

Olivier Barge et Thierry Joliveau
C.R.E.N.A.M./C.N.R.S. U.M.R. 5600
Université de Saint-Etienne,
6 rue Basses des Rives, 42000 Saint-Etienne, France.
Tél.: 04 77 42 19 25. Fax : 04 77 42 19 24
crenam@univ-st-etienne.fr

Démarche territoriale et Systèmes d'Information Géographique pour une gestion concertée de l'eau.

Résumé : La Loi sur l'Eau a mis en place en France de nouveaux outils de planification et de gestion de l'eau qui ont pour objectif de trouver un équilibre à long terme entre satisfaction des usages et préservation des milieux naturels. Ces outils innovent dans leur volonté de prendre en compte dans le processus de planification les pratiques et les valeurs des différents acteurs. Il devient nécessaire d'intégrer dans un schéma conceptuel commun la description du fonctionnement des écosystèmes et des usages et la valeur que les acteurs leur accordent. Cet article propose une démarche fondée sur la construction de territoires par la spatialisation des écosystèmes, des usages et des ressources des différents acteurs, et présente l'intérêt des S.I.G. pour sa mise en œuvre.

La réforme des procédures de planification et de gestion de l'eau instituée en France par la Loi sur l'Eau est ambitieuse. Elle demande un effort d'innovation important dans la mobilisation des acteurs et une organisation de la concertation autour d'objectifs communs de gestion. Ces procédures nécessitent la collecte, l'organisation et l'analyse d'un très grand volume d'information sur l'eau. Il nous semble important de proposer un cadre conceptuel dans lequel pourrait s'exercer la gestion de l'information et de présenter l'intérêt qu'offrent les Systèmes d'Information Géographique dans une telle démarche. Les exemples présentés dans cet article ont été choisis, à des fins d'illustration, parmi les travaux menés au C.R.E.N.A.M./C.N.R.S. U.M.R. 5600. Ils concernent un essai d'évaluation environnementale des loisirs d'eau vive en Haut-Allier (O. Barge, 1994) et une analyse pour la gestion du site du bec de Sioule (O. Barge, 1995).

L'APPROCHE DES SCHEMAS D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX (S.A.G.E.)

Une démarche de planification ambitieuse...

La Loi sur l'Eau de 1992 a introduit en France les principes d'une gestion globale et équilibrée de la ressource en eau et de sa valeur patrimoniale. Jusqu'alors, la gestion de l'eau se limitait à une gestion de la ressource, qui envisageait principalement les usages et leur compatibilité. Les milieux n'étaient pris en compte, de manière sectorielle, que dans la mesure où leur dégradation pouvait menacer certains usages. Le législateur affirme dorénavant sa volonté de concilier la préservation des écosystèmes aquatiques et la satisfaction des divers usages de l'eau. Fondée sur une concertation avec les différents acteurs pour élaborer une gestion collective, la démarche se donne pour but la recherche d'un équilibre durable à long terme (10 ans) entre préservation/restauration des milieux naturels et satisfaction des usages. Une procédure de planification se met en place à deux niveaux : celui du grand bassin versant,

géré en France par des Agences de bassin, avec des S.D.A.G.E. (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des eaux) et celui d'unités hydrographiques plus petites avec les S.A.G.E. (Schémas d'Aménagement et de Gestion des eaux). Les S.A.G.E. sont élaborés sous le contrôle d'une Commission Locale de l'Eau qui comprend des représentants de tous les usagers de la zone. Une méthode de planification a été définie, qui représente une des premières expériences en France de planification concertée dans le domaine de l'environnement (Ministère de l'Environnement *et al.*, 1992).

Avec les S.A.G.E. est reconnu le principe de système entre usages et milieux, où toute action visant à modifier une des composantes affecte l'ensemble. En conséquence, il est nécessaire de concilier entre eux les différents usages tout en cherchant à assurer la compatibilité de ces usages avec la conservation des équilibres naturels. C'est cette volonté qui préside à l'élaboration d'un état des lieux où chaque milieu et chaque usage doit être décrit de manière sectorielle ou thématique, puis intégré dans un diagnostic global recherchant « une vision objective globale du périmètre qui tienne compte des besoins entre les usages, des liaisons entre les milieux et des interrelations "usages - milieux" » (*Ibid.*). Pour ce faire, il est préconisé d'établir des croisements et des comparaisons dans le temps et dans l'espace, et de présenter les résultats sous forme cartographique. Mais les S.A.G.E. vont plus loin : la volonté de prendre en compte l'ensemble du système implique de se référer à la société locale et à ses acteurs. Pour répondre à cet objectif, il est suggéré d'intégrer ces derniers dès l'état des lieux, par leur identification et leur sélection en fonction des actions qu'ils mènent sur le milieu. La dimension sociale est reconnue comme fondamentale. Il est préconisé d'engager une étude visant à faire émerger les enjeux des acteurs, en déterminant la valeur qu'ils accordent à un usage ou à un milieu. Ces informations doivent ensuite permettre une analyse des processus de décision, ainsi qu'une approche des relations existant entre les acteurs, traduites en termes de conflit ou de convergence. Enfin, le croisement des données relatives aux milieux et aux usages avec celles collectées par les études sur les acteurs doit permettre d'éclairer la situation actuelle, puis d'évaluer les conséquences sur le système des stratégies de chacun, grâce à l'élaboration de scénarios. En effet, comme l'a montré Mermet (1992), la gestion de l'environnement est rarement une gestion directe. Une modification du système passe par un changement dans les comportements et les modes d'action des différents acteurs. De là découle la nécessité d'un processus concerté, que la méthodologie S.A.G.E. place au centre de la démarche, et qui consiste à construire un espace de gestion intégrant des acteurs qui s'ignoraient.

... et difficile à mettre en œuvre

Les premières expériences montrent que la pratique de cette planification est difficile, ce qui s'explique par plusieurs raisons. Pour Barraqué (1995), la faible tradition en France de gestion et de planification concertées en présence d'incertain, jointe au manque de réflexion sur les processus de décision en situation complexe, expliquent pour une bonne part les difficultés des S.A.G.E.. Nombre des freins au développement d'une gestion concertée ne sont donc pas d'ordre technique ou méthodologique, mais bien culturel et politique. La mise en œuvre des S.A.G.E. nécessite cependant la mise en œuvre de méthodes nouvelles et spécifiques, assez élaborées pour répondre à la complexité des problèmes, mais suffisamment simples et flexibles pour s'adapter à une gestion concertée. Pour une bonne part, ces méthodes renvoient au problème de la gestion de l'information, à laquelle la démarche S.A.G.E. reconnaît explicitement une place centrale : « L'information [...] sera l'une des - si ce n'est la - ressources essentielles du S.A.G.E. : "son assurance efficacité" » (*Op. cit.*). Une démarche de S.A.G.E. nécessite une intense collecte de l'information. Or il est peu

vraisemblable que l'ensemble des données sur les milieux et sur la ressource soit disponible. Il faudra donc élaborer une stratégie permettant de répondre aux objectifs de la planification. Notons d'abord qu'une information n'a pas de valeur absolue. Elle n'en a que pour un acteur donné, engagé dans un processus donné (J. Montgolfier et Natali, J. M., 1987). Ce constat d'une valeur relative de l'information montre la nécessité de concevoir celle-ci de manière plurielle, faute de quoi le processus tendra à favoriser une logique particulière de gestion au détriment des autres et d'aboutir à une démarche technocratique. Au contraire, dans un processus de gestion concertée, il est nécessaire qu'un acteur puisse admettre comme légitime une information qu'il juge, de son point de vue, secondaire, mais qui est fondamentale pour un autre acteur. Il est indispensable qu'une information minimale puisse être comprise et partagée par l'ensemble des acteurs.

Un certain nombre d'objectifs posent a priori de sérieux problèmes méthodologiques. La démarche S.A.G.E. doit ainsi s'appuyer « sur le croisement des dimensions techniques, économiques et socio-politiques des activités pratiquées sur le bassin versant, et sur l'évolution des relations culturelles des acteurs locaux à leurs milieux, à leurs sols, à leurs vallées » (*Op. cit.*). Le planificateur envisage donc de combiner des données sur des processus objectivables, à défaut d'être objectifs, et des informations sur des idées, des affects, voire des croyances, qui relèvent du domaine de la représentation. La manière dont peuvent se combiner dans les S.A.G.E. des données objectives quantitatives ou qualitatives, qui concernent les aspects matériels des milieux ou des usages, et des informations relatives aux valeurs que les acteurs accordent aux milieux et aux usages ne fait l'objet d'aucun développement. La finalité ambiguë des études portant sur les acteurs, telles qu'elles sont suggérées dans les documents méthodologiques, est d'ailleurs significative. Qu'il s'agisse de tableaux croisant les acteurs et leurs modes d'action ou de l'étude sociologique proprement dite, l'acteur est envisagé comme objet, alors même que le principe de concertation lui confère un statut de sujet.

La production souhaitée « [d']un jeu de cartes, figurant le chevauchement des enjeux, des contraintes par usage et/ou par milieu [qui] permettrait une bonne visualisation des degrés de liberté du système... » (*Ibid.*) pose aussi problème. Le rôle de la cartographie n'est pas bien mis en évidence. S'agit-il d'une cartographie de synthèse et de communication, ou l'essentiel des données doit-il faire l'objet d'une localisation ? Les scénarios doivent-ils être spatialisés ? Si oui, il est nécessaire de disposer de modèles spatiaux d'évolution de la ressource, des usages, des milieux et de leurs interrelations. Sinon, comment mesurer les incompatibilités entre des usages spatialement exclusifs ? Est-il envisageable de spatialiser les valeurs et les enjeux attribués par les acteurs aux milieux et aux usages ?

La démarche de gestion que les S.A.G.E. conduisent à promouvoir est une démarche de type territorial, qui vise à intégrer la négociations d'acteurs autour d'enjeux environnementaux spatialisés. Elle génère des besoins importants dans le domaine de l'information spatialisée et de son analyse. La plupart des outils méthodologiques et techniques existent déjà, mais il est nécessaire de les rassembler dans le cadre d'un système global.

POUR UNE DEMARCHE TERRITORIALE DE LA GESTION DE L'EAU

Stratégie pour la constitution d'un système d'information

La géographie, en particulier dans la formulation qu'a proposée A. Berque (1990) des relations d'une société à son environnement, peut fournir la clé de compréhension des relations entre les différentes composantes du système. La définition que Berque donne du milieu, qui imbrique des faits matériels et des représentations, semble pertinente pour éclaircir les points ambigus relevés dans la méthode des S.A.G.E.. Pour lui, un milieu est une relation,

celle d'une société à son environnement. Cette relation inclut des faits matériels, mais aussi des représentations, dans la mesure où c'est par les représentations que se modifie l'environnement et, réciproquement, que celui-ci transforme les représentations. Dans cette terminologie, l'objectif du système d'information serait de rendre compte d'une *trajection*, de manière à aider le groupe d'acteurs à produire une *médiance* (*Ibid.*).

Se placer dans un contexte de gestion conduit à abandonner l'idée d'une explication (scientifique) unique et indiscutable des phénomènes pour envisager la prise en compte d'interprétations multiples (voire opposées) d'une situation. Les scientifiques ne sont pas toujours d'accord sur les faits, ni sur leur interprétation, ou souvent ne connaissent pas les conséquences à moyen ou long terme de certaines actions. Or toute démarche de gestion concertée doit se donner pour objectif de construire une représentation du fonctionnement du système à gérer, si elle veut organiser une démarche collective vers un objectif commun.

La mise en place d'un processus de planification/gestion nécessite la constitution d'un système d'information spécifique, qui doit se construire de manière concertée. Ce système d'information est fondé sur un système d'interprétation (J. Tarlet, 1985), qui constitue la phase cruciale et délicate de la démarche, celle qui détermine l'ensemble des documents de synthèse grâce auxquels pourra se faire la décision. Dans les démarches habituelles, c'est l'état des lieux, première étape souvent technique et technocratique, qui produit un système d'interprétation a priori. Or il est préférable que ce système d'interprétation soit élaboré de manière continue au fur et à mesure du processus de planification. A partir du moment où il y a concertation, c'est autour de l'information que la décision doit se construire de manière progressive par la négociation. J. Montgolfier et J.-M. Natali (*Op. Cit.*) remarquent que l'acquisition de l'information fait parfois elle-même l'objet d'une métanégociation qui peut être plus importante que la négociation elle-même. D'où l'idée de construire le système d'information avec les acteurs. On peut en effet penser que c'est de cette manière que l'information pertinente pour un acteur sera mobilisée, et qu'elle donnera lieu à une décision négociée, ou qu'elle fera émerger la nécessité d'avoir recours à une nouvelle information. Le système d'information pourrait alors se constituer par boucles successives, en même temps que se construit la décision.

Le schéma de référence

La démarche S.A.G.E. nécessite la mise en évidence du système de relations qui existent entre les usages et les milieux, accompagnée de la prise en compte des valeurs associées par les acteurs aux différents usages et aux différents milieux. Il faut donc procéder à un inventaire des enjeux de la gestion du système. Le système d'information doit intégrer l'ensemble des éléments pertinents pour chacun des acteurs repérés, l'ensemble des processus qui déterminent leur fonctionnement, et les valeurs associées à ces composants et à ces processus. Au niveau le plus sommaire, les interactions entre usages et milieux naturels peuvent s'envisager sous la forme d'un système d'effets/réponses. Les usages produisent des effets sur les composants biotiques et abiotiques des écosystèmes, lesquels, en retour, génèrent un certain nombre de réponses sur l'usage lui-même ou un autre usage. La modification du système naturel peut par rétroaction contraindre (empêcher, limiter, dégrader...) ou favoriser un autre usage.

Mais les effets des usages sur les écosystèmes et les réponses de ceux-ci ne sont pas du même ordre. Il est possible de fournir une information objective ou tendant à l'objectivité sur le fonctionnement de l'écosystème, qui intègre les impacts des usages sur l'écosystème et les phénomènes de réponse de l'écosystème à une sollicitation. On se heurte dans cette tâche aux limites de la connaissance du fonctionnement des écosystèmes. Des phénomènes complexes comme la dynamique des milieux ripicoles ou le transport de la charge solide des cours d'eau sont encore mal expliqués. Mais il est possible d'interpréter le plus objectivement possible les

données de base en fonction de la connaissance fondamentale et de produire une image synthétique et approchée du fonctionnement des écosystèmes dans un cadre d'usages donné. En revanche, les changements dans le système d'usages liés à une modification des milieux naturels ne peuvent pas être appréhendés de la même manière. Nous sommes là dans la sphère des représentations, des valeurs et des intérêts des acteurs. Les relations fonctionnelles qui existent entre les usages ne peuvent être complètement objectivées. Les usages peuvent d'ailleurs entrer en concurrence pour des raisons économiques, politiques, morales... qui n'ont pas de rapport direct avec leurs effets sur le système naturel. Les milieux naturels ne sont mis en relation avec les acteurs qu'au travers de certaines qualités particulières. Les acteurs sociaux ne gèrent pas des rivières ou des forêts mais des propriétés de ces milieux : le débit d'une rivière ou la richesse faunistique d'une forêt, par exemple (G. Barouh, 1987). Les acteurs ne sont donc pas confrontés au fonctionnement, objectivable même s'il est mal connu, des écosystèmes. Ils ne perçoivent celui-ci qu'à travers le résultat qu'il produit sur la ressource, traduction des écosystèmes en termes d'aptitude et de contrainte à leurs usages. Cette contrainte est liée à un fonctionnement inadéquat de la ressource en certains endroits du territoire, que ce soit pour des raisons intrinsèques à celle-ci, à cause de dégradations liées à l'impact d'un usage fossile, ou par concurrence directe avec un autre usage. Un acteur a souvent une perception assez claire des caractéristiques de son usage et des contraintes qu'il subit de la part d'autres usages. Mais il ne mesure pas forcément la contrainte que son propre usage fait peser sur les autres. Il n'est donc pas question de modéliser le fonctionnement du système d'usages - sans même tenter une modélisation du système d'acteurs, question encore plus complexe. L'objectif d'une approche territoriale est de faciliter la *médiance* du groupe d'acteurs en visualisant les limites de la ressource et d'explicitier les contraintes de chacun. Le but n'est plus alors d'objectiver des fonctionnements mais d'explicitier les valeurs que les acteurs accordent aux ressources et aux usages et de traduire spatialement les territoires de chacun.

Il devient indispensable de distinguer le domaine factuel, qui relève du fonctionnement objectivable des écosystèmes, du domaine des représentations qu'ont les acteurs de ce fonctionnement et de la valeur qu'ils accordent à la ressource et aux différents usages. La représentation spatiale des valeurs des différents acteurs permet de faire émerger dans un premier temps les conflits potentiels ou les convergences d'intérêt, tout en explicitant les enjeux. A ce stade, une décision concertée pourra voir le jour, les acteurs étant informés du fonctionnement objectif du milieu tout comme des enjeux respectifs, liés aux valeurs de chacun. Le schéma de la figure n°1 tente de représenter le système d'interactions à la base de la gestion concertée.

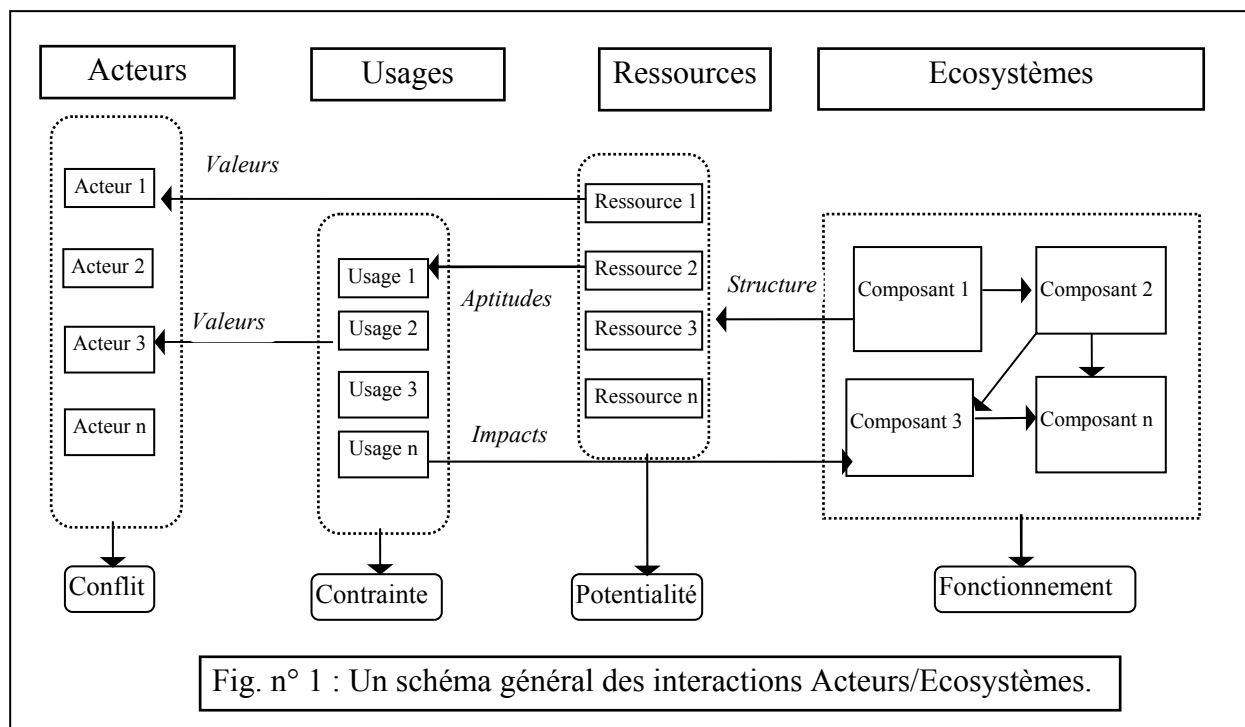


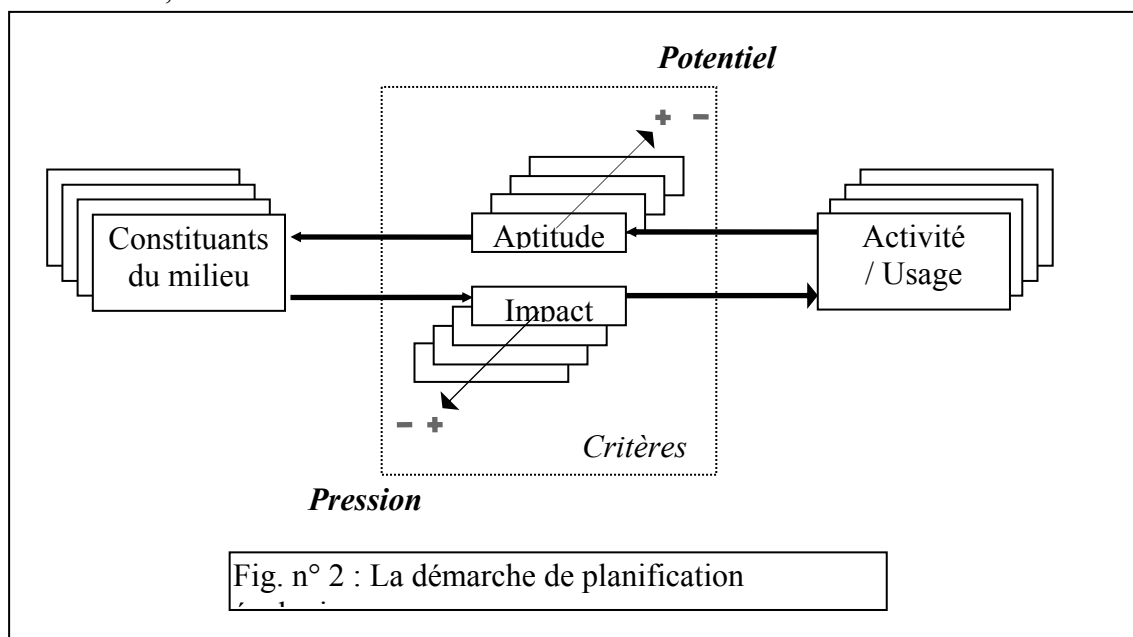
Fig. n° 1 : Un schéma général des interactions Acteurs/Ecosystèmes.

Les acteurs se trouvent mis en relation par les ressources communes, le patrimoine qu'ils partagent. On peut distinguer par nature deux grands types de ressource dans une gestion de l'eau du type de celle qui est promue par les S.A.G.E. : la ressource *Milieux naturels* et la ressource *Eau* proprement dite. On pourrait ajouter aussi, mais cela nous entraînerait trop loin dans le cadre de cet article, une ressource du domaine sensible, le paysage, envisagée comme valeur collective (J. Viard, 1993), dont la gestion n'est pas l'apanage d'un acteur particulier (T. Joliveau, 1994), et dont la qualité rend certains usages impossibles. L'espace, lui, ne sera pas considéré comme une ressource. Certes, il possède un coût et deux usages peuvent entrer en concurrence pour une même localisation. Mais l'espace doit plus être envisagé comme un ordonnateur des milieux et un support des usages. Il structure le processus de gestion et lui permet de dépasser une logique sectorielle. On peut décrire le territoire de chaque acteur en spatialisant les ressources qu'il mobilise par ses usages.

Les acteurs sont des groupes, organisés ou non, porteurs d'un usage spécifique des milieux naturels et/ou de la ressource du territoire global considéré. C'est la spécificité de l'usage qui individualise l'acteur. Les usages sont définis par une prise spécifique sur la ressource eau et/ou le milieu. Une activité générale (production énergétique, eau potable, pêche, nautisme,...) peut générer des usages très différents, voire contradictoires, liés aux pratiques d'acteurs spécifiques. Par exemple, le Haut-Allier connaît un développement récent de l'activité "loisirs d'eau vive". Celle-ci regroupe des pratiques multiformes, correspondant à différentes approches du milieu (pratiques sportives, touristiques, de compétition), qui ne sont pas portées par les mêmes agents. Pour chacun de ces usages, on peut distinguer l'accès motorisé à la rivière, la mise à l'eau, la navigation elle-même, voire le bivouac, qui peuvent prendre des formes variées (répétition de figures techniques sur un seul rapide, embarcations isolées ou groupées, individuelles ou collectives, présence de spectateurs,...). Autant de sous-usages aux impacts spécifiques, pour lesquels les aptitudes des lieux et des milieux différent : accessibilité, morphologie du lit, qualité de l'eau et du paysage, débits, présence d'aménagements.

Le fonctionnement naturel peut être intégré sous la forme d'une activité "vie sauvage" qui rassemblerait différents "usages" floristiques et faunistiques. L'usage "saumon" pourrait par exemple intégrer les sous-usages activité trophique, migration et reproduction. Les associations écologistes ou de protection de la nature sont naturellement les acteurs qui valorisent cet usage, en synergie ou en opposition avec d'autres (pêcheurs, chasseurs, ...).

La démarche de la planification écologique, telle qu'elle est proposée par I. Mc Harg (1980) mais dont l'exposé le plus complet en français se trouve chez J. Tarlet (1985), a constitué une des premières tentatives de répondre à cette question des interactions usages/milieus naturels. Elle se place dans un contexte d'aménagement du territoire et se donne pour objectif de localiser le plus harmonieusement possible les différentes activités humaines, en intégrant la préservation des milieux naturels et les contraintes physiques. Les effets des usages (appelés activités) sur le système naturel sont traduits sous forme d'impacts tandis que les réponses des constituants du milieu bio-physique sur le système d'usage sont envisagées sous la forme d'aptitude à l'usage. Aptitudes et impacts se mesurent sur des échelles ordinales en fonction de différents critères. Aptitudes et impacts sont ensuite pondérés les uns par rapport aux autres, de manière empirique ou selon différentes méthodes plus ou moins formalisées, telles que la méthode Delphi, pour produire une synthèse des potentiels et des pressions d'une activité donnée (fig n° 2). Trois types de cartes sectorielles peuvent être produits : une carte du potentiel qui combine les aptitudes du milieu pour une activité (dans une logique d'exploitation du milieu), une carte des pressions qui combine les impacts sur le milieu de cette activité (dans une logique de préservation de celui-ci) et une carte intégrant les deux dimensions. Enfin la superposition des cartes par activité permet de repérer dans l'espace les zones les plus adaptées à certaines activités, les zones où plusieurs activités sont en concurrence, etc..



L'analyse "potentiel/pression" de la planification écologique offre un certain intérêt dans un contexte de gestion concertée. La notion de potentiel permet de décrire les valeurs relatives attribuées aux écosystèmes par les acteurs en fonction des usages. Il est cependant nécessaire d'étendre la notion de ressource qui, dans l'approche traditionnelle, n'intégrait que les milieux naturels fragiles, aux dimensions eau et paysage. Cette analyse passe par une interprétation des propriétés de la ressource en termes d'aptitudes à un usage, selon la méthode de la planification écologique, complétée d'une analyse de la distribution spatiale des différents sous-usages, qui peut être plus ou moins optimale. Une carte de l'aptitude

potentielle d'un usage, visualise la distribution spatiale des ressources a priori nécessaires (milieux naturels, eau et paysage) à un usage.

La notion de pression est plus discutable. Bien adaptée à un objectif d'allocation de zones à différentes activités envisagées sur le territoire, elle s'avère peu adaptée à une procédure qui vise à négocier une modification du système d'usages en fonction des contraintes de la ressource. Comme elle évalue le risque pour la ressource de l'ensemble des usages, elle ne peut faire apparaître clairement les contraintes entre usages. En effet la synthèse des pressions s'applique globalement sur chaque milieu, par agrégation. Or les contraintes entre usages ne naissent pas d'une pression globale sur le système naturel, mais de la modification des propriétés précises de ces milieux, qui sont nécessaires à un usage spécifique. Il est donc souhaitable de pouvoir caractériser les pressions sous forme d'impacts sur le fonctionnement des écosystèmes, à différents niveaux de formalisation et de quantification, en fonction de la connaissance scientifique ou des contraintes du projet en temps ou en moyens.

Dans son approche globalisante et agrégative, la planification écologique n'intègre pas les représentations des acteurs, sinon implicitement. Comme le remarque J. Tarlet (*Op. Cit.*), le système d'interprétation est toujours le reflet de la conception techno-économique d'un temps donné et tributaire du système de valeurs de son époque. On peut ajouter qu'il est de plus dépendant du niveau de connaissance scientifique du moment. Par l'intermédiaire des usages choisis et du choix des critères, c'est ce système de valeurs et de connaissances qu'une démarche de planification écologique traduit spatialement autant que des potentiels ou des pressions objectives. C'est pourquoi on a souvent reproché à ces méthodes d'être technocratiques et de donner le pouvoir au technicien, qui par le biais d'une méthode faussement objective, amènerait l'instance politique à entériner ses propres choix. Si ce système d'interprétation se construit avec les acteurs, le système de valeurs de référence est alors explicité et négocié.

Quelques pistes pour une démarche territoriale

La première étape est la mise en place d'un schéma de référence commun, grâce à un inventaire préalable auprès de tous les acteurs pressentis (ainsi que ceux qui sont cités par d'autres acteurs) :

- des acteurs perçus, c'est à dire de ceux qui existent dans le système de représentation d'au moins un acteur (avec lequel les usages sont en situation de concurrence ou de complémentarité par rapport à la ressource),
- des différents usages de l'espace, de la ressource eau et des milieux de ces acteurs,
- des aptitudes des milieux et des ressources à ces usages,
- des impacts de chaque usage sur les milieux et les ressources.

Chaque acteur est amené à décrire les propriétés de la ressource en terme d'aptitude à ses usages, et les aptitudes négatives, autrement dit les contraintes sur la ressource liées à d'autres usages, concurrents et complémentaires qu'il perçoit. Cela permet donc d'inventorier l'ensemble des aptitudes et impacts perçus par les acteurs, et de dresser une liste des conflits, avérés ou potentiels, liés au partage des ressources eau, milieux naturels et paysage.

Ce travail d'inventaire des acteurs, des usages, des aptitudes, des impacts, des conflits et des synergies est présenté à l'ensemble des acteurs. Ceux-ci peuvent alors réagir, à la fois sur les aptitudes des autres usages, et sur la perception qu'ont les autres acteurs des impacts de leur usage. Ce débat, long et difficile, et mené avec des scientifiques modérateurs doit conduire pour chaque acteur à une plus grande conscience des contraintes et des objectifs des autres acteurs. A partir de ce premier schéma peuvent apparaître les grands objectifs de gestion et une hiérarchisation des problèmes, en laissant hors du système certains usages, très minoritaires ou marginaux.

La deuxième étape est l'élaboration du système d'information nécessaire à la description du territoire, des milieux naturels, de la ressource eau, des paysages, des usages et des artefacts, localisés sur le territoire. Il doit servir de base au modèle de fonctionnement spatialisé des écosystèmes et au modèle d'évaluation de la ressource et des usages des acteurs. Il faut s'arrêter à un niveau de complexité compatible avec les moyens (outils informatiques, données disponibles ou mobilisables) et les objectifs mis en place dans la phase précédente. Le compromis dépend du niveau de perception du problème, qui détermine à la fois la résolution spatiale de l'information et l'horizon temporel de la modélisation. Il est souhaitable d'évaluer le plus précisément possible la localisation des usages actuels et leur intensité, ainsi que l'état actuel de la ressource, de manière à pouvoir valider les aptitudes potentielles et les impacts estimés.

La troisième étape est consacrée à la négociation des objectifs de la planification et des actions à programmer. Cela passe bien sûr par l'organisation d'un plan d'actions, visant à mettre en œuvre des normes, des règlements, de nouvelles pratiques ou des aides financières, qui peuvent être spatialisées ou non. Le système sert alors de support aux acteurs pour évaluer les enjeux et les valeurs qu'ils confèrent aux ressources et aux usages. La subjectivité de ces représentations s'exprime par les pondérations des différents facteurs, mais n'est pas totalement déconnectée de la réalité spatiale du territoire, puisque l'évaluation est construite à partir de données primaires ou de descriptions de fonctionnements décrivant objectivement ce même territoire. Ce modèle d'évaluation présente l'avantage de matérialiser les enjeux de chacun, et donc de les porter à connaissance du groupe d'acteurs. L'exemple présenté sur la figure 3 à propos de l'Allier illustre de manière simple (simpliste ?) et arbitraire (en l'absence d'acteurs réels) une telle approche. On a choisi les paramètres caractérisant les enjeux des protecteurs de la nature d'une part et ceux des promoteurs du développement touristique d'autre part. Dans le premier cas, l'enjeu a été défini à partir d'unités d'occupation du sol présentant un intérêt supposé : successions écologiques, bras morts,... Dans le second, on a combiné la proximité du cours d'eau et la facilité d'accès, deux facteurs évalués par ailleurs.

Le modèle d'évaluation permet, en localisant les aptitudes et les contraintes liées à chacun des acteurs, de visualiser les potentiels de la ressource à tel ou tel usage, de simuler l'impact de l'extension d'un usage dans une nouvelle zone, de répondre à des questions spécifiques de préservation ou de restauration d'une ressource dans des zones particulières, de délimiter les zones où certains usages doivent être limités ou modifiés, de tester des scénarios. La finalité n'est pas, comme dans la planification écologique, de produire une carte synthétique pseudo-objective des potentiels et des pressions sur le territoire, mais d'amener chacun des acteurs à intégrer dans ses usages le système général de fonctionnement du territoire commun. Il s'agit plus de fournir un outil d'aide à la négociation sur le devenir d'un territoire qu'un support objectif à la planification.

Une telle démarche doit s'appuyer sur des outils efficaces de traitement de l'information spatialisée. Le regain d'intérêt que connaît depuis quelques années la planification écologique peut d'ailleurs s'expliquer par la disponibilité d'outils informatiques tels que les S.I.G., qui manquaient dans les années 70 pour mettre en œuvre ces méthodes.

LES S.I.G. DANS UNE DEMARCHE DE PLANIFICATION / GESTION CONCERTEE

Bien plus que les simples outils de cartographie, auxquels on les réduit parfois, les S.I.G. sont des systèmes permettant de structurer, combiner et analyser spatialement une information hétérogène. Ils sont bien adaptés à la gestion de l'eau (T. Joliveau et J.-N. Degorce, 1992).

S'il n'existe pas, à notre connaissance, de système opérationnel mettant en œuvre l'ensemble des fonctionnalités des S.I.G. dans la gestion de l'eau, la plupart des méthodes et des outils existent et fonctionnent de manière éparsée dans diverses applications. Nous allons passer en revue les principales fonctions de ces systèmes indispensables pour une gestion concertée.

Décrire les objets de la gestion

L'information pour la gestion de l'eau est complexe. Les objets à prendre en compte sont divers, en nature et en forme : systèmes naturels ou artefacts, objets aréaux, linéaires ou ponctuels. Leur structuration est souvent spécifique : réseaux de cours d'eau, ressources souterraines de type volumique, bassins versants. Les relations spatiales mises en œuvre sont complexes. Les zones de contacts offrent souvent des limites incertaines ou fluctuantes (recharge nappe/rivière, berges, part importante des écotones). Les S.I.G. offrent l'intérêt de pouvoir stocker les objets dans le mode le plus adéquat aux objectifs de l'utilisateur, et de transformer leur représentation en fonction des traitements nécessaires. Leur versatilité est donc bien adaptée aux projets qui doivent simuler des fonctionnements complexes et gérer les représentations d'acteurs divers.

La structuration en mode vecteur (certains préfèrent dire objet) se fonde sur un découpage de l'espace en fonction des entités observées dans la réalité, qui sont bien individualisées par le système. L'espace dans sa totalité se reconstruit par l'assemblage de ces objets à travers leurs propriétés de voisinage ou de proximité. Par exemple, une rivière pourra, dans un tel mode, être transcrite sous la forme d'un polygone, la berge étant l'arc que ce polygone a en commun avec la parcelle cultivée qui borde la rivière. Chacun de ces trois objets sera décrit par un certain nombre d'attributs, et l'espace sera reconstruit sous la forme d'une relation topologique du type : cette rivière est sur 200 mètres bordée par une berge non érodée avec une ripisylve à dominance d'aulne, qui la sépare d'une parcelle labourée, plantée l'année dernière en maïs. Une description complète des objets de la gestion de l'eau peut conduire à une structure complexe, mais permet une cartographie fine et détaillée de ceux-ci.

La structuration vecteur est bien adaptée à la modélisation des réseaux hydrographiques et à une gestion simple des relations amont-aval, pourvu que les systèmes soient capables grâce à des fonctions topologiques de retrouver, par l'intermédiaire d'un nœud commun, si deux arcs sont connectés. Ces capacités servent de base à de nombreuses fonctions telles que le calcul de la diffusion d'un polluant dans le réseau en fonction de différents paramètres (vitesse du courant, taux de dilution,...), le calcul du rang d'ordination, etc.. La structuration de l'information en mode vecteur se prête aussi à la segmentation dynamique, technique très utile en gestion de l'eau, qui permet de gérer l'attribut d'un objet linéaire par une suite de coordonnées relatives, sans procéder à un découpage en tronçons fixes. Le mode vecteur permet enfin des représentations cartographiques de qualité.

La structuration en mode raster passe par le découpage de l'espace selon une tessellation régulière. Ce mode privilégie l'espace et sa structure continue, les objets ne venant qu'en second, sous la forme d'une caractérisation de chacune des cellules élémentaires. Ce mode est bien adapté à l'analyse spatiale et à la gestion des données continues. On transcrit souvent les données topographiques en mode raster, sous forme de Modèles Numériques de Terrain, mais on peut le faire aussi en mode vecteur, en stockant les données sous forme d'un réseau de figures géométriques irrégulières comme le propose le modèle T.I.N. (Triangle Irregular Network). D'une manière générale, pour toutes les descriptions de phénomènes continus dans l'espace, comme la diffusion d'une pollution dans un lac, il est plus commode d'utiliser le mode raster.

La description des objets oblige à régler les paramètres de résolution et d'échelle. Beaucoup de concepteurs de système ont comme réflexe de produire l'information la plus détaillée, persuadés qu'elle sera toujours utile. Or, une information détaillée est aussi une information

très volumineuse et très précise qui pose des problèmes de gestion : mises à jour difficiles, traitements lents, productions cartographiques illisibles, indisponibilité des modèles d'analyse à l'échelle de l'information. De plus, c'est moins la résolution d'une couverture thématique qui est à prendre en compte que la résolution de l'ensemble du système d'information. Si l'on veut combiner des données, c'est la résolution de la couche la plus faible qui détermine la résolution du résultat. L'objectif est donc souvent de parvenir à améliorer la résolution moyenne de toutes les couches. Cette résolution doit être envisagée en fonction des objectifs du système, de la disponibilité de l'information et de son coût d'acquisition à la résolution souhaitée. Il est toujours possible de généraliser une information trop détaillée, alors qu'il est délicat de préciser une information trop globale. Cette généralisation devra se faire pour communiquer l'information aux différents partenaires, sous forme de documents synthétiques. C'est un des intérêts des S.I.G. que de pouvoir proposer des modes de visualisation différents, adaptés à des publics différents. L'anamorphose est par exemple une technique intéressante pour visualiser de manière synthétique une information linéaire. Dans le cas illustré par la figure n°4, il s'agissait de rendre compte de la sensibilité du cours d'eau (l'Allier) à la pratique des loisirs d'eau vive. Compte tenu de l'échelle à laquelle a été appréhendé le cours d'eau, celui-ci est transcrit sous une forme linéaire. Du point de vue cartographique, les anamorphoses permettent à la fois de présenter plusieurs informations sur un même document, et de mieux les comparer.

Décrire les fonctionnements

L'objectif est de rendre compte le plus objectivement possible du fonctionnement d'un milieu ou d'un territoire, tout en structurant cette information de manière à la rendre intelligible pour ses destinataires, le plus souvent non spécialistes de la question. Il faut alors s'appuyer sur des modèles visant à décrire les relations entre les différentes entités du système, et la manière dont le changement d'une d'entre elles peut entraîner la modification d'autres entités. La description des fonctionnements passe par une connaissance des processus, et la possibilité de simuler des changements dans le temps et dans l'espace. Elle participe d'une logique d'interprétation, car la plupart de ces processus sont soit mal connus, soit difficiles à simuler. On se heurte à deux grands obstacles. D'abord les outils de modélisation spatiale en écologie et en hydrologie sont encore peu courants et peu intégrés avec les S.I.G.. Ensuite, il est rare de disposer sur une même zone à la fois de modèles réalistes et des données nécessaires pour les appliquer (P. Coquillard *et al.*, 1995). Dans le domaine de l'hydrologie et de l'hydrogéologie, les modèles existent qui permettent de calculer des débits à l'exutoire d'un bassin versant, en fonction des précipitations mesurées en entrée, de simuler la diffusion d'un polluant dans un cours d'eau ou dans un lac, ou la propagation d'une crue en fonction de données météorologiques... Abdednego *et al.* (1990) ont bien mis en évidence les difficultés auxquelles on se heurte en intégrant la modélisation hydrologique et les S.I.G. (divergence entre la précision de l'information du S.I.G. et la lourdeur des calculs du modèle, inadéquation du modèle maillé à certaines problématiques, ...). D'une manière générale, le couplage des S.I.G. avec des modèles, qu'ils soient hydrologiques, hydrodynamiques ou écologiques, est un travail long, qui demande un gros travail de calage, de vérification et de contrôle de validité, dans une logique de travail plus expérimentale que gestionnaire. C'est pourquoi, dans une démarche de gestion, la description des fonctionnements des entités se fait souvent de manière plus synthétique. On s'appuiera sur des lois à portée générale, ou des équations testées sur des zones spécifiques, que l'on considérera comme valides sur la zone d'étude. Laurent *et al.* (1995) proposent ainsi une cartographie de la vulnérabilité des rivières et des aquifères à la pollution par un calcul des temps de propagation, fondé sur la loi de Darcy et utilisant les fonctions de calcul de distance-coût d'un système raster. Les auteurs soulignent que les résultats de cette analyse spatiale ne peuvent en aucun cas remplacer les

résultats fournis par un modèle hydrodynamique ou hydrodispersif, mais que ces derniers sont souvent inapplicables, à cause de lacunes dans les données, de difficultés à fixer les paramètres ou de temps de calcul trop longs. La carte obtenue fonctionne donc plus comme une aide à l'interprétation du fonctionnement du système hydrogéologique que comme le produit rigoureux d'une simulation de ce système.

Dans beaucoup de cas, le fonctionnement sera plus supputé que connu. Il s'agira de généraliser à l'ensemble d'une zone des données ponctuelles en fonction de régularités observées ou de connaissances externes. Pour produire une carte des zones humides, Etlicher et Bessenay (1996) ont construit ainsi, à partir de congères réellement repérées sur photographie aérienne, un modèle d'accumulation nivale, qui vise à lier la présence de congères à un certain nombre de paramètres géomorphologiques (altitude, orientation, distance à la crête la plus proche,...). Dans l'exemple du bec de Sioule, une étude ornithologique présentait une mesure des fréquences par espèce et par milieu sur une zone voisine du secteur étudié. Disposant d'une carte des milieux sur la zone d'études, il était alors possible sans trop de risques d'erreur d'étendre cette information à celle-ci, et de produire un document de gestion irremplaçable dans le cas d'espèces rares ou menacées (figure n° 5).

On peut enfin synthétiser le fonctionnement du territoire et des milieux naturels par la combinaison logique de paramètres décrivant des facteurs déterminants. Par exemple, un indice d'accessibilité à la rivière peut être construit à partir de la combinaison de données sur la couverture du sol et la pente, en élaborant un modèle du déplacement pédestre fondé sur la pénibilité (figure n° 6). La dynamique de renouvellement des milieux soumis aux divagations latérales d'une rivière peut être mise en lumière par la superposition de deux états, relevés à des dates différentes. La figure n° 7 localise ainsi les espaces correspondant aux successions écologiques du lit majeur de l'Allier. Dans le même secteur, la distance séparant l'axe du cours d'eau actuel au même axe relevé à trois dates antérieures a été mesurée. Une fois sélectionnée la valeur maximale en chaque point, une carte de ces valeurs en 5 classes permet de rendre compte de l'instabilité latérale de la rivière (figure n° 8).

On constate donc que les modèles décrivant le fonctionnement des milieux et des territoires s'organisent sur un continuum allant du plus au moins formalisé, du plus quantitatif au plus qualitatif, de la compréhension la plus détaillée et rigoureuse des phénomènes à une estimation à dire d'expert. Dans le cadre d'une gestion concertée, tous ces types de modèle devront être employés conjointement, l'important étant que la majorité des acteurs comprenne et accepte les hypothèses qui les sous-tendent.

Evaluer

Comme le dit Eastman (J. R. Eastman *et al.*, 1993; J. R. Eastman, 1995), l'évaluation est un processus consistant à appliquer une règle de décision en combinant plusieurs critères, afin de répondre à des objectifs précis. On se trouve dans une logique de choix entre plusieurs solutions, et il s'agit d'élaborer des priorités. L'évaluation se fonde sur une analyse multi-critères qui vise à combiner différents facteurs, facilitants ou limitants, pour produire un indice d'évaluation synthétique, qui permettra soit de faire un choix, soit de hiérarchiser des solutions. Le corpus de méthodes est très large. Il s'est constitué à partir des acquis de la recherche opérationnelle et forme quasiment maintenant une discipline à part entière : l'aide multi-critères à la décision (J. Simos, 1990). La plupart des méthodes, en particulier celles qui sont implémentées dans les S.I.G. procèdent par l'attribution de poids aux différents critères en fonction de leur importance relative, mesurée ou supposée, pour atteindre l'objectif. On effectue ensuite une combinaison pondérée de ces critères. Il existe différentes techniques d'attribution des pondérations, mais la plus courante est celle proposée par T.L. Saaty (1977). On trouvera des exemples hors du domaine de la gestion de l'eau dans A. Ottitsch (1996) et B. Etlicher et C. Bessenay (1996). La figure n° 9 présente une évaluation de la pression

exercée par l'activité "sport d'eau vive" sur le milieu sur le Haut-Allier. Aucune approche scientifique n'étant capable de formaliser les modalités de cette pression, et les données disponibles étant peu nombreuses - estimations de fréquentation par parcours et par types d'embarcations, localisation des bases d'eau vive et des zones de mise à l'eau - ces données ont été traduites en indices, puis pondérées pour calculer et spatialiser un indice de pression.

Ces techniques d'évaluation peuvent être utilisées dans des logiques de décision stricto sensu, comme, par exemple, la délimitation optimale d'une réserve naturelle en fonction de différents critères écologiques et agricoles. Mais elles peuvent être mises en œuvre dans des contextes relevant plus de la description des fonctionnements. Cela sera le cas par exemple d'analyses de sensibilité ou de potentialité « à dire d'expert », dans lesquelles l'on ne dispose pas de modèles intégrant de manière systémique les facteurs, et où l'on procède à une évaluation raisonnée de leur combinaison. La figure n° 4 illustre un exemple de ce type, même si la méthode de pondération utilisée reste simple. Le risque d'altération du substrat par racleage des embarcations sur les faciès de faible profondeur de type plat, plat lentique et surtout radier avait été mis en évidence par plusieurs études visant à déterminer l'impact de l'activité sur les populations piscicoles. Après mesure de la longueur cumulée par kilomètre de ces trois types de faciès, un indice de sensibilité attribuant une pondération double aux radiers a été calculé, puis cartographié.

CONCLUSION

L'approche qui est présentée ici peut paraître complexe. Elle est à la hauteur de la difficulté du problème posé par les S.A.G.E., si l'on accepte de prendre au sérieux les objectifs qui leur ont été attribués. Il n'est pas possible de discuter ici tous les aspects de la mise en œuvre d'une telle méthode. On trouvera dans Steinitz (1993) un exposé précis du déroulé possible des différentes phases, dans le cas d'un projet de gestion paysagère.

On peut reprocher à une démarche de ce type ce que l'on reprochait à la planification écologique en son temps : le caractère arbitraire des facteurs choisis pour rendre compte du fonctionnement objectif des écosystèmes, et des critères de pondération entre ces facteurs. On peut regretter aussi que le niveau de synthèse des facteurs soit choisi moins pour des raisons intrinsèques au fonctionnement de l'écosystème que pour des raisons de facilité ou de possibilité de l'étude. Les constituants des milieux sont en effet caractérisés par des propriétés qui permettent de classer l'aptitude de la ressource à certains usages et sa sensibilité à certains impacts. Les propriétés choisies peuvent être plus ou moins agrégées. Au constituant sol peut être associé le critère aptitude aux cultures, ou une désagrégation de celui-ci en plusieurs critères plus spécifiques : épaisseur, texture, fertilité, réserve en eau, acidité,... Le niveau de désagrégation des critères résulte d'un compromis entre la disponibilité et le coût de l'information d'une part, et le budget et les délais de l'opération de planification d'autre part. Cela ne semble toutefois pas choquant dans une démarche d'expertise. L'objectif est de proposer une image la plus précise possible d'un fonctionnement, pour un niveau de connaissance donné. Le niveau de simplification du fonctionnement est explicité, et peut être amélioré, si de nouvelles données ou de nouveaux modèles sont disponibles.

Il est évident que les S.I.G. sont indispensables à la mise en œuvre d'une telle méthode, qui conduit acteurs et experts, politiques et gestionnaires à confronter leurs points de vue. Ils permettent de répéter les traitements en faisant varier les simulations, les critères, les pondérations, et de calculer et visualiser spatialement les résultats pour de multiples hypothèses, en fonction des besoins des partenaires.

Références

- ABEDNEGO B., CALOZ R. et COLLET C., 1990, L'utilisation des SIG dans la modélisation en hydrologie de surface, *Geographica Helvetica*, 4, 161-167.
- BARGE O., 1994, *Essai méthodologique d'évaluation environnementale d'un linéaire par cartographie informatique, application au problème du développement des loisirs d'eau vive en Haut-Allier*, Section de Géographie, Université Jean-Monnet, Saint-Etienne, Mémoire de Maîtrise de Géographie, 129 p.
- BARGE O., 1995, *Information géographique et patrimoine naturel, échelle régionale, échelle locale*, Section de Géographie, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, Mémoire de DEA Interface Homme/Nature, 76 p.
- BAROUH G., 1987, *La décision au fil de l'eau, systèmes de pensée et d'action à l'oeuvre dans la gestion des milieux naturels en France*, UER des Sciences des Organisations, Université Paris - Dauphine, Paris, Thèse de Doctorat, 583 p.
- BARRAQUÉ B. (sous la direction de), 1995, *Les politiques de l'eau en Europe*, Paris, La Découverte, 301 p.
- BERQUE A., 1990, *Médiance, de milieux en paysages*, Montpellier, GIP-Reclus, 159 p.
- COQUILLARD P., HILL D. et GUEUGNOT J., 1995, Simulation d'écosystèmes et S.I.G. : une interactivité nécessaire, Journées de Réflexion sur "Paysages, concepts et outils", Saint-Etienne, 18 janvier 1995, Réseau PNR SIG Centre-est, Fédération des Parcs régionaux, Atelier Technique des Espaces Naturels, C.R.E.N.A.M., 39-46.
- EASTMAN J. R., 1995, *IDRISI, un SIG en mode image, traduction par C. Collet*, Lausanne, Centre Régional IDRISI Francophone, E.P.F.L., 645 p.
- EASTMAN J. R., KYEM P. A. K. et TOLEDANO J., 1993, A procedure for multi-objective decision making in GIS under conditions of conflicting objectives, Conférence EGIS'93, Gênes, 438-448.
- ETLICHER B. et BESSENAY C., 1996, Le S.I.G. des Hautes-Chaumes foréziennes : pour une gestion écologique de l'espace, *Revue de Géographie de Lyon*, 71 (2), 111-120.
- JOLIVEAU T., 1994, La gestion paysagère de l'espace rural : questions, concepts, méthodes et outils, *Revue de Géographie de Lyon*, 69(4), 325-334.
- JOLIVEAU T. et DEGORCE J.-N., 1992, Problèmes et méthodes de gestion de l'information pour un diagnostic du bassin de la Loire, *Revue de Géographie de Lyon*, 67 (4), 345-354.
- LAURENT F., GRAILLOT D. et DECHOMET R., 1995, Rivers and Groundwater Vulnerability to Accidental Pollutions. Spatial Analysis of Vulnerability Areas, The International Emergency Management and Engineering Conference, Nice, France, May 9-12, n.p.
- MC HARGH I., 1980, Composer avec la Nature, *Cahiers de l'IAURIF*, n° 58-59, , 183 p.
- MERMET L., 1992, *Stratégies pour la gestion de l'environnement*, Paris, L'harmattan, 205 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, AGENCES DE L'EAU et CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA PÊCHE, 1992, Schéma d'aménagement et de gestion des eaux, guide méthodologique,
- MONTGOLFIER J. et NATALI J. M., 1987, *Le Patrimoine du Futur*, Paris, Economica, 245 p.
- OTTITSCH A., 1996, The role of G.I.S. technology in an environmental planning process, experiences from the project "Land Use Potential Analysis Achenkirch", *Revue de Géographie de Lyon*, 71(2), 147-154.
- SAATY T. L., 1977, A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *J.Math.Psychology*, 15, 234-281.
- SIMOS J., 1990, *Evaluer l'impact sur l'environnement*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 261 p.

STEINITZ C., 1993, Un modèle de raisonnement pour la planification paysagère, *Cahiers de l'IAURIF*, n°106, 38-46.

TARLET J., 1985, *La planification écologique*, Paris, Economica, 140 p.

VIARD J., 1993, Le conflit social, gardien du paysage, *Pages Paysages*, (4), 32-37.