueil des nouveaux usages, etc.) ;

- le fonctionnement de l'ouvrage après sa réalisation (risque d'eutrophisation, risque de relargage de sédiments, etc.) ;
- le statut juridique des sols.

Mise en œuvre

Outre les aspects constructifs, la mise en œuvre d'une retenue d'eau doit s'accompagner de la définition précise de ses modalités de gestion :

- choix d'une régulation des débits entrant et sortant pour les différents mois de l'année (et donc des niveaux de remplissage de la retenue) ;
- définition claire des fonctions de la retenue permettant de gérer les usages et les accès dans le temps (selon la saison) et éventuellement dans l'espace.

Observations et impact

Il s'agit d'une action lourde de restructuration, susceptible de fortement perturber le milieu.

Les impacts peuvent être les suivants :

- modification du transport solide et de la morphodynamique ;
- augmentation de la température et diminution de l'oxygénation, donc augmentation du risque de dystrophie ;
- modification de la population piscicole ;
- rupture de la continuité aval-amont (exigence de construction de passes à poissons sur certaines rivières classées) ;
- suppression des zones lotiques potentiellement intéressantes (frayères).

Un deuxième type de problème consiste à régler les conflits d'usages induits par la création de la retenue.

Compléments ...

Création d'une retenue en eau

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation ou déclaration toutes installations, ouvrages, travaux prélevants, modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

Tout ouvrage entraînant une différence de niveau de l'eau de 35 cm est soumis à autorisation. L'autorisation est accordée après enquête publique et le cas échéant pour une durée déterminée.

L'autorisation peut être retirée ou modifiée sans indemnité de la part de l'Etat dans l'intérêt de la salubrité publique, pour prévenir des inondations, pour protéger les milieux aquatiques soumis à des conditions hydrauliques critiques non compatibles avec leur préservation, ou si les ouvrages sont abandonnés ou ne font plus l'objet d'un entretien.

Etude d'impact si coût > 12 M. de francs.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Action

D-11

Création d'une retenue à sec

Objectifs de gestion

- **Inondations**
- Ressource

Nature et objectifs de l'action

Il s'agit de créer une zone d'expansion des crues de la rivière, généralement sur une partie aménagée de son lit majeur. Cette action a essentiellement pour objectif de diminuer la sévérité des crues à l'aval. Un des objectifs associés possible est l'utilisation de la zone concernée, soit dans un objectif de préservation et de conservation du milieu naturel, soit dans le but de créer un usage de loisirs (terrains de sport, zone verte) ou autre (zone de stationnement, zone agricole, etc.).

Définition du projet

La disponibilité d'un site favorable à l'épandage de la crue est l'élément déterminant du projet. Les zones naturelles d'expansion devront de ce fait être envisagées en priorité.

Le projet devra essentiellement viser à une utilisation optimum du volume de stockage disponible par la mise en oeuvre judicieuse de digues et de seuils permettant dans un premier temps la surverse des débits excédentaires vers la retenue, puis dans un second temps, sa vidange.

Selon les usages associés sur la zone concernée, les études nécessaires pourront être extrêmement variées. Cependant, dans tous les cas, les points suivants, mériteront d'être analysés :

- capacité du site et laminage induit de la crue ;
- règles de gestion de la retenue (estimation de la fréquence d'usage). Cet aspect est prépondérant pour choisir les autres usages de la zone ;
- les incidences sur le milieu (modifications : paysage, faune, flore, relations avec la nappe, etc.) ;
- le statut juridique des terrains concernés.

Mise en oeuvre

La mise en oeuvre sera fortement dépendante de la topographie du site et des usages envisagés sur la zone d'expansion de la crue. Une règle générale sera d'utiliser au mieux la topographie existante plutôt que d'envisager des aménagements très artificiels. En cas de besoin, une vidange de la retenue par pompage pourra être nécessaire.

Le volume de la retenue devra être mis en relation avec le volume de la crue.

Le débit de vidange devra être mis en relation avec le temps pendant lequel la zone peut être submergée (qui dépend des usages pratiqués et des équipements installés).

Observations

Dans la plupart des cas, la meilleure solution consistera à optimiser le fonctionnement des zones naturelles d'expansion de la crue (construction de digues, d'ouvrages limitateurs de débit, creusement, etc.).

La principale difficulté (surtout si les aménagements réalisés sont légers) réside dans le contrôle du foncier et des usages pratiqués de façon à évaluer des dégâts importants lors du fonctionnement de la retenue.

Compléments ...

Création d'une retenue à sec

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation ou déclaration toutes installations, ouvrages, travaux prélevants, modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

L'autorisation est accordée après enquête publique.

Police des rejets : autorisation ou déclaration si évacuation d'eaux pluviales mais exemption si la surface desservie est inférieure à un hectare.

- **art. 130 nouveau de la loi du 4/01/1993 du code minier**

Police des carrières : risque d'être soumis à autorisation lorsque les matériaux extraits sont commercialisés.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales, à leurs groupements et aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.



Photo 3.5 : Exemple de retenue à sec.
Le marais de Lavours en période sèche.



Photo 3.6 : Exemple de retenue à sec.
Le marais de Lavours en période d'inondation

Action

Création d'un chenal évacuateur de crue

D-12

Objectifs de gestion• **Inondations****Nature et objectifs de l'action**

L'aménagement consiste à créer un chenal artificiel qui «court-circuite» le lit naturel de la rivière et dont la fonction est d'évacuer les débits de crue excédentaires à l'origine de problèmes de débordement. Le chenal prend naissance en amont de la zone sensible à ces débordements et rejoint la rivière à l'aval.

Définition du projet

Dans son principe, le chenal évacuateur de crue n'est utilisé que pour des événements hydrauliques de forte intensité. Il doit donc être conçu sur la base d'une étude hydraulique fine permettant un bon dimensionnement mais aussi une bonne tenue à la fois des berges et des ouvrages.

Compte-tenu de sa fonction, le chenal évacuateur aura fréquemment une pente plus élevée que la pente d'équilibre de la rivière. On sera donc amené à veiller particulièrement aux problèmes de tenue du profil en long qui seront souvent résolus par la mise en place de seuils de stabilisation : amont, aval mais aussi intermédiaires.

Malgré sa fonction essentiellement hydraulique, il convient de veiller aussi à une meilleure intégration possible dans le site par végétalisation et plantation des rives. Il ne faudra pas non plus négliger dès le départ le problème de l'entretien ultérieur, qui se pose fréquemment au niveau notamment du lit, qui, n'étant pas en eau en temps normal, se végétalise très rapidement.

Impacts

Le chenal évacuateur de crue relève d'une logique purement hydraulique de protection contre les inondations et à ce titre ne rentre pas, à proprement parler, dans une logique «d'aménagements doux». En outre, il risque **d'augmenter la fréquence et l'importance des inondations à l'aval du site**. Ceci étant, lorsque l'enjeu est clairement identifié, il présente l'avantage de mieux préserver la rivière naturelle que des techniques comme le recalibrage généralisé. Le chenal n'étant en eau qu'en période de crue, il est possible d'envisager d'autres fonctions en dehors de ces périodes (exemple d'un tunnel routier à Nice).

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation tous travaux modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

Autorisation pour tout canal d'une section supérieure à 10 m².

Etude d'impact si coût > 12 M. de francs.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

E - Gestion de l'érosion

Introduction

Dans cette section ont été rassemblées les actions destinées principalement à la lutte contre les érosions et l'évolution géomorphologique des cours d'eau.

De même que les risques d'inondation, les phénomènes géomorphologiques d'enfoncement des lits et d'érosion de berges peuvent être liés aux modifications des conditions d'écoulement. En effet une rivière est normalement en équilibre avec son lit en raison des interactions complexes entre l'écoulement liquide et les transports solides associés. Toute modification des conditions d'écoulement ou des conditions du transport solide, entraîne donc des déséquilibres plus ou moins importants que le cours d'eau peut avoir du mal à gérer. Il s'ensuit des problèmes d'entretien coûteux de ces aménagements (curage régulier des recalibrages ou nécessité d'un seuil de stabilisation si le déséquilibre est trop grand) et, là encore, cela mène à une artificialisation généralisée du milieu car les problèmes traités ici se répercutent généralement ailleurs.

Aussi les actions présentées ci-après ne doivent être retenues qu'en cas d'absolue nécessité, après en avoir pleinement identifié les effets tant sur les parties amont et aval du bassin versant que sur les autres fonctions de la rivière (diversité des milieux et qualité biologique, qualité de l'eau, gestion de la ressource en eau, qualité paysagère, etc.). Ces solutions ne doivent être que des mesures complémentaires à une meilleure gestion de l'occupation des sols prenant en compte explicitement le risque d'inondation ou la nécessité d'un espace de liberté minimum à laisser aux rivières pour que les phénomènes naturels de dissipation d'énergie en particulier se produisent sans dommage.

Les actions présentées en relations directes avec l'objectif de gestion de l'érosion sont les suivantes :

- E-1 l'implantation d'un seuil de fond ;
- E-2 le rachat de terrain ;
- E-3 la protection des berges par techniques végétales ;
- E-4 la protection des berges par enrochement ;
- E-5 la création de déflecteurs de courant.

Action

E-1

Implantation d'un seuil de fond

Objectifs de gestion

- **Erosion**
- Milieu aquatique
- Qualité des eaux

Nature et objectifs de l'action

De très nombreuses rivières peuvent présenter, du fait de causes naturelles ou artificielles (extractions, etc.), une tendance à l'enfoncement du profil en long, à l'origine de problèmes divers et variés : abaissement de la nappe alluviale, déstabilisation des berges, atteinte d'un substrat peu favorable à la faune aquatique, etc...

L'aménageur peut alors tenter de bloquer cette évolution du profil en long par la mise en place de points durs calés au fond du lit et limitant donc son enfoncement.

Définition du projet

La définition technique d'une cellule seuil nécessite des compétences affirmées en hydraulique et géomorphologie. Ouvrage destiné à subir de très fortes contraintes et à participer à la dissipation d'énergie de la rivière, il doit être dimensionné en fonction des données hydrauliques, de la nature du fond du lit, de la topographie, etc...

Le plus souvent, sur une rivière à fond mobile, le matériau le plus adapté sera l'enrochement libre qui présente les avantages d'une nécessaire souplesse, d'une construction relativement aisée et d'une bonne capacité à s'intégrer à l'environnement (compatibilité avec la vie piscicole en particulier).

D'une façon générale, le maître d'ouvrage devra veiller particulièrement :

- au dimensionnement et à l'arrangement des blocs entre eux ;
- au calage de l'ouvrage à l'amont et à l'aval (butée de pied) ;
- à la réalisation d'une protection des berges associées ;

Certains seuils de fond pourront être réalisés également avec des palplanches, du béton et/ou des matériaux plus rustiques sur petits les cours d'eau (bois, etc.).

Mise en œuvre

Celle-ci nécessite l'intervention d'une entreprise spécialisée, notamment pour les ouvrages sur enrochements. Le soin apporté à l'aménagement des blocs entre eux sera déterminant pour la tenue de l'ouvrage.

La réalisation d'un seuil devra être prévue en dehors des périodes critiques pour la vie aquatique (période de frai des poissons en particulier).

Observations et impacts

Un seuil de fond est un ouvrage hydraulique lourd qui nécessite beaucoup d'attention et de maîtrise de la part du concepteur.

Par définition, il convient d'insister sur la nécessité de caler le seuil au niveau actuel du fond de la rivière. L'objectif est en effet de stopper l'évolution en cours et non pas de créer un nouveau déséquilibre : un seuil calé au dessus du niveau de la rivière bloque temporairement (selon la hauteur) le transit de la charge de fond et induit un déficit de matériaux pour l'aval, d'où des problèmes probables d'afouillement de l'ouvrage, d'abaissement du profil, etc.

La mise en place d'un seuil de fond peut augmenter le risque d'eutrophisation.

Compléments ...

Implantation d'un seuil de fond

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation ou déclaration toutes installations, ouvrages, travaux prélevant, modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

Tout ouvrage, entraînant une différence de niveau de 35 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage, ou s'il constitue un obstacle à l'écoulement des crues, est soumis à autorisation. L'autorisation est accordée après enquête publique et le cas échéant pour une durée déterminée.

L'autorisation peut être retirée ou modifiée sans indemnité de la part de l'Etat dans l'intérêt de la salubrité publique, pour prévenir des inondations, pour protéger les

milieux aquatiques soumis à des conditions hydrauliques critiques non compatibles avec leur préservation, ou si les ouvrages sont abandonnés ou ne font plus l'objet d'un entretien.

Etude d'impact si coût > 12 Millions de francs.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

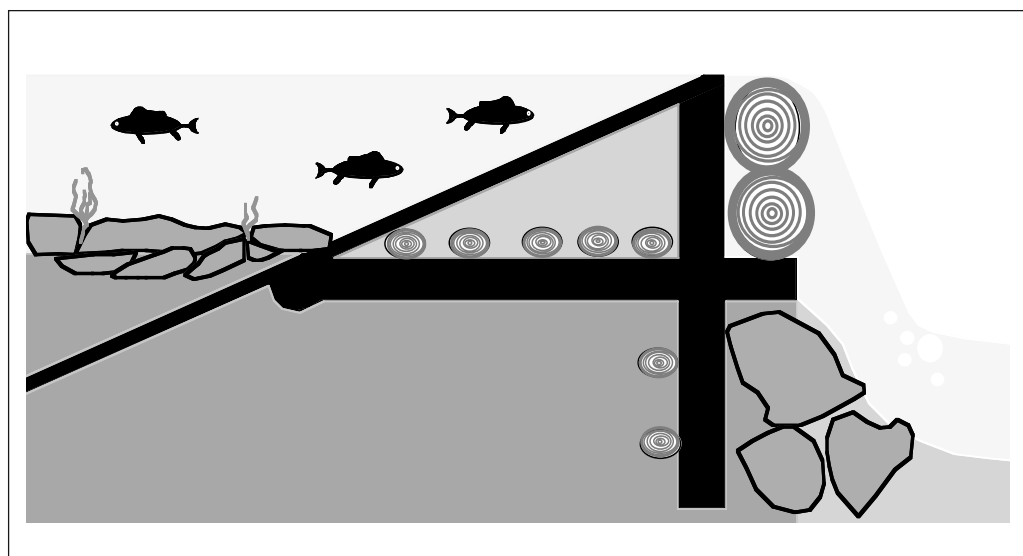


Figure 3.8 : Seuils à troncs superposés et à tablier de planches pour les cours d'eau ou secteurs de cours d'eau de 3 à 8 m de largeur moyenne

Action

E-2

Le rachat de terrain**Objectifs de gestion**• **Erosion****Nature et objectifs de l'action**

La dynamique de certaines rivières engendre une mobilité horizontale du chenal et la perte de terrains riverains. Ce phénomène, généralement mal perçu par les propriétaires fonciers, constitue pourtant sur certaines rivières une condition majeure de l'équilibre du milieu. Aussi, laisser divaguer la rivière peut être parfois une décision sage de gestion de la ressource en eau, mais elle peut nécessiter l'acquisition de terrains.

A partir de la connaissance de la dynamique globale, de l'enjeu local et des perspectives d'évolution de l'érosion, il est possible de définir une démarche qui permet d'intervenir en toute connaissance des effets.

Il s'agit ainsi d'une démarche alternative à une protection des berges ; nous précisons les situations dans lesquelles un rachat de terrain peut être préconisé.

Définition du projet

Il s'agit de juger de la pertinence du rachat de terrain dans le but de mieux gérer les problèmes liés à l'érosion des berges selon les caractéristiques morphodynamiques de la rivière.

Mise en œuvre

Il est fondamental d'identifier le type de rivière sur lequel le problème se pose, en étudiant notamment ses caractéristiques géomorphodynamiques (cf. les fiches méthodes correspondantes). A partir de différentes sources historiques, il convient de mettre en évidence la mobilité horizontale du lit (vitesse et orientation notamment).

S'il s'agit d'une rivière à lit stable, c'est-à-dire qui n'intègre pas l'érosion de berge dans son fonctionnement, la solution du rachat n'est a priori pas la mieux adaptée. Peut-être convient-il de préconiser une protection végétale.

En revanche, si la rivière présente une dynamique latérale active, il est souhaitable de lui conserver, voire de restaurer, son espace de divagation pour assurer une gestion équilibrée et durable du milieu. Il s'agit alors d'établir un zonage «érodabilité», c'est à dire :

- évaluer le déplacement du chenal (vitesse, orientation, tendance évolutive) afin de déterminer la vulnérabilité. Une cartographie typologique de cet espace, fondée sur un gradient de vulnérabilité, est la première tâche à accomplir.
- évaluer l'enjeu (type d'occupation) et ouvrir les discussions avec les riverains. Il convient de préciser que le rachat sur 1 m linéaire de berge de terrains sur 30 m de largeur représente un coût de l'ordre de 60 francs contre 1000 à 3000 francs par mètre linéaire d'enrochement.

Observations

Cette approche présente un intérêt écologique et économique majeur. Elle est d'un faible coût et permet de résoudre le problème de l'érosion à l'échelle d'une vallée car, sur certaines rivières, l'érosion est permanente et les endiguements sont souvent endommagés.

En outre, elle permet à la rivière de conserver son équilibre fonctionnel physique et biologique et relève donc d'une gestion durable.

Elle reste néanmoins encore difficile à mettre en œuvre compte tenu :

- 1) des réticences des riverains pour des raisons non pas économiques (ces terrains sont souvent de médiocres qualités) mais pour des raisons affectives et patrimoniales.
- 2) de la difficulté à trouver des maîtres d'ouvrage susceptibles de mener à bien cette démarche à l'échelle d'un espace intercommunal et parfois interdépartemental.

Impact/limites d'usages

Risque d'accroître localement l'inondation mais de la réduire à l'aval.

Autres solutions :

- protection végétale
- protection minérale
- déflecteurs de courants

Contexte juridique

Statut de propriété

Action

E-3

Protection des berges par techniques végétales**Objectifs de gestion**

- **Erosion**
- Végétation riveraine
- Milieu aquatique (préservation des habitats)

Définition du projet

Il s'agit d'une technique alternative à des protections minérales. Elle apparaît tout à fait appropriée pour les cours d'eau sur lesquels l'érosion n'est pas un des éléments fonctionnels et permet de protéger des berges dégradées.

Il s'agit d'offrir une solution efficace à un problème de protection des sols à un coût de réalisation raisonnable. Par ailleurs, ces techniques permettent également de poursuivre d'autres objectifs, même s'ils sont secondaires, qui constituent leur intérêt comparativement aux procédés habituellement utilisés par le génie civil : maintenir une certaine diversité d'habitats, conserver une morphologie «naturelle», respecter une distribution étagée de la végétation, minimiser l'impact biologique et paysager de l'ouvrage protecteur.

Les végétaux sont avant tout utilisés pour leurs fonctions *biotechniques*, à savoir :

- l'absorption des contraintes mécaniques ;
- la stabilisation du sol au moyen des racines ;
- le drainage du sol (évapotranspiration, etc.) ;
- la bonification du sol en substances humides, etc..

La protection est assurée par des matériaux végétaux. Le choix est fonction du courant, de la profondeur du lit, de la pente des berges, de la qualité de l'écosystème aquatique, de la nature du substrat et de la valeur paysagère souhaitée.

Mise en œuvre

Le clayonnage est réalisé à partir de branches coupées, éventuellement fixées par des piquets, permettant aux limons de se déposer dans les branchages et de reconstituer la berge érodée.

Le tunage est une palissade composée de troncs enfoncés le long de la berge, derrière lesquels des planches et des fagots sont disposés.

Le fascinage est composé de troncs plus espacés entre lesquels sont entrelacés à l'horizontale des branches de quelques centimètres de diamètre (fascines).

Le fascinage et le clayonnage offrent des habitats intéressants à la faune aquatique. Le grillage peut remplacer les fascines.

La durée de vie de ces aménagements est fonction du choix des bois. Il est préférable d'utiliser des bois durs et résistants contre les vers (chêne, châtaignier, robinier, mélèze, etc.). De même, les branchages à utiliser pour la confection des fascines doivent être durs et souples, comme par exemple le saule, l'aulne, le noisetier, le frêne, le hêtre, etc...

Ces techniques de protection sont surtout utilisables dans des substrats meubles où les pierres pourront être enfoncées, soit manuellement, soit à l'aide d'une pelle mécanique ou d'une lance à eau.

Elles sont la plupart du temps combinées avec une végétalisation des berges.

Impact/limites d'usages

- Méthode inappropriée à la préservation ou à la restauration de la diversité écologique pour des cours d'eau sur lesquels l'érosion est un élément fonctionnel ;
- Risque d'accroître localement l'inondation à moyen terme si la végétation n'est pas entretenue.

Autres solutions

- protection minérale ;
- rachat de terrains ;
- déflecteurs de courants.

Contexte juridique

- **Article 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **Décret 93-742 et 743 du 29/3/93**

Sont soumis à autorisation tous travaux modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

- **Article 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **Article 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Références bibliographique

- BERNARD LACHAT
Guide de Protection des berges de cours d'eau en techniques végétales
Ministère de l'Environnement, 143 pages, 1994.

3E

Action

Protection des berges par enrochement



E-4

Objectifs de gestion

• Erosion

Nature et objectifs de l'action

Attention : Il s'agit d'une action devant rester exceptionnelle et localisée.

La consolidation des berges comprend tout ouvrage minéral de protection qui vise à maintenir la stabilité des terres en dépit de l'action de l'eau. Une bonne protection des berges ralentit du même coup l'envasement. La connaissance des causes d'érosion sera indispensable pour orienter les actions à entreprendre.

Définition du projet

La protection est assurée par des matériaux minéraux situés sur la berge ou perpendiculairement à elle, continus ou discontinus selon l'objectif de protection et le coût du projet.

Parmi les matériaux disponibles, on pourra choisir :

- des enrochements naturels, soit en totalité, soit en partie supérieure ;
- des matériaux artificiels : éléments en béton, palplanches métalliques, étanchéification, gabions, etc..

Mise en œuvre

- **Les enrochements** : le dimensionnement est fonction de la vitesse du courant, de la profondeur du lit, de la pente des berges (pente inférieure à 2/3). La mise en place d'un filtre (géotextile ou granulaire) sous les enrochements est obligatoire.
- **Les plaques en béton** : des dalles préfabriquées en béton sont posées sur la berge et fixées entre elles pour assurer une protection mécanique rugueuse réduisant la vitesse du courant, d'où leur efficacité particulière contre le batillage. La protection ne doit pas avoir un rôle de soutènement : respecter l'angle de stabilité naturelle du talus sous l'eau. Les matériaux, très variables suivant les fournisseurs, doivent comporter des trous permettant le développement de la végétation.
- **Les palplanches** : il s'agit d'un rideau de profilés métalliques résistant à la flexion. Les avantages de cette technique sont la facilité et la rapidité de mise en place, le mode de protection efficace et durable (lorsque la largeur du cours d'eau est faible et l'effet des courants est important). Les inconvénients sont l'appauvrissement de l'écosystème

aquatique, son coût et la difficulté du dimensionnement de par l'incertitude sur la poussée des terres.

- **Les gabions** : sont constitués de cages en grillage galvanisé ayant la forme d'un parallépipède rectangle, que l'on remplit de cailloux. Ils doivent être disposés en quinconce et ligaturés entre eux de façon à former un bloc compact. L'emploi de filtre est souvent nécessaire pour éviter l'entraînement des fines.
- **Les géotextiles** : ont pour rôle d'empêcher le départ des matériaux fins sous la protection choisie, de drainer et de renforcer cette protection. Le géotextile est composé de fibres imputrescibles, il a une bonne tenue au vieillissement, sa perméabilité est supérieure à celle du terrain, il présente une forte résistance et une faible déformation aux efforts tranchants et aux efforts de poinçonnement. Les ancrages des extrémités et le placage du géotextile sont essentiels pour assurer une bonne efficacité.

Impacts

- réduction de la qualité paysagère et écologique des berges ;
- modification des conditions hydrauliques et morphologiques (incision du lit parfois à l'origine d'une déstabilisation de l'ouvrage).

Aucune technique de protection des berges ne convient réellement pour une bonne recolonisation végétale et animale. Pour répondre à la fois à une amélioration de la qualité écologique de la berge mais aussi de l'intégration paysagère de la rivière, il convient d'obtenir une diversification des habitats.

En revanche, le talus de la berge sera principalement aménagé pour préserver l'intégration paysagère du cours d'eau, par exemple en limitant la hauteur apparente des berges artificielles ou en réalisant des berges à niveau multiples ; en réalisant des plantations; en favorisant la diversité longitudinale ; en réalisant les pentes les plus faibles possibles.

Il s'agit donc, lorsqu'une protection s'avère réellement nécessaire, de limiter les consolidations en «dur» pour le bas de la berge, le haut pouvant être simplement stabilisé par des plantations ou par recolonisation naturelle. Ceci permet aussi de maintenir quelques talus en terre, verticaux, indispensables pour la nidification de certaines espèces d'oiseaux liés au milieu riverain (martin-pêcheur, hirondelle des rivages).

Ce type d'aménagement favorise également l'accès à la rivière aux promeneurs et aux pêcheurs.

Compléments ...

Protection des berges par enrochement

Autres solutions

- rachat de terrains ;
- déflecteurs de courant ;
- entretien régulier de la végétation des berges ;
- épis, seuils ;
- végétalisation des berges.

Contexte juridique

- **Article 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **Décret 93-742 et 743 du 29/3/93**

Sont soumis à autorisation tous travaux modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

- **Article 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **Article 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

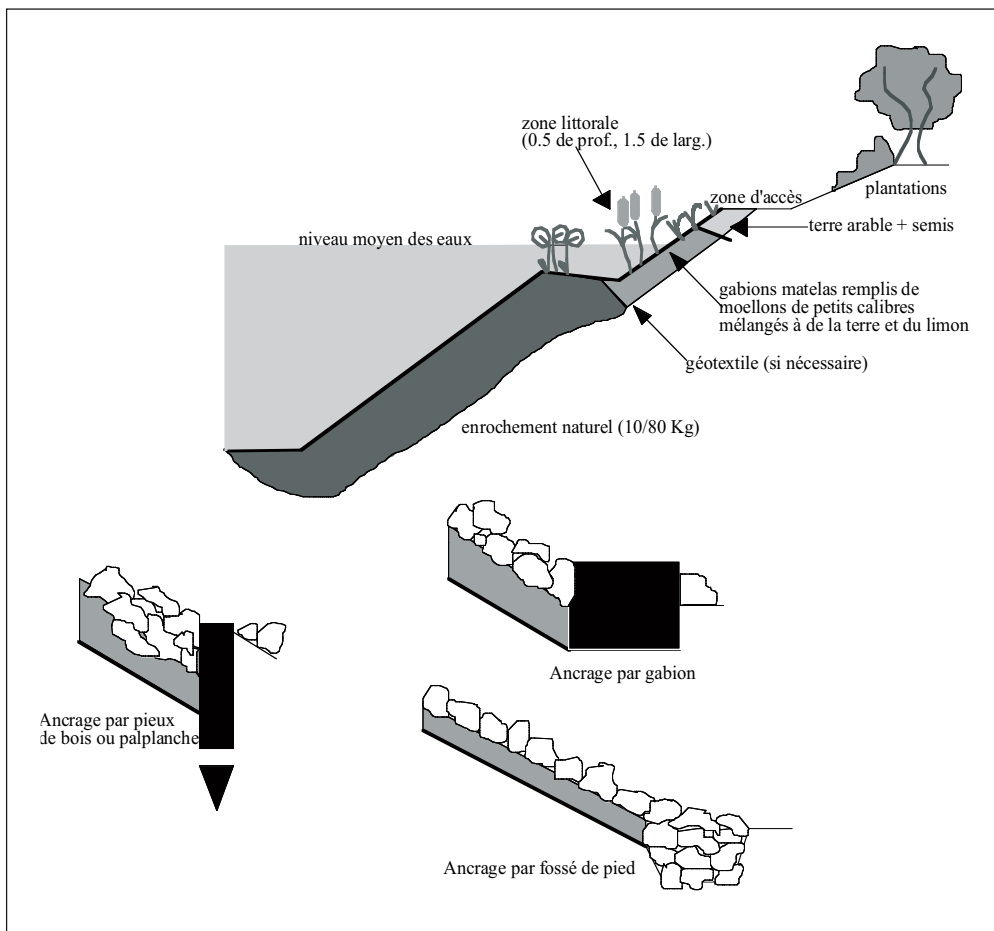


Figure 3.9 : Protection par enrochement naturel et trois types d'ancrage.

Action

Création de déflecteurs de courant



E-5

Objectifs de gestion

- **Erosion**
- Milieu aquatique (préservation des habitats)

Nature et objectifs de l'action

L'objectif des déflecteurs de courant est de ralentir le courant le long des berges, ce qui limite l'érosion, et de permettre un autocurage du milieu du lit par concentration du courant.

Définition du projet

Le choix d'une technique ou d'un matériau tient compte de la largeur du lit, de sa profondeur, du substrat, des exigences piscicoles et du paysage.

Selon l'objectif de concentration du courant ou de sédimentation, le projet définira la longueur des épis, leur écartement, leur orientation par rapport à l'axe de la rivière, leur submersibilité.

Ces techniques permettent des aménagements plus souples qu'une action ou une protection directe des berges.

Mise en œuvre

Les principales techniques utilisées sont des chicanes ou des épis (droits ou en T). Les réalisations sont en gabions, en enrochement, en béton, etc...

Les épis sont plus utilisés en rivières larges peu profondes, à charriage de fond important et qui ont tendance à divaguer.

Impacts

Par définition, ce sont des ouvrages offensifs pour la géomorphologie de la rivière. Ils peuvent avoir un impact hydrodynamique plus important que celui initialement prévu (érosion des berges opposées, etc.). Un épi isolé peut aggraver le phénomène de sédimentation. En revanche, les épis peuvent procurer des abris pour les poissons.

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation ou déclaration tous installations, ouvrages, travaux prélevant, modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

(Tous ouvrages, remblais et épis sont soumis à autorisation.)

L'autorisation est accordée après enquête publique et le cas échéant pour une durée déterminée.

L'autorisation peut être retirée ou modifiée sans indemnité de la part de l'Etat dans l'intérêt de la salubrité publique, pour prévenir des inondations, pour protéger les milieux aquatiques soumis à des conditions hydrauliques critiques non compatibles avec leur préservation, ou si les ouvrages sont abandonnés ou ne font plus l'objet d'un entretien.

Etude d'impact si coût > 12 M de francs.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

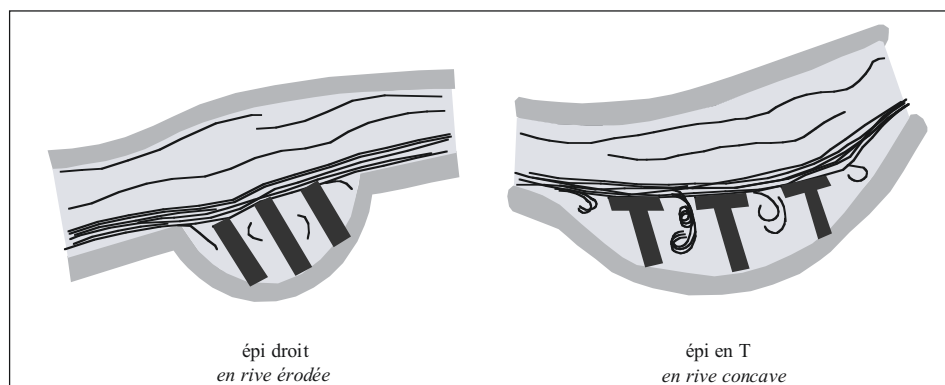


Figure 3.10

F - Gestion quantitative de la ressource

Introduction

Les fiches rassemblées dans cette section ont pour objet de présenter des méthodes visant à assurer un fonctionnement satisfaisant de la rivière pendant les périodes où le débit est le plus faible (étiages).

A la différence des objectifs de qualité, il n'existe pas aujourd'hui d'outils techniques très formalisés permettant d'appuyer une politique de gestion quantitative de la ressource ou des milieux. La loi sur l'eau préconise de mettre en place une gestion équilibrée entre les usages consommateurs d'eau (alimentation en eau potable, irrigation, besoins industriels) et les exigences du milieu ; elle ne donne cependant aucun élément chiffré sur ce que sont les exigences du milieu. De ce fait, les seules références actuellement disponibles sont souvent les débits réservés, tels que définis dans la loi pêche. Or, certaines approches (voir par exemple la fiche sur la méthode des microhabitats) montrent que la définition des exigences du milieu (en particulier des exigences biologiques) ne peut pas se ramener au simple choix d'un débit minimum défini par une fraction du module.

Pour avancer sur ce problème, le SDAGE du Rhône propose de développer la notion d'objectifs de quantité «à l'aval des ouvrages modifiant le régime des eaux ou de tronçons de rivières nécessitant à un titre ou à un autre un suivi et une amélioration de la gestion des débits». Les éléments à prendre en compte pour la définition de ces objectifs sont :

- la préservation du fonctionnement physique de la rivière ;
- la préservation de la capacité auto-épuratoire ;
- la pratique des différents usages.

Il est donc probable que nous observerons une évolution des pratiques dans les années à venir.

Nous supposons ici que les objectifs ont été définis, et que les quantités prélevées pour les usages des consommateurs d'eau ne sont pas modifiables. Quatre actions sont susceptibles d'être utilisées :

- les deux premières visent à soutenir le débit d'étiage, soit par des apports extérieurs (*alimentation artificielle du débit de la rivière*), soit par un stockage provisoire de l'eau (voir la fiche *création d'une retenue en eau* dans le chapitre gestion des risques d'inondation) ;
- les deux autres consistent à mieux gérer les seuils existants sur le cours de la rivière (*restauration ou destruction de seuils*), voire à en créer de nouveaux (*création de seuils de régulation*). Outre une fonction de régulation et de soutien d'étiage, les seuils permettent de créer des zones d'eau relativement profondes même en période d'étiage sévère.

Il est important de signaler que les étiages, tout comme les crues font partie de la vie normale d'une rivière, et qu'il n'est pas nécessairement utile de vouloir à tout prix réduire leur sévérité. Ces actions sont donc normalement à réserver aux cas où les étiages sont aggravés par les prélèvements dus aux usages consommateurs d'eau.

Trois fiches sont présentées :

- F-1 création d'un seuil de régulation ;
- F-2 restauration ou destruction de seuils ;
- F-3 alimentation artificielle du débit de la rivière.

Action

F-1

Création d'un seuil de régulation

Objectifs de gestion

• Ressource

Nature et objectifs de l'action

Le seuil à niveau variable permet de maintenir, en période d'étiage, de débit moyen ou de petite crue, un niveau constant à l'amont du seuil tout en laissant transiter un débit pouvant donc sensiblement varier.

Un tel dispositif permet d'atteindre divers objectifs :

- maintien d'une certaine lame d'eau à l'étiage ;
- alimentation permanente d'une prise d'eau ;
- soutien à la nappe alluviale ;
- remplacement d'anciens ouvrages déteriorés ;
- etc...

Dans sa définition et sa réalisation, un seuil à niveau variable peut participer à l'animation de la rivière : chute d'eau, architecture, etc. et on aura toujours avantage à ne pas négliger cet aspect du problème.

Définition du projet

Deux types de solutions peuvent être préconisés :

- les ouvrages à vannes basés sur le principe des ouvrages de moulins : d'une façon générale, les vannes posent le problème du blocage des corps flottants, et nécessitent donc un dimensionnement en largeur suffisant. Les vannes peuvent être gérées manuellement ou automatisées ;
- les ouvrages à clapet mobile : ces ouvrages sont de plus en plus réalisés. Conçus pour être gérés automatiquement, ils ne posent pas le problème évoqué ci-dessus et présentent l'avantage de pouvoir s'effacer totalement lors de crues importantes. De plus, la technologie actuelle permet une grande précision de gestion de ces clapets.

Quelle que soit la solution choisie, la maîtrise d'oeuvre devra calculer l'ouvrage sur la base d'un calcul hydraulique fin : loi hauteur-débits, modélisation mathématique, influences amont-aval, etc...

Mise en œuvre

Elle ne peut être réalisée que par une entreprise spécialisée dans le domaine.

Un seuil à niveau variable est un ouvrage de génie civil compliqué qui demande à être réalisé suivant les règles de l'art.

La période de réalisation devra être choisie en fonction des contraintes du milieu aquatique : période de basses eaux, en dehors des périodes de frai des poissons, etc...

Il faudra penser à assurer l'entretien du seuil à niveau variable, prévoir une structure de maintenance.

Impacts

Le seuil à niveau variable peut poser, sur certains cours d'eau, un problème de franchissement pour les poissons migrateurs. Il conviendra donc d'envisager éventuellement des dispositifs de franchissement associés (passes, etc.). La coupure de la liaison aval-amont est d'autant plus forte qu'il s'agit d'un plan d'eau permanent.

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation ou déclaration tous installations, ouvrages, travaux prélevant, modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

Tout ouvrage, entraînant une différence de niveau de 35 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage, ou s'il constitue un obstacle à l'écoulement des crues, est soumis à autorisation. L'autorisation est accordée après enquête publique et le cas échéant pour une durée déterminée.

L'autorisation peut être retirée ou modifiée sans indemnité de la part de l'Etat dans l'intérêt de la salubrité publique, pour prévenir des inondations, pour protéger les milieux aquatiques soumis à des conditions hydrauliques critiques non compatibles avec leur préservation, ou si les ouvrages sont abandonnés ou ne font plus l'objet d'un entretien.

Etude d'impact si coût > 12 M. de francs.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Action

F-2

Restauration ou destruction de seuils**Objectifs de gestion**

- **Ressource**
- Milieu aquatique
- Qualité des eaux

Nature et objectifs de l'action

De nombreuses rivières ont été équipées au cours des années d'ouvrages destinés à détourner l'eau pour différents usages : moulins, scieries, irrigation, etc.. Ces seuils qui, au départ, ont modifié intrinsèquement le fonctionnement hydraulique et écologique du cours d'eau sont cependant devenus partie intégrante du système et peuvent encore aujourd'hui jouer un rôle non négligeable : point dur hydraulique, soutien de la nappe, participation au paysage, etc...

Qui plus est, leur abandon et leur ruine éventuels posent souvent des problèmes aux gestionnaires de la rivière qui s'interrogent alors sur l'attitude à avoir :

- éliminer l'ouvrage parce qu'il est source de problèmes : lieu privilégié d'embâcles entraînant des débordements, danger pour la navigation, dégradation du paysage, etc. ;
- ou restaurer l'ouvrage parce qu'il doit encore remplir certaines fonctions ou tout simplement parce que sa ruine entraînerait trop de difficultés.

La suppression peut dans certains cas être envisagée pour se rapprocher des conditions «naturelles» qui prévalaient avant son installation (retour à un fonctionnement «de référence»). Cependant, **la disparition ou la suppression d'un seuil entraîne des modifications, notamment hydrauliques, très importantes.** L'élimination d'un seuil ne devra donc être décidée qu'après une évaluation précise de ses conséquences. D'une façon générale, ce type d'intervention est a priori à déconseiller sur toute rivière à fond plus ou moins mobile.

La restauration des anciens seuils devrait être privilégiée pour conserver ou retrouver les conditions hydrauliques initiales, voire les améliorer. Elle doit le plus souvent s'accompagner de la restauration des ouvrages hydrauliques annexes : vannes, biefs, etc. et peut être l'occasion aussi de réaliser, à moindre frais, des aménagements du type passe à poissons, passe à canoës, passerelle piétonnière, etc...

Définition du projet

Il convient avant tout de définir les causes de la dégradation de l'ouvrage :

- l'affouillement aval ou en pied nécessite la réalisation soit d'un radier, soit d'un parafouille avec au besoin une reprise

en sous oeuvre. Dans certains cas, il est nécessaire, pour bien cerner le problème, de faire appel à des plongeurs qui pourront inspecter soigneusement l'état de l'ouvrage ;

- le contournement du seuil par la rivière nécessite la définition d'un ouvrage de liaison entre le seuil et les berges érodées : remblai, protection des berges, prolongation du seuil ;
- la dislocation de l'ouvrage nécessite, suivant l'état de la détérioration, des interventions plus ou moins lourdes : reprise classique de maçonnerie ou doublement des parements verticaux par des murs en béton armé coffré ;
- la circulation d'eau interne à l'ouvrage ou dans une fondation nécessite aussi des interventions spécifiques : voile de béton, mur parafouille amont, etc...

Mise en œuvre

Relève d'une entreprise spécialisée. Nécessite un projet très affiné et très suivi par le maître d'oeuvre, le chantier pouvant révéler des problèmes insoupçonnés : conditions géotechniques particulières, difficultés d'accès, etc...

Impacts

L'élimination d'un seuil peut entraîner : une érosion régressive entraînant une déstabilisation des berges et des versants, une diminution de la lame d'eau à l'étiage, un abaissement de la nappe alluviale, etc...

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

L'Etat peut retirer ou modifier sans indemnité son autorisation dans l'intérêt de la salubrité publique, pour prévenir des inondations, pour protéger les milieux aquatiques soumis à des conditions hydrauliques critiques non compatibles avec leur préservation, ou si les ouvrages sont abandonnés ou ne font plus l'objet d'un entretien. Les ouvrages existants doivent être mis en conformité dans un délai de 3 ans à compter du 3 janvier 1992.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Action

Alimentation artificielle du débit

F-3

Objectifs de gestion

- **Ressource**
- Milieu aquatique

Nature et objectifs de l'action

Faire en sorte que le débit de la rivière ne descende pas en dessous d'une certaine valeur, ou plus généralement, augmenter la ressource en eau. L'objectif peut être touristique, économique, hydrologique etc.. Très souvent, l'aménagement est multi-objectifs.

Définition du projet

Selon l'objectif de l'aménagement, les études de définition du projet prendront en compte des critères issus des domaines suivants :

- géotechnique (qualité du sol/sous-sol) ;
- hydrologie (ressource en eau) ;
- hydraulique (propagation des écoulements) ;
- hydrogéologie (relation avec la nappe) ;
- hydrobiologie (qualité des eaux, vie piscicole et aquatique) ;
- économie (aspects financiers).

Les quantités d'eau qui serviront à l'alimentation artificielle seront très variables selon le problème traité, réparties régulièrement ou ponctuellement dans le temps.

Mise en œuvre

Différentes techniques peuvent être envisagées :

- construction d'un barrage qui stocke l'eau pendant les crues pour la restituer ensuite (voir la fiche «création d'une retenue en eau») ;
- établissement de communications entre cours d'eau (rivière/rivière, rivière/canal, rivière/barrage, etc.) ;
- mesure d'alimentation de la nappe alluviale, si celle-ci alimente bien la rivière (voir la fiche «création d'ouvrages d'infiltration et de rétention des eaux pluviales sur le bassin versant») ;
- limitation des pertes en eau, notamment en zone karstique, par une imperméabilisation des failles du lit de la rivière ;
- alimentation par pompage dans une nappe, dans un réservoir karstique.

Impact

Il s'agit souvent de travaux de grande envergure, qui peuvent être traumatisant pour le milieu. D'autre part, selon la technique utilisée, l'apport d'eau complémentaire, qui n'est de fait pas la même que celle du milieu naturel, peut également perturber le fonctionnement écologique de celui-ci.

Contexte juridique

- **art. 10 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **décrets 93-742 et 93-743 du 29/03/93**

Sont soumis à autorisation ou déclaration (selon la technique utilisée) tous installations, ouvrages, travaux prélevant, modifiant le niveau ou le mode d'écoulement des eaux.

L'autorisation est accordée après enquête publique et le cas échéant pour une durée déterminée.

L'autorisation peut être retirée ou modifiée sans indemnité de la part de l'Etat dans l'intérêt de la salubrité publique, pour prévenir des inondations, pour protéger les milieux aquatiques soumis à des conditions hydrauliques critiques non compatibles avec leur préservation, ou si les ouvrages sont abandonnés ou ne font plus l'objet d'un entretien.

- **art. 31 de la loi 92-3 du 3/01/92**
- **art. 175 à 179 du code rural**

La loi sur l'eau permet aux collectivités territoriales ainsi qu'à leurs groupements et qu'aux syndicats mixtes d'entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence visant en particulier la maîtrise des eaux et la défense contre les inondations.

Table des matières du volume 2

| | |
|---|----|
| Avant propos | 7 |
| Introduction générale | 9 |
| Partie 1 Fiches méthodologiques | 15 |
| A Critères et indicateurs pour l'étude des usages et des milieux | 17 |
| 1 - Typologies pour les usages et les fonctions | 17 |
| 1.1 - Les usages humains du milieu | 17 |
| 1.2 - Les usages retenus | 18 |
| 2 - L'étude des usages et milieux | 18 |
| 2.1 - Grille d'étude de la satisfaction et des impacts des usages liés au cours d'eau | 19 |
| 2.2 - Critères et indicateurs pour l'étude des milieux | 20 |
| 3 - Les fiches par usage | 22 |
| Us1 Captage d'eau pour l'alimentation en eau potable, l'industrie et l'irrigation | 23 |
| Us2 Abreuvement d'animaux en rivière | 25 |
| Us3 Evacuation de rejets en rivière | 26 |
| Us4 Extraction de granulats | 28 |
| Us5 Pêche sportive ou tranquille en rivière | 29 |
| Us6 Promenade aménagée ou en sentier | 31 |
| Us7 Chasse | 32 |
| Us8 Baignade en rivière | 33 |
| Us9 Jeux d'eau | 35 |
| Us10 Canoë-kayak (pratique et aménagements) | 36 |
| Us11 Accueil d'une voie de circulation en bord de cours d'eau | 37 |
| Us12 Accueil d'une zone urbanisée sur rive | 38 |
| Us13 Accueil d'une zone de culture sur rive | 39 |
| Us14 Accueil d'un espace de loisirs | 40 |
| Us15 Accueil d'une micro-centrale hydroélectrique | 41 |
| Us16 Pompage en nappe | 42 |
| 4 - Influences et dépendances de chaque critère | 43 |
| Aspect 1 : Eau - quantité | 43 |
| Aspect 2 : Eau - qualité | 44 |
| Aspect 3 : Eau - rôle épurateur | 44 |
| Aspect 4 : Milieu - qualité | 45 |
| Aspect 5 : Milieu - attractivité | 46 |
| Aspect 6 : Milieu aquatique - attractivité | 46 |
| Aspect 7 : Espace - attractivité et capacité d'absorption | 47 |
| Aspect 8 : Espace - sécurité | 48 |
| Aspect 9 : Morphodynamique | 48 |
| Aspect 10 : Hydrogéologie | 48 |
| B Analyse des secteurs économiques | 49 |
| Introduction | 49 |
| 1 - L'analyse par secteur économique | 49 |
| 1.1 - Contexte et objectif | 49 |

| | |
|---|-----------|
| 1.2 - Organiser l'information sectorielle | 49 |
| 1.3 - Examen des principaux secteurs économiques | 52 |
| A - Agriculture | 53 |
| B - Baignade | 54 |
| C - Bois | 55 |
| D - Canoé-Kayak | 56 |
| E - Chasse | 57 |
| F - Eau potable | 58 |
| G - Granulats | 59 |
| H - Hydro-électricité | 60 |
| I - Industries | 61 |
| J - Navigations | 62 |
| K - Pêche | 63 |
| L - Protection de la nature | 64 |
| M - Tourisme | 65 |
| N - Urbanisme | 66 |
| 2 - La synthèse tous secteurs économiques | 67 |
| 2.1 - Contexte et objectif | 67 |
| 2.2 - La méthode : Structurer les enjeux | 67 |
| Partie 2 Méthodes d'étude | 71 |
| A Méthodes d'étude pour le diagnostic | 73 |
| 1 - Hydrologie | 73 |
| HO-1 - Méthode rationnelle | 74 |
| HO-2 - Méthode CRUPEDIX | 75 |
| HO-3 - Méthode SOCOSE | 77 |
| HO-4 - Méthode du GRADEX | 78 |
| HO-5 - Méthode AGREGEE | 79 |
| HO-6 - Méthode QDF | 81 |
| HO-7 - Méthode Abaque SOGREAH | 83 |
| HO-8 - Méthode de CAQUOT | 84 |
| HO-9 - Méthode des courbes isochrones | 86 |
| HO-10 - Méthode de HORTON | 88 |
| HO-11 - Méthode du réservoir linéaire | 90 |
| HO-12 - Méthode stockage à n réservoirs | 92 |
| 2 - Hydraulique | 95 |
| HA-0 - Méthode de MUSKINGUM | 96 |
| HA-1 - Equation de Barré de Saint Venant 1D implicite | 98 |
| HA-2 - Equation de BSV 1D explicite | 100 |
| HA-3 - Equation de BSV 2D | 101 |
| HA-4 - Calcul Hydraulique en section paramétrée | 102 |
| HA-5 - Méthode inondabilité | 104 |
| HA-6 - Méthode du périmètre mouillé | 106 |
| HA-7 - Détermination du débit réservé biologique | 107 |

| | |
|---|-----|
| 3 - Hydrogéologie | 109 |
| HG-0 - Modèle de nappe | 110 |
| HG-1 - Pompage d'essais | 111 |
| HG-2 - Utilisation d'invertébrés dans l'évaluation des échanges nappe-rivière | 112 |
| 4 - Géomorphologie et Morphodynamique | 113 |
| GM-0 - Analyse du profil en long de la rivière | 114 |
| GM-1 - Evaluation de la capacité d'écoulement d'une section | 115 |
| GM-2 - Evaluation stationnelle de la capacité de transport d'une section | 116 |
| GM-3 - Modélisation du transport solide | 117 |
| GM-4 - Définition et évolution des styles fluviaux | 118 |
| GM-5 - Définition et évolution de la bande de méandrage | 120 |
| GM-6 - Diagnostic cartographique de l'état géomorphologique | 122 |
| GM-7 - Analyse causale de l'évolution morphodynamique | 123 |
| 5 - Physico-chimie et Microbiologie | 125 |
| PC-0 - Acquisition de données sur la qualité de l'eau | 126 |
| PC-1 - Analyse des métaux lourds dans les bryophytes | 127 |
| PC-2 - Analyse des micropolluants dans les sédiments | 129 |
| PC-3 - Grille générale de qualité | 131 |
| PC-4 - Grilles de qualité par usage | 132 |
| PC-5 - Conservation des flux | 134 |
| PC-6 - Modèle d'auto-épuration globale | 136 |
| PC-7 - Modèles de simulation de la qualité des cours d'eau | 138 |
| 6 - Hydrobiologie | 141 |
| HB-0 - Système saprobique - méthode allemande normalisée | 142 |
| HB-1 - Analyses numériques et statistiques des biocénoses | 143 |
| HB-2 - Indice biologique global normalisé | 144 |
| HB-3 - Indice de qualité biologique des sédiments fins | 145 |
| HB-4 - Indice chironomidien | 146 |
| HB-5 - Méthode de capture de poissons | 147 |
| HB-6 - Index of biotic integrity adapté à la France | 148 |
| HB-7 - Zonation piscicole de Huet | 149 |
| HB-8 - Biotypologie de Verneaux | 151 |
| HB-9 - Méthode des microhabitats | 153 |
| HB-10 - Modèles de prédiction du stock de poissons | 155 |
| HB-11 - Méthode de Braun-Blanquet | 156 |
| HB-12 - Indices diatomiques | 157 |
| HB-13 - Indices bryophytiques de qualité des eaux | 158 |
| HB-14 - Indices macrophytes | 159 |
| HB-15 - Essais de fertilité algale | 160 |
| HB-16 - Méthode des traceurs du phénomène d'eutrophisation | 161 |
| HB-17 - Diagnostic rapide des plans d'eau | 162 |
| 7 - Biologie | 163 |
| BI-0 - Dénombrement de peuplement d'oiseaux | 164 |
| BI-1 - Méthode de capture-recapture | 165 |

| | | |
|-----------------|--|-----|
| BI-2 - | Evaluation de l'indice kilométrique d'abondance (IKA) et de l'indice ponctuel d'abondance (IPA) | 166 |
| BI-3 - | Méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP) | 167 |
| 8 - | Ecologie | 169 |
| EC-0 - | Diagnostic de l'évolution en plan et de la diversité d'une mosaïque fluviale | 169 |
| B | Evaluer un schéma ou un projet - Approche économique | 171 |
| 1 - | Evaluer un schéma | 171 |
| 1.1 - | Scénarios | 171 |
| 1.2 - | Schéma | 176 |
| 2 - | Evaluer un projet | 180 |
| 2.1 - | Contexte et objectif | 180 |
| 2.2 - | Evaluation globale | 183 |
| 2.3 - | Evaluation des avantages non marchands | 194 |
| 3 - | Fiches Méthodes Economiques | 201 |
| FE-1 - | Méthode des coûts spécifiques | 202 |
| FE-2 - | Méthode du surplus et du transport bénéfice/coût | 204 |
| FE-3 - | Méthode du temps de retour | 206 |
| FE-4 - | Méthode multicritère par surclassement : ELECTRE-I | 208 |
| FE-5 - | Méthode par les dépenses d'adaptation | 210 |
| FE-6 - | Méthode ECORIV, impact économique des aménagements | 212 |
| FE-7 - | Méthode par le coût d'accès au service naturel | 214 |
| FE-8 - | Méthode par les prix hédoniques | 216 |
| FE-9 - | Méthode d'évaluation contingente | 217 |
| FE-10 - | Méthode de la valeur minimale de préservation | 219 |
| Partie 3 | Fiches objectifs de gestion et actions | 221 |
| | Classification des actions présentées, par objectifs de gestion | 222 |
| A | Gestion et restauration du milieu aquatique | 225 |
| | Introduction | 225 |
| A-1 - | Enlèvement des déchets | 226 |
| A-2 - | Entretien de la végétation aquatique | 227 |
| A-3 - | Introduction de végétaux aquatiques | 229 |
| A-4 - | Reprofilage du lit d'étiage en site urbain | 230 |
| A-5 - | Reméandrage | 231 |
| A-6 - | Amélioration de l'habitat du poisson | 232 |
| A-7 - | Réalisation de passes à poissons | 234 |
| A-8 - | Conception et organisation de la protection contre les pollutions accidentelles | 236 |
| A-9 - | Protection juridique d'un site | 238 |
| A-10 - | Protection juridique de la qualité piscicole | 241 |
| B | Gestion et restauration de la qualité de l'eau | 243 |
| | Introduction | 243 |
| B-1 - | Amélioration de la collecte des eaux pluviales, déplacement de points de rejets | 244 |
| B-2 - | Création ou amélioration d'ouvrages de traitement | 246 |
| B-3 - | Développement de l'assainissement autonome par le sol | 247 |
| B-4 - | Développement de l'assainissement par lagunage | 248 |
| B-5 - | Protection juridique de la qualité piscicole | 250 |

| | | |
|---------------------------------------|---|------------|
| C | Gestion de la végétation riveraine | 253 |
| | Introduction | 253 |
| | C-1 - Entretien régulier de la végétation des berges | 254 |
| | C-2 - Restauration du corridor végétal | 256 |
| | C-3 - Végétalisation et revalorisation paysagère | 257 |
| D | Gestion du risque d'inondation | 259 |
| | Introduction | 259 |
| | D-1 - Curage à vieux fond et vieux bords | 260 |
| | D-2 - Création d'ouvrages d'infiltration et de rétention des eaux pluviales sur le bassin versant | 262 |
| | D-3 - Contrôle des modes d'occupation et d'utilisation du sol, gestion des eaux | 264 |
| | D-4 - Entretien réfléchi des embâcles de bois | 265 |
| | D-5 - Enlèvements obstacles à l'écoulement | 267 |
| | D-6 - Création d'une digue | 268 |
| | D-7 - Reprofilage du lit moyen | 269 |
| | D-8 - Recalibrage | 270 |
| | D-9 - Coupure de méandres | 271 |
| | D-10 - Création d'une retenue en eau | 272 |
| | D-11 - Création d'une retenue à sec | 274 |
| | D-12 - Création d'un chenal évacuateur de crue | 276 |
| E | Gestion de l'érosion | 277 |
| | Introduction | 277 |
| | E-1 - Implantation d'un seuil de fond | 278 |
| | E-2 - Le rachat de terrain | 280 |
| | E-3 - Protection des berges par techniques végétales | 281 |
| | E-4 - Protection des berges par enrochement | 282 |
| | E-5 - Création de déflecteurs de courant | 284 |
| F | Gestion quantitative de la ressource | 285 |
| | Introduction | 285 |
| | F-1 - Création d'un seuil de régulation | 286 |
| | F-2 - Restauration ou destruction de seuils | 287 |
| | F-3 - Alimentation artificielle du débit | 288 |
| Table des matières du volume 2 | | 289 |

LA GESTION INTÉGRÉE DES RIVIÈRES

Un guide méthodologique en 3 volumes pour :

- Mieux comprendre le fonctionnement des rivières ;
- Mieux les étudier ;
- Mieux les gérer.

Les objectifs de ce guide

Aider à la construction d'une représentation performante des rivières et de leur environnement ...

- Présentation des modèles existants, des approches scientifiques et des méthodes d'analyse correspondantes ;
- Formulation des relations entre usages et milieux, par un système de critères et indicateurs ;
- Caractérisation des conséquences des actions sur les usages et milieux, selon un modèle similaire.

... par la mise à disposition de l'ensemble des outils méthodologiques nécessaires

- Connaissance du contexte juridique ;
- Identification et organisation de l'ensemble des acteurs ;
- Sélection des outils de gestion adaptés ;
- Préparation d'un cahier des charges d'étude ;
- Construction d'un diagnostic.



Les Agences de l'eau, établissements publics de l'Etat, agissent pour concilier la gestion de l'eau avec le développement économique et le respect de l'environnement. Elles distribuent des aides financières aux collectivités locales, industriels, agriculteurs qui s'engagent à sauvegarder les ressources et la qualité de l'eau. Leurs fonds proviennent de redevances perçues auprès des utilisateurs de l'eau, calculées en fonction de la pollution rejetée et des quantités d'eau prélevées. Elles conduisent des programmes d'études et de recherches pour améliorer la connaissance des milieux aquatiques et cadrer au mieux leurs interventions.



Le Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau est une association qui met en relation les différents acteurs de la gestion de l'eau. Ses objectifs sont notamment de promouvoir et structurer la recherche pour des approches transversales et pluridisciplinaires, de valoriser et diffuser ces résultats de recherche à l'attention des acteurs opérationnels, d'assurer un lien et développer des échanges entre chercheurs et opérationnels. Ses principaux modes d'intervention sont l'animation de réseaux, l'organisation de journées d'information et d'échanges ou de conférences, la coordination de la rédaction d'ouvrages de sensibilisation ou d'état de l'art.

La gestion intégrée des rivières est l'un des thèmes sur lesquels intervient l'association. Un groupe de travail, animé par le Graie depuis 1985, a rassemblé une quarantaine de spécialistes de différentes disciplines (hydrologie, hydrobiologie, hydraulique, écologie des eaux douces, analyse des paysages, sociologie, économie, droit de l'environnement, ...). La mobilisation de ces experts et leur travail collectif en terme de méthodologie, de formulation et de structuration de l'information a permis l'élaboration de ce guide.



INVESTIR EN RECHERCHES MÉTHODOLOGIQUES ET TECHNIQUES

12