

Introduction de l'atelier :
Mise en forme des connaissances
pour servir une action durable 168

J-F. Perrin,
 G. Oberlin,
 P. Roussel

Des connaissances pour l'action :
éléments méthodologiques 170
 G. Oberlin

Une mise en forme des
connaissances mobilisatrices
à destination des acteurs :
l'exemple des mares 178
 B. Sajaloli

Diagnostic fonctionnel des zones
humides fluviales : vers un outil
d'aide à la gestion et
à la conservation 192
 G. Burnette

Le groupe de contact Garonne :
échanges et transferts des
connaissances entre scientifiques,
gestionnaires et usagers 198
 P. Vervier,
 D. Tesseyre

Modélisation de la gestion
hydrologique en Camargue :
une approche multi-agents 206
 N. Franchesquin,
 A. Dervieux

Quelles recommandations
pratiques peut-on extraire de
l'expérience des échanges entre
gestionnaires et scientifiques ? 222
 J-F. Perrin

Synthèse de l'atelier :
mise en forme des connaissances 232
 J-F. Perrin, G. Oberlin, P. Roussel

*Mise en forme des connaissances
 scientifiques pour servir
 une action durable*

INTRODUCTION

*Mise en forme des connaissances
pour servir une action durable*

JEAN FRANÇOIS PERIN
(CEMAGREF LYON)
jean-françois.perrin@cemagref.fr
GUY OBERLIN
(CS DU PNRZH ET DU COMITÉ DE BASSIN RMC)
guy.oberlin@libertysurf.fr
PIERRE ROUSSEL
(PRÉSIDENT DU C.A. DE L'AGENCE DE L'EAU RMC)
pierre.rousseau@environnement.gouv.fr

Agir maintenant pour donner un avenir à nos zones humides, ou pour assurer localement la pérennité d'un espace naturel vulnérable, engage, dans tous les cas, les gestionnaires et les scientifiques qui les accompagnent dans le long apprentissage de la gestion environnementale.

Le programme PNRZH inclut un axe majeur de valorisation des acquis scientifiques. Il s'agit de capitaliser les savoirs de façon cohérente, en réduisant la complexité, afin de dégager des objectifs clairs. Car l'action durable suppose un pilotage politique fin, entre principes de précaution et urgence à soigner l'écosystème, afin que ce dernier exprime ses fonctionnalités naturelles et ses aménités, et puisse conserver des potentialités pour le futur. Le guidage technique, devenu alors nécessaire, demande des instruments de navigation, en outre utiles au suivi et à l'évaluation des résultats.

L'objectif ambitieux de cet atelier, résumé dans son titre ci-dessus, peut aussi se décliner avec les questions suivantes :

Peut-on représenter les connaissances acquises sur les zones humides dans une démarche efficace d'appropriation par le plus grand nombre ? Autrement dit, construire des modèles de synthèse intelligibles en gardant une rigueur scientifique ? Comment travailler ensemble et piloter une action de gestion durable ?

On a débattu de ces mêmes questions dans plusieurs autres colloques réunissant scientifiques et décideurs (Lyon Fleuves, juin 2001 ; Recréer la nature, Grenoble, septembre 2001,...) : les constats sont restés mitigés entre la satisfaction de voir la richesse des travaux scientifiques et la mesure des distances qui séparent encore ceux dont les demandes manquent de précision et ceux dont les réponses restent trop complexes pour être opérationnelles.

Les contributions qui ont été apportées dans le présent atelier PNRZH admettent peu ou prou :

- que nos connaissances sont souvent peu ou mal utilisées par la société (la recherche est elle seule responsable de cette faible efficacité ?) ;
- qu'il faut développer et entretenir l'usage d'un langage commun entre disciplines, entre scientifiques, et entre usagers ;
- qu'on peut exprimer un taux de satisfaction dès lors qu'un besoin (ou un objectif) a été affiché par l'utilisateur et que l'action envisagée est confrontée à la réalité ;
- qu'il faut une (re)évaluation permanente et un travail de prospective périodique, pour assurer une gestion durable, même si les points précédents ont été assurés...

A la lumière des expériences d'intégration et des démarches de communication présentées ici, nous cherchons donc à **dégager les principes et les qualités requises d'un système d'évaluation scientifique**, qui représente une bonne approche synthétique des connaissances, principalement celles utiles à la gestion active et concertée d'une zone humide.

Pour souligner l'actualité du débat, P. Roussel rapporte l'expérience du marais poitevin : près de 2000 pages ont été écrites sur le sujet, et des décisions urgentes doivent maintenant être prises par plusieurs ministres ! On sait que l'enjeu est énorme (indicateur : 300 millions d'euros). Comment dans ces conditions résumer la problématique scientifique, mais aussi économique et juridique, en quelques pages sans provoquer de distorsions dommageables ? Quels sont les autres indicateurs pertinents ? Le médiateur a ici une lourde responsabilité car la décision est concomitante de la concertation.

Il faut savoir garder une rigueur scientifique, certes, mais tout en garantissant une interprétation juste des résultats. A titre d'exemple, le travail de communication sur les mares reformule bien les aspirations voire les besoins de l'interlocuteur, même si celui-ci ne sait pas toujours les exprimer en termes scientifiques. Mais la marge est étroite entre savoirs et dérives d'interprétation : il faut par exemple prévenir toute tentation de manipuler le concept de biodiversité, au moment où l'on énonce que carrières et bassins pluviaux d'autoroutes sont des milieux neufs, riches en espèces pionnières !

Le débat de l'atelier "Mise en forme des connaissances pour servir une action durable", illustré par de puissants moyens d'analyse des milieux, est resté fortement centré sur la qualité de cette transmission des savoirs.

L'ordre logique des communications qui suivent va de l'énoncé du problème traité, aux illustrations de bonnes conditions de gestion. Il déroule des exemples de formalisation de connaissances favorables à l'action, depuis les principes et concepts de base, jusqu'aux règles, modèles et structures, en passant par les bases de données et les diagnostics. Ces communications sont des extraits sélectionnés dans les projets du PNRZH, réputés bien ciblés sur l'ambition de cet atelier. On n'oubliera pas, si nécessaire, de se reporter aux rapports complets des projets d'où sont issues ces interventions.

Des connaissances pour l'action : éléments méthodologiques

GUY OBERLIN,
(CEMAGREF LYON, CONSEILS SCIENTIFIQUES DU PNRZH ET DU COMITÉ DE
BASSIN RHÔNE-MÉDITERRANÉE-CORSE)
guy.oberlin@libertysurf.fr

Dans cette communication introductive à l'Atelier 3 "Quels types de connaissances pour l'action en Zones Humides ?", il est proposé quelques éléments de méthode, pratiques et opérationnels, pour contribuer à dépasser la seule représentation pédagogique disciplinaire, insuffisante pour les acteurs, et pour construire un savoir de synthèse pluri-disciplinaire.

On part du problème lancinant, certes universel en problématique écologique et environnementale, mais particulièrement crucial en Zones Humides (ZHs) : **pourquoi une si faible efficacité (= exploitation réelle par la société) des connaissances déjà disponibles ?** Une piste utile, sinon indispensable, pour dépasser cette insuffisance, est sans doute de **développer un langage commun** aux diverses disciplines et usagers concernés. Dans ce dernier, on peut développer, par exemple, le concept/élément de **Taux de Satisfaction (TS)**, en principe applicable à tous les Besoins (B) explicites. Les divers TS ainsi définis peuvent être rendus inter-comparables, et servir l'équité en les équilibrant selon les divers Besoins en présence. Ceci peut neutraliser nombre de conflits, explicites ou non (non-dits), à l'origine des non-actions positives vis-à-vis des ZHs.

Etat des lieux (constat) :

LA MÉDIOCRE UTILISATION RÉELLE DES CONNAISSANCES DISPONIBLES

Cette médiocrité s'observe **déjà à l'intérieur d'une discipline**. Et cela même lorsque la bibliographie est bien faite et complète, ce qui est de moins en moins le cas compte tenu de l'inflation du nombre de publications et malgré les outils informatisés communs ("Web of Science" sur la Toile, et autres...). En hydrologie par exemple, discipline essentielle pour les ZHs, la grande majorité des travaux édités ne sont pas référencés dans les catalogues académiques, ou si peu cités qu'ils y sont de facto négligés. Le jugement conventionnel "**C'est parce qu'ils ne sont pas assez bons**" ne résiste pas à l'examen. En effet, dans cette masse restée ou redevenue "grise", on trouve nombre de travaux originaux, validés, exploitables, et souvent ... pluri-disciplinaires et/ou "appliqués".

Cette médiocrité d'écoute s'aggrave nettement **au stade des échanges entre les disciplines**, toujours pauvres et souvent "inutiles" : même cités selon les règles, les connaissances et leurs modèles ne sont pas réellement utilisés (ou respectés), et parfois tout est repris par des "moins compétents", bien sûr médiocrement. Sur la fig.1, ceci est illustré par les flèches verticales à droite : chaque discipline s'ingénie d'abord à "approfondir son forage", indépendamment des autres. Les efforts de syn-

thèse (axe horizontal de la fig.1), même en restant dans le cognitif et pour construire du pluri-disciplinaire (dénommé sur la fig.1 "sciences"), sont rares et/ou mal évalués. Le PNRZH représente, entre autres (autre exemple : le PEVS du CNRS), une tentative de progresser entre disciplines : voir la flèche horizontale de la fig.1. On notera que dans cette représentation imagée, la flèche est à double sens : c'est une expérience universelle que les disciplines gagnent, en retour, à se frotter aux synthèses scientifiques et cognitives avec leurs voisines, même s'il en coûte parfois de déchirantes (r)évolutions internes. L'expérience de quelques années de PNRZH à ce sujet, a montré le chemin à parcourir (ce fut difficile ...), mais aussi la productivité (voir les résultats, et surtout les réseaux inter-disciplinaires créés).

Comme il est hélas de règle quasi universelle, et les ZHs n'y dérogent pas, la distance est donc également grande entre connaissances disponibles et exploitations de celles-ci. Ce qui est désarmant en ZHs, c'est que c'est même encore ainsi lorsque la conscience des utilités des ZHs a émergé. Et cela semble perdurer même si les disciplines individualistes ont fait un effort de synthèse vers une science pluri-disciplinaire, capable d'exprimer par exemple des besoins "collectifs" et complexes.

Etat des lieux (genèse) :

DES NON-DITS ÉCONOMIQUES À L'ORIGINE DE CE CONSTAT ?

Devant ce constat un peu désabusé, la réaction d'un scientifique doit être de rechercher les "termes cachés" du système qui peuvent encore neutraliser les actions positives, malgré les connaissances disciplinaires toujours présentes, malgré les efforts de synthèse inter-disciplinaire qui démarrent çà et là (dont au PNRZH), et malgré l'émergence de la prise de conscience, chez certains gestionnaires et propriétaires fonciers, de l'utilité collective des ZHs.

L'hypothèse principale faite ici est que ces termes plus ou moins "cachés" existent, et que les principaux d'entre eux se trouvent dans le sous-système social qui entoure les ZHs. Les gestionnaires des ZHs, c'est-à-dire principalement les propriétaires (et exploitants) fonciers et les autorités municipales, **ont d'abord un comportement déterminé par une maximisation de leur revenu individuel (ou communal)**. Ne font exception que les "professionnels des ZHs", comme les Conservatoires et autres, mais rarement présents (parce que rarement sollicités). Dans ces conditions, la motivation pour les ZHs, soit ne joue pas (absence de prise de conscience, puis de connaissances, puis de (bonne) volonté), soit ne joue qu'au second ordre. La motivation ZH n'est donc pas le terme principal, et le système (la ZH) évolue donc **d'abord** en fonction du terme principal : maximisation du budget communal, ou du chiffre d'affaires de l'exploitation individuelle (voir les flèches à gauche de la fig.1), tous deux évalués à court terme, voire à terme seulement annuel.

Ce terme socio-économique dominant est en quelque sorte une "externalité" pour la ZH concernée. Du § 1 on peut déduire ici que la seule prise en compte traditionnelle (c'est ainsi que les externalités ont été initialement définies en environnement et en durabilité) de l'externalité réciproque (faire entrer les conditions de bon fonctionnement des utilités collectives d'une ZH dans le système de décision et d'évaluation des entreprises individuelles ou communales concernées) ne semble pas suffisante (cf fin du § 1). Il est donc proposé de compléter par la vision **réciproque** : faire entrer les B (Besoins) de ces acteurs "individualistes" dans le système ZH, et comparer l'**ensemble** des enjeux. C'est là qu'un concept de Taux de Satisfaction (TS) applicables à **tous** ces B (internes et externes, quel que soit le sens choisi) devient intéressant (cf § 5), et permet tout à la fois de reprendre le discours sur des bases plus objectives et complètes, et de négocier in fine.

A ce rôle principal d'un terme socio-économique d'influence majeure sur l'évolution d'une ZH, mais le plus souvent en contradiction avec les conditions d'existence ou de bon fonctionnement d'une ZH, on peut ajouter un autre terme important, restant cette fois dans le domaine du

cognitif. Il y a de nombreuses manières de représenter un objet complexe par des méthodes scientifiques. A lois fondamentales égales, la modélisation des connaissances issues de ces lois est variable à l'infini. Les modèles de synthèse cognitive peuvent donc être développés pour tenir compte du mode d'usage qui en sera fait (s'intégrer aux autres disciplines, servir la demande sociale, etc...), et ce dans le respect le plus strict de leurs déterminismes (disciplinaires) de base. En hydrologie, ont de longue date été définis divers niveaux de modélisation, par exemple du plus analytique au plus synthétique, et avec potentiellement toutes garanties de validation (inter-validations entre niveaux successifs). Ceci est vu au § 3 qui suit.

L'avenir dira si, entre autres via ces deux propositions, le PNRZH a aussi fait progresser la collaboration (réciproque) entre scientifiques et exploitants concernés par les ZHs (flèche horizontale de la fig.1). Mais comme indiqué au § 1, il faut d'abord veiller à ce que toute proposition contribue à la construction de l'indispensable langage commun.

Un objectif impératif :

UNE BASE DE CONSTRUCTION D'UN LANGAGE COMMUN,
POUR EXPRIMER BESOINS ET RÉALITÉS DE MANIÈRE COMPARABLE
POUR TOUS LES ENJEUX LIÉS À LA ZH

① n'a ici l'ambition de travailler simultanément pour le pluri-disciplinaire (développer des sciences de synthèse) et pour une meilleure compréhension des enjeux entre scientifiques et gestionnaires de ZHs.

Compte tenu de l'état déplorable de la situation actuelle (connaissances relativement sur-développées au vu du sous-développement de leur utilisation, ZHs en risque d'extinction, ...), il est suggéré de partir du comportement de l'acteur de terrain, premier responsable de facto de la dégradation des ZHs. Il (sur)satisfait donc d'abord ses besoins individuels (le maire : ceux de sa commune), avant ceux du patrimoine collectif des ZHs de son territoire, et ce même s'il est déjà conscient de l'utilité de ces dernières. Il faut traduire ses besoins (B) individuels en termes aussi comparables que possible aux besoins (B) de bon fonctionnement des ZHs, même si *in fine* ce seront les TS qui seront comparés (ils seront d'autant plus comparables que leurs B le seront déjà peu ou prou) : les besoins en surfaces (cultivables, fauchables, pâturables, urbanisables, etc...), et quelques indicateurs pertinents du régime (cf ci-dessous) des cotes de l'eau, sont sans doute nécessaires sinon suffisants. Cette démarche peut-être, soit basée sur des analyses économétriques exploitant ces indicateurs de surfaces disponibles (classiques en agriculture, par ex.) ou de régimes hydriques (moins répandus, mais existent tant en agriculture qu'en urbanisme), soit intuitive : beaucoup de propriétaires et exploitants sont capables d'estimer "à vue" leurs besoins en surfaces et en régimes hydriques de ces surfaces.

Paradoxalement, c'est côté ZHs que les scientifiques sont le plus réticents à préciser (oser quantifier) des besoins, sinon en surfaces (c'est quand même aisé ...), du moins en régimes hydriques (quantité, qualité, MES, ...), et surtout en milieuux environnants (conditions de fertilisation, de régénération, de connectivité, d'entretien, ...). Mais il s'agit le plus souvent d'un réflexe seulement "disciplinaire". **En effet, telle incertitude perçue comme "inadmissible" au sein d'une discipline, peut devenir acceptable en pluri-disciplinaire (incertitude relativisée eu égard à l'influence seulement partielle de la variable incertaine considérée), et faible voire invisible en applications dans un réel toujours soumis à de multiples processus dont certains ne sont parfois même pas encore connus.** Aux motifs de cette réticence s'ajoute parfois une importance trop grande donnée à des incidents conjoncturels en observations ou expérimentations. En effet, quand on observe et mesure, il n'est pas rare d'avoir des résultats hors normes. Les raisons sont innombrables, et les interprétations multiples. Mais il ne faut le plus souvent pas en tirer des leçons définitives, sous peine de sophismes, ou de généralisations aussi hâtives qu'infondées. Un effort volontariste et raisonné (scientifiquement)

devrait permettre de dépasser ces frilosités disciplinaires, ou ces manques de maturité en métrologie (en interprétation de mesures et observations toujours très limitées vis-à-vis du processus complexe qu'elles doivent décrire), et de proposer des estimations de besoins de bon fonctionnement des ZHs qui soient pertinentes, mêmes si elles sont affectées d'incertitudes (plage de définition large) et d'effets non dénués d'aléas.

Face à ces deux familles de besoins B, celle des ZHs et celle des activités socio-économiques marchandes ou spéculatives pouvant être en contradiction (donc le plus souvent agriculture et urbanisation, mais il y en a d'autres), il faut décrire la réalité R, vécue, ou prévue (en cas d'aménagement), exprimée entre autres dans les variables utilisées pour les Besoins : au moins l'incontournable régime hydrique (divers indicateurs) et les (régimes de) variations de surfaces plus ou moins humides qui en résultent, outre divers facteurs spécifiques à la ZH ou à l'activité socio-économique concernée, et jugés pertinents sinon nécessaires.

Il est ici utile de présenter ce concept de "régime", déjà plusieurs fois cité. Il s'agit d'un modèle de synthèse d'une chronique $x(t)$, par exemple d'une cote de l'eau, résumée de manière pertinente selon t (durées d et fréquences T , saisonnalisées) et selon x (valeurs remarquables notées $xC(d,T)$: moyennes et extrêmes, généralement). La plupart des besoins vis-à-vis d'une "fourniture" qui varie dans le temps (chronique), s'expriment bien selon quelques caractéristiques bien choisies issues de ces chroniques. La fig.2 illustre la forme d'une famille de $xC(d,T)$ en fonction de celle d'une chronique $x(t)$. Outre qu'ils synthétisent à bon escient (donc utilisables pour représenter réalités et besoins) des chroniques toujours trop volumineuses, et pas toujours représentatives (aléas conjoncturels de peu de signification durable), ces modèles de régime ont de remarquables propriétés de régularité régionale ou conditionnelle : ils peuvent être "importés" sur un site, donc sur une ZH, sans avoir besoin de beaucoup de données locales. Pour l'immense majorité des ZHs qui ne font guère l'objet de mesures, cette opportunité est un atout précieux. Bien entendu, tout régime local est affublé d'incertitudes, et pas seulement celui qui est importé. Mais nombre de décisions peuvent déjà être prises sans avoir à attendre la réduction de ces incertitudes (réduction néanmoins toujours souhaitée, par exemple pour affiner progressivement un plan de gestion de ZH initié de manière approximative).

Des taux de satisfaction explicites pour tous les besoins en compétition

La confrontation entre les besoins B et la réalité R permet de définir, et de quantifier (selon la mesure avec laquelle B et R l'ont été), les taux de satisfaction TS des deux familles (milieux ZHs et durabilité, versus socio-économie marchande ou spéculative et à court-terme). On n'ira pas dans le détail ici, en renvoyant sur des méthodes et réalisations décrites dans la littérature, et peu ou prou liées aux ZHs (Inond'habitat, micro-habitats, Inondabilité, approches contingentes, etc...). Ces TS peuvent représenter l'outil de base qui va permettre d'afficher les effets sur les ZHs et sur les exploitations (territoires) concernées, et leurs variations, selon les gestions, ou les laissez-faire, envisagés. La négociation est suscitée et guidée par l'affichage de tels TS (cf § 5).

On pourra objecter que cette manière de faire n'est pas habituelle, et que ce sont davantage les rapports de force, ou les simples considérations budgétaires à court terme, plutôt que ces "rapports de TS", qui emportent à ce jour l'essentiel des décisions. Sans doute, mais on fait ici le pari que l'innovation demandée au PNRZH pour aider à renverser la tendance vis-à-vis des ZHs, passe aussi par des propositions d'innovation des comportements, en matière de mode de décision dans l'exploitation du foncier ou dans l'aménagement des territoires : **est-ce là un sujet de recherche majeur en ZH ?**

Des TS à bases économiques voire monétarisées, sont possibles, mais on a donc choisi plus haut de les proposer plutôt à base de variables représentatives du fonctionnement écologique et

hydrique de la ZH (ou de l'exploitation "marchande" du terrain correspondant). Comme il a été dit plus haut, ces variables semblent a priori pertinentes et comprises par beaucoup.

Mais pour bien révéler les dimensions foncières et territoriales des négociations et décisions à prendre, et comme les TS proposés ont tous une forte "localisation", on comprend qu'une représentation foncière (carte) de ces TS est incontournable. C'est *in fine* une décision foncière qui va éliminer, maintenir ou recréer, une ZH.

Représentation cartographique des divers Taux de Satisfaction TS en compétition

On rappelle qu'on recherche ici une représentation des connaissances mobilisatrice pour la société, et qui affiche un aspect aussi essentiel pour elle que pour les ZHs : les aspects territoriaux, et les choix de mode de gestion des territoires et du foncier. Comme il faudra négocier durement, et en permanence, les TS définis précédemment devront être affichés de manière comparable : d'une part pour un scénario donné, afin de pouvoir comparer entre parcelles voisines (au moins la ZH *sensu stricto* et son espace de fonctionnalité, et parfois tout ou partie de ses bassins versants amont et aval), et d'autre part pour un territoire donné, afin de pouvoir comparer entre scénarios.

Les réalités R, et souvent les besoins B, varient plus ou moins dans le temps, et parfois fortement (pour R, surtout, lié souvent à l'irrégularité hydrologique). Il est donc indispensable de les synthétiser en "régimes", comme indiqué plus haut (fin du § 3). Il faut au moins des caractéristiques de conditions (très) humides et (très) sèches, parfois complétées par les conditions moyennes. Les caractéristiques non hydriques sont souvent liées aux hydriques, ce qui simplifie les cas de figure : par exemple les importantes conditions d'apports (et de sorties) non hydriques (matières, solutés, semences et graines, œufs et alevins, etc...) sont souvent liées aux crues.

La fig. 3 présente un mode déjà utilisé çà et là, avec un bon compromis synthèse/détails. Si on ne recherche qu'une indication qualitative, on ne retient que la couleur pour les B : satisfaits ou insatisfaits, avec un distingo entre conditions réelles en excès (X) ou en pénurie (N), de la ressource assurant le bon fonctionnement. Si on souhaite une quantification, synthétique mais autorisant des "calculs" (de type économétrique, même si ce n'est habituellement pas monétarisé), on s'attachera aux nombres au-delà de la simple couleur, et donc aux écarts (une (in)satisfaction peut-être confortable ou "juste") entre R et les B. Dans beaucoup de cas testés (B et R exprimables en quantité d'eau ou de pollution, par exemple, ou en durées de dépassement de tel seuil, ou en fréquences, etc...), cette quantification autorisée de vraies négociations. Les différences (R-Bi) sont même exprimables en volumes d'eau, lorsque les besoins sont définis à partir des cotes des eaux et de leurs durées : ceci donne un quasi-statut de monétarisation (monnaie "locale") pour la négociation à mener.

L'idéal est de synthétiser, au moins au début, avec une seule de ces "pastilles" (cf fig.3) par unité foncière ou territoriale, et par grande catégorie d'usage (ZH, agriculture, urbanisation, ...). Mais il est fréquent de devoir diversifier, si la négociation n'aboutit pas au seul vu de cette synthèse. Une fois cette "mécanique" lancée, et les données mises sur la table, on peut affiner à l'infini si nécessaire.

La fig.4 illustre ce que donne le principe précédent de représentation pour un chapelet de ZHs, actuelles ou potentielles, situées dans une partie de bassin versant où circulent quelques cours d'eau voisins des ZHs (liés ou non). On y a cartographié, à une échelle choisie, deux catégories de besoins classiquement en compétition (agriculture et ZH), chacun avec le couple habituel (besoins minimaux, et besoins de protection vis-à-vis des excès, pour la ressource concernée). Ce mode de présentation est indépendant de l'échelle, mais il faut bien sûr choisir cette dernière, idéalement en fonction de la décision à prendre (par ex. celle de l'unité foncière dont il faut décider du mode d'occu-

pation et de gestion), pratiquement en fonction des données disponibles (surtout pour R). Le bon usage de ce diagnostic cartographique est varié. Comme en remembrement, on pourra s'y appuyer pour faire des "échanges" : tenir compte des surfaces (principe d'égalité), des valeurs (fonctionnalités ZH et potentiels agronomiques), des faisabilités (écarts entre les R et Bi), des coûts des aménagements éventuels (induits par la réduction des écarts entre R et Bi), etc...

Concernant les aménagements, on peut avancer des règles de portée assez générales quand il s'agit d'aspects hydrauliques. On se rappellera que si une ZH manque d'eau (son BN est insatisfait), il est la plupart du temps aisé, économique et régionalement bénéfique de lui en donner davantage ; alors que si une parcelle cultivée en a trop (son BX est insatisfait), il faut faire des travaux de drainage, voire d'endiguement, aussi coûteux que régionalement pervers. A contrario, si des unités foncières ont de la marge dans la satisfaction de leurs besoins (satisfait "prononcé" : écart R-Bi confortable), il peut leur être demandé un "effort" de réduction de la marge de ce confort, s'il peut servir une unité voisine.

Dans l'exemple de la fig.4, il paraît raisonnable de laisser l'unité de gauche en l'état, les fonctionnalités agricoles (besoins B(a).) et de ZH (besoins B(z).) paraissant pouvoir y cohabiter, même si la ZH n'a peut-être pas ses besoins minimaux vraiment satisfaits : son BN est resté indéterminé, donc de TS inconnu, mais a priori pas nettement insatisfait, auquel cas on l'aurait quand même mis en insatisfait, même qualitativement avec des incertitudes. Les deux unités du bas de la figure, paraissent globalement insatisfaites pour les besoins agricoles, et gagneraient donc à rester ou devenir des ZHs, même si celle de gauche pourrait manquer de ressource. Si cette dernière est simplement l'eau (cas habituel), on se rappellera qu'il est assez aisé de l'augmenter, sans aménagement coûteux (par ex. simplement améliorer la connexion avec le cours d'eau voisin). Par contre, les deux unités du haut ont globalement des besoins mal satisfaits, tant pour l'agriculture que pour une ZH. Celle de gauche aurait plutôt vocation à rester ou devenir agricole, et celle de droite ni l'une ni l'autre (plutôt zone sèche naturelle, ou zone urbanisable ?).

Conclusion :

SERVIR EN CONNAISSANCES D'ABORD L'ESSENTIEL

On comprendra, au vu des propos précédents, toute la richesse de ces représentations cartographiques de TS, pour l'aménagement puis la gestion du foncier et des territoires. Mais il est indispensable pour cela d'oser formuler les besoins Bi, c'est à dire d'avoir un projet, et d'estimer ce qu'il exige pour réussir. Des estimations qualitatives des Bi (et même des R) sont souvent suffisantes, et en outre en hydraulique, aspect essentiel du bon fonctionnement des ZHs ou de leurs alternatives en compétition, les estimations quantitatives (tant des Bi que des R) sont souvent accessibles.

Les seules connaissances développées en matière de bon fonctionnement des ZHs, tant au PNRZH qu'ailleurs, ne suffisent donc pas à débloquer la situation. Elles doivent aussi être exploitées (reformulées) pour exprimer ces besoins Bi, et pour afficher en face les réalités subies R. C'est tout particulièrement vrai pour les régimes hydriques, souhaités (Bi) ou subis (R). **Et pour être efficace, il faut oser servir d'emblée l'essentiel, c'est à dire la résolution des conflits d'usage des sols, et jusqu'aux échelles foncières individuelles.** On y arrive en fournissant des éléments d'équité au titre du "partage" du territoire. Il faut aussi viser la durabilité plutôt que le seul besoin immédiat, et (re)expliquer en permanence car il peut y avoir "érosion" des savoirs et décisions prises, et grignotages sournois des acquis, ... Ce dernier aspect de durabilité renvoie à la quasi obligation d'avoir des gestionnaires permanents et professionnels des eaux et de leurs milieux, ce qui n'est pas exclusif des seules ZHs.

Représentation schématique des distances, entre disciplines d'une part, entre usagers et scientifiques d'autre part, et contributions possibles du PNRZH.

Figure 1

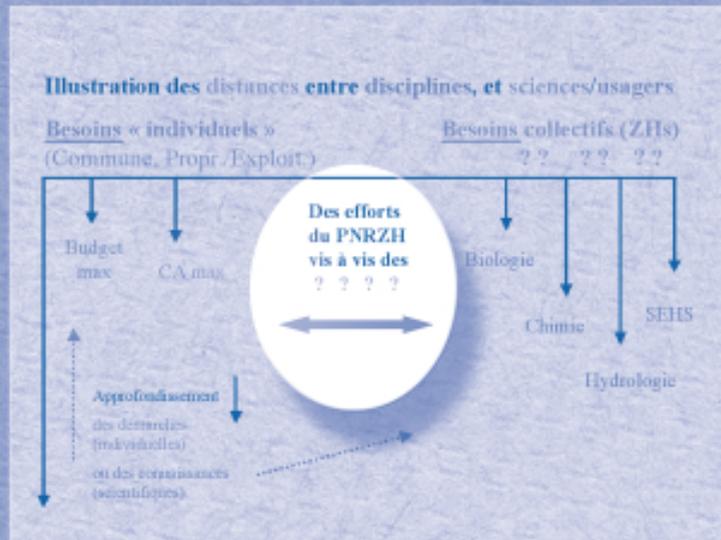


Figure 2

Illustration sommaire de la démarche de représentation "en régime" d'une chronique $x(t)$

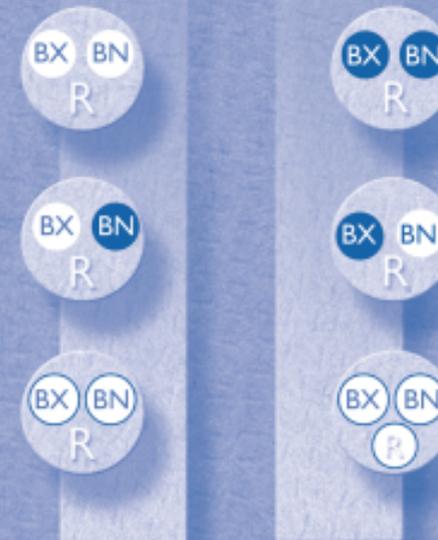
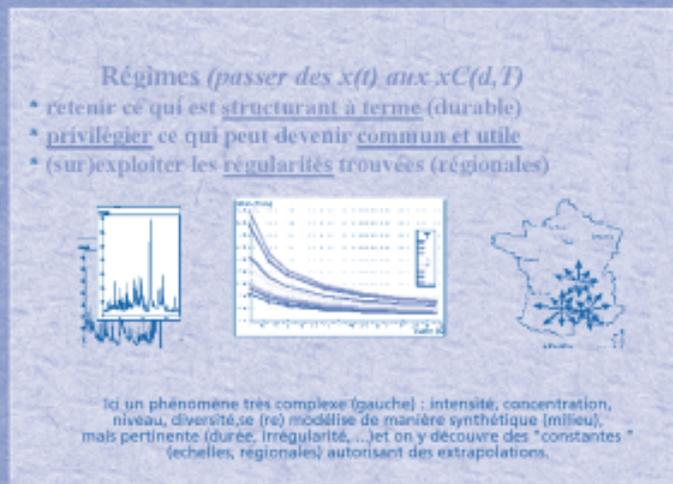


Figure 3

Représentation territoriale (foncière) des taux de satisfaction : principes
Les taux de satisfaction combinés, conduisent à 6 modes de gestion des eaux

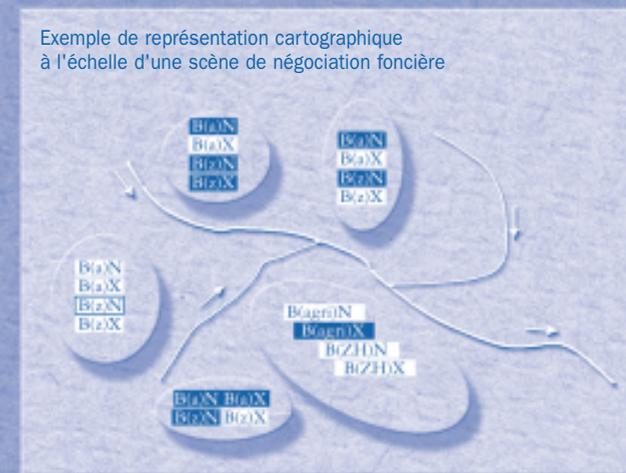
Besoins miNimaux BN sont face à hypothèses de R rare et faible, et les besoins maXimaux BX face à R rare et fort. Les taux de satisfaction se déduisent des comparaisons entre R et BX ou BN,

- Satisfait
- Insatisfait
- Cas bruts non solvables, sans objet ou réputés impossibles (besoins incohérents)
- BX Besoins maXimaux
- BN Besoins miNimaux
- R Réalités hydriques subies

Représentation territoriales (foncière) des taux de satisfaction : illustration (agriculture ZH)

Figure 4

Exemple de représentation cartographique à l'échelle d'une scène de négociation foncière



Une mise en forme des connaissances mobilisatrices à destination des acteurs : l'exemple des mares

BERTRAND SAJALOLI

(CENTRE DE BIOGÉOGRAPHIE-ÉCOLOGIE, FRE 2545 CNRS - ENS LSH)

bertrand.sajaloli@wanadoo.fr

A l'issue du projet "Les mares, des potentialités environnementales à revaloriser" du PNRZH, il est apparu que la simple préservation du semis de mares et des petites zones humides sur l'espace métropolitain n'est plus aujourd'hui assurée en raison de la méconnaissance, voire de l'opprobre, dont elles font encore l'objet et des difficultés spécifiques d'assurer leur protection.

Ce sont des lieux globalement dévalorisés sur un plan social du fait de la perte de leurs usages traditionnels ou, au contraire, des fonctions très ciblées qu'ils remplissent (bassin de décantation, retenues d'orage, ...). Ils connaissent des actions systématiques d'éradication conduites par des usagers privés sous les conseils, parfois, d'organismes publics d'aide technique à la gestion du sol. Enfin, ces petits lieux d'eau présentent une multitude de types de localisations (espaces urbain et périurbain, agricole, forestier, industriel ou infrastructures de transport...) et donc de cultures de gestionnaires, ce qui complique le message de valorisation à émettre. Le patrimoine zones humides est ainsi altéré dans son expression la plus humble et la plus discrète alors que les fonctions environnementales et sociales de ces hydrosystèmes élémentaires, très souvent placés en tête de bassin versant, sont essentielles au maintien de la qualité écologique et paysagère des territoires.

Par ailleurs, même les gestionnaires de l'espace soucieux de préserver ces lieux d'eau avouent une certaine impuissance devant l'objet mare, peinent à définir la contribution de ces petites zones humides au développement durable de l'espace et surtout à construire un discours d'adhésion sociale à leur préservation. Les difficultés de l'intégration des mares dans les politiques de protection du territoire constituent ainsi le point de départ de la réflexion présentée dans cet atelier. A cette fin, deux éléments illustrent une mise en forme des connaissances mobilisatrices à destination des acteurs. Ils débouchent sur le lancement du Pôle-Relais "Mares & Mouillères de France" qui s'insère dans le cadre du Plan National d'Action pour les Zones Humides.

La typologie patrimoniale :

OUTIL DE DIAGNOSTIC TERRITORIAL ET DE GESTION DE LA QUALITÉ BIOLOGIQUE ET SOCIALE DES MARES. FONDEMENT D'UNE STRATÉGIE DE SENSIBILISATION ET DE VALORISATION DE CES MILIEUX

Les mares, temporaires ou pérennes, présentent cinq caractéristiques qui gênent considérablement leur prise en compte par les différentes politiques ou mesures de gestion, de conservation ou de protection des milieux :

- ce sont de **petits objets, très nombreux**, d'une extrême variété morphologique, qui connaissent de surcroît une très grande dispersion géographique. De ce fait, l'inventaire des mares pose de grandes difficultés matérielles et reste donc, pour l'essentiel, à réaliser ;

- par ailleurs, **la biodiversité** de ces lieux d'eau apparaît tout à la fois considérable mais très fragmentée et éclatée, beaucoup d'espèces végétales ou animales, protégées ou plus communes, ne montrant par exemple qu'une seule station sur un échantillon pouvant atteindre plusieurs centaines de mares ;

- ce sont des **écosystèmes extrêmement mobiles** dans le temps et qui, de ce fait, présentent une biodiversité temporellement discontinue. En effet, le suivi biologique des mares et petits plans d'eau sur plusieurs années montre, qu'à l'exception de quelques espèces ubiquistes et tolérantes, l'essentiel de la biodiversité relève d'une fréquence d'apparition pluriannuelle. L'absence d'indicateur habituel de qualité de milieu à un moment donné peut alors amener l'observateur à conclure à la banalité du milieu, même si celui-ci pourra se révéler extrêmement riche quelques mois ou quelques années plus tard ;

- objets petits et isolés, dont l'expression temporelle et spatiale de la biodiversité est intermittente et fugace, les mares et petits plans d'eau constituent pourtant des **réseaux biologiques fonctionnels** dans lesquels chaque unité est en relation étroite avec ses voisines et contribue à la biodiversité d'ensemble. Or, le fonctionnement et les configurations de ces réseaux et les modalités de leurs connexions, sont encore très mal connus : la protection des réseaux pose aux aménageurs de grandes difficultés d'application du fait de l'importance des espaces interstitiels ;

- la trame cadastrale du territoire ne peut servir de base à la gestion de ces milieux qui, **le plus souvent, n'ont pas d'identité foncière spécifique** et sont inclus dans des unités de propriétés, et par conséquent dans des modes de valorisation, beaucoup plus vastes.

L'aménageur apparaît ainsi bien démuné devant les mares car ses outils habituels de diagnostic écologique et de gestion de l'espace supposent la stabilité temporelle de la qualité des milieux, des unités foncières qui soient au moins égales à la parcelle et des ensembles écologiquement fonctionnels compacts. En outre, il a à protéger un milieu perçu négativement par la majeure partie des usagers, qui, pour beaucoup d'entre eux, ne sont pas ses partenaires habituels. Or, cette impuissance du gestionnaire institutionnel de l'espace est d'autant plus lourde de conséquences pour les mares que les territoires dans lesquels elles s'inscrivent connaissent des changements de mode de valorisation brutaux. Il en ressort que le message de valorisation de ces milieux doit impérativement être transmis au propriétaire ou au simple gestionnaire de ces micro-zones humides. Dès lors, la question de la transmission des savoirs scientifiques devient prioritaire et constitue en elle-même une dimension spécifique.

Pour être en mesure de proposer une gestion durable de ces petites zones humides, il s'agit donc :

- de déterminer des indicateurs de qualité des milieux susceptibles de prendre en compte les caractères discontinus et dispersés d'une considérable richesse biologique ;

- de diagnostiquer les menaces et conflits d'usages mais aussi les potentialités de valorisation des mares souvent méconnues par les gestionnaires de l'espace ;

- de mettre en place une stratégie de conservation des semis de mares biologiquement interactifs en regard des perceptions, réglementations et usages des mares elles-mêmes, mais également des espaces dans lesquels les semis s'inscrivent ;

- et enfin de diffuser un message susceptible de modifier la perception négative des mares et de faire reconnaître, au sein de chaque filière d'acteurs, leurs bienfaits écologiques, paysagers, patrimoniaux et environnementaux.

Ainsi, l'objectif du programme est de proposer aux gestionnaires de l'espace un outil d'intervention raisonné sur le semis des 600 000 mares métropolitaines. Ceci passe par la mise au point d'une stratégie inventoriative adaptée aux principaux types de régions géographiques, par la confection d'une typologie géographique reliant usages et lieux et ceci débouche sur l'élaboration d'une typologie affectant à chaque mare une localisation spécifique, une valeur biologique donnée et un type particulier d'usage et de menace. Il est en effet possible de corréler situation, biologie et usages de la mare : ainsi, voit-

on bien émerger les fondements d'une typologie patrimoniale de nos micro-zones humides qui constitue un puissant outil d'intervention à l'échelle du semis. Cette démarche présuppose que la richesse de ces petites zones humides répond pour l'essentiel à des actions anthropiques.

Cet objectif finalisé du programme est réalisé à partir des 14 types élémentaires de localisation de mares identifiés, à partir des 10 sites, des 19 lieux et des 1717 mares suivies au cours du programme (tab. ci-dessous), à partir de la confection d'une considérable banque de données de plusieurs centaines de variables et ayant motivé de lourds traitements statistiques.

sites de recherche		déclinaisons territoriales	nombre de mares identifiées	nombre de mares suivies	nombre de mares dans la base de données finale
Nord		Bassin minier	30	15	15
		Forêt de Marchiennes	362	149	27
Picardie		Aulnois-sous-Laon	18	9	5
Haute Normandie		Montviette	300	13	5
centre	Thymerais	Châteauneuf-en-Thymerais dont Thimert et Tremblay	186	186	0
			80	80	0
	Sologne	A71	7	7	6
		Sologne de l'Est	10	10	0
		Pruniers-en-Sologne	6	6	0
	Cher	Châtelet-en-Berry	696	696	6
		Châteauneuf-sur-Cher	140	140	25
Chapelle d'Angillon		315	315	14	
Allier			341	42	21
Ile-de-France		Autoroutes A1, A4, A5	/	8	0
		Vallée du Petit Morin	292	11	0
		Massif de Rambouillet	+de 1000	24	0
		Viosne	/	6	0
		Jouarre	132	80	16
TOTAUX			3835	1717	140

A leur issue, les variables morphologiques et gestionnelles apparaissent étroitement corréliées à l'espace dans lequel elles s'inscrivent. Ainsi, l'éclaircissement de la mare, facteur abiotique essentiel à la dynamique écologique du milieu mare (fig. 1), et les usages de la mare (fig. 2) sont avant tout le fait du type de localisation géographique de ces petits lieux d'eau.

De même, l'évaluation de la biodiversité par type de mares conduit, à travers le prisme de la flore supérieure, à réaffirmer la logique anthropique d'ensemble. En effet, à une richesse floristique considérable (291 espèces dont 101 sont d'intérêt patrimonial) répond l'opposition (fig. 3) entre une extrême fragmentation de cette biodiversité (61% des taxons patrimoniaux ne connaissent qu'une seule station) et une forte banalité diffuse (deux espèces étant présentes dans une mare sur deux, huit dans une sur quatre). En d'autres termes, cela signifie que dans un espace donné (une commune, un canton), la suppression d'une mare sans inventaire préalable entraîne, à hauteur d'une chance ou plutôt d'une malchance sur deux, le risque de voir disparaître la seule station d'une plante de grand intérêt patrimonial. On mesure là toute la difficulté de mettre en place une action concertée de protection de la nature et l'urgence d'élaborer un outil permettant un meilleur diagnostic environnemental.

Un premier élément nous en est fourni par la répartition de la richesse floristique par type de mares (fig. 4 et 5).

Les mares routières et autoroutières et les mares de prairies confisquent respectivement près de la moitié et du tiers des espèces inventoriées et présentent donc un intérêt stratégique majeur. Celles situées au sein des coupes, des lisières et bosquets, des landes, de l'habitat dispersé extérieur au village, de l'habitat groupé en périphérie de village en recèlent près du tiers. A l'inverse, les mares forestières (feuillues, taillis ou résineux), les mares de champs ou celles situées à l'intérieur des cours de ferme surprennent par l'indigence de leur diversité spécifique et donc porteuses de moindres enjeux environnementaux.

Cette discrimination spatiale est encore accentuée si l'on examine la répartition des richesses écologiques. Les mares routières et autoroutières deviennent les championnes de la biodiversité floristique : près de la moitié des espèces patrimoniales y trouvent refuge. Il s'agit là d'un étonnant constat et en tout cas d'une réalité que nous n'avions absolument pas appréhendée en débutant ce programme. Il donne aux gestionnaires des infrastructures de transport routiers d'indéniables responsabilités en terme de protection de la nature, alors même qu'ils n'ont aucune conscience de la valeur biologique de l'objet, perçu et géré uniquement comme remplissant des fonctions épuratoires ou de rétention des eaux inscrites dans la Loi sur l'eau de 1992. Les mares prairiales retrouvent une place de préférence, surtout qu'elles sont de loin les plus nombreuses.

Mais, en l'état, ces informations sont peu accessibles aux acteurs sociaux, d'où une importante réflexion sur la mise en forme des connaissances et la confection d'un indice composite de sensibilité confrontant la richesse du milieu au degré de menace de chaque type de mares (tab. ci-après). Il en ressort six classes de sensibilité qui permettent de définir objectivement un ordre de priorité pour les éventuelles actions de restauration ou d'entretien.

Aujourd'hui, le principal enjeu de protection porte incontestablement sur les mares prairiales (C1). Face à l'intensification de la filière élevage et à la transformation des pratiques agricoles, la rapide disparition des mares et la fragilisation des réseaux connexes se poursuit.

A l'inverse, les mares autoroutières, extrêmement riches, subissent très peu de menaces (C4). Ces jeunes mares, creusées suite à la loi sur l'eau de 1992, sont régulièrement entretenues. Leur fonction épuratrice, plus que jamais d'actualité, les préserve de l'abandon ou du comblement. A terme, la concentration de polluants dans ces bassins risque de nuire à la qualité du milieu.

Les mares de lisière et de coupe, très riches en espèces banales et patrimoniales, reflètent les potentialités des mares de feuillues et de taillis (C5).

Les milieux forestiers fermés sont peu favorables, par manque d'éclaircissement, au développement de la biodiversité sur de petites surfaces en eau. A ce titre, le gestionnaire de l'espace forestier reste le garant du maintien de la richesse de ces micro-zones humides.

	Indice de biodiversité	Degré de menace	classe de sensibilité
Prairie	++++	----	C1 : très forte sensibilité des mares prairiales
Champs	++	----	C2 : forte sensibilité
Habitat groupé en périphérie du village	++	----	
Habitat groupé à l'intérieur du village	++	---	
Chemin	++	--	C3 : sensibilité faible
Habitat dispersé extérieur aux bâtiments	+++	--	
Lande friche	+++	--	
Résineux	+++	--	
Route et autoroute	++++	-	C4 : sensibilité presque nulle
Lisière bosquet	+++	-	
Coupe fourré	++++	-	
Taillis	+	--	C5 : sensibilité presque nulle
Feuillus	+	--	
Habitat dispersé intérieur aux bâtiments	+	---	C6 : sensibilité assez forte

Indice de biodiversité		Degré de menace	
+	faible	-	faible
++	assez faible	--	assez faible
+++	fort	---	fort
++++	exceptionnel	----	exceptionnel

Les mares de chemin, de lande et friche ou à l'extérieur des bâtiments isolés, sont essentiellement affectées par la perte des usages et un abandon consécutif (C3). Sans fonction, elles sont comblées naturellement ou par des dépôts malgré leur forte participation à la qualité biologique des espaces ruraux.

Les mares à l'intérieur des bâtiments (C6) présentent des potentialités fortes par le biais des jardins. L'engouement du grand public pour les petites pièces d'eau favorise leur réutilisation ou leur creusement autour des habitations. L'implantation d'espèces exotiques et un entretien intensif des berges limitent pourtant d'emblée leurs richesses biologiques. Au même titre, les mares au cœur des villages, converties en plans d'eau ornementaux, sont particulièrement menacées par une banalisation irréversible de leur biodiversité.

Avec les mares de champs et les mares en périphérie des villages qui ont perdu leur usage d'abreuvoir, elles constituent une catégorie sensible aux dégradations (C2).

Les six catégories de mares constituent à la fois les fondements d'un outil d'aide à la décision en ciblant les types de mares prioritaires (mares prairiales, mares de champs et d'habitat groupé) et d'un outil d'aide à la gestion par une définition des grands types de dégradations qu'ils subissent (abandon, entretien intensif).

Même si les grandes logiques explicatives de la qualité biologique d'une mare sont maintenant perçues, cette biodiversité n'en reste pas moins déterminée par une combinaison complexe des facteurs abiotiques et gestionnels. Les analyses des correspondances multiples et la classification mixte valident ces premières pistes et apportent les éléments nécessaires à une vision multi-dimensionnelle. Au terme de ce long et patient appareillage statistique, l'interprétation de treize axes factoriels à partir des modalités les plus significatives permet l'identification de sept axes factoriels très caractéristiques. Ainsi, les 600 000 mares métropolitaines ont pu être ramenées à 7 "mares-veilles" - mares forestières, mares de champ, mares d'habitats groupés et dispersés, mares en milieu pionnier de coupe ou de fourrés, mares en milieu pionnier de friches ou de landes, mares prairiales, mares liées aux infrastructures de transport - qui présentent chacune des enjeux patrimoniaux hiérarchisés et des configurations de menaces ou de potentialités dissemblables.

Dès lors, des stratégies de gestion et de sensibilisation peuvent être édictées. Elles placent l'étude des représentations et perceptions des petites zones humides au cœur des stratégies d'action, et confèrent à l'exploration de la dimension sociale un rôle déterminant pour la revalorisation de l'objet-mare. En effet, quand les fonctions et usages des mares sont méconnus ou négligés, et que ces lieux d'eau perdent ce caractère domestique et rural qui pour l'essentiel a assuré leur permanence, seule la compréhension de leurs dimensions psycho-sociales permettra l'élaboration d'une stratégie de communication susceptible de rencontrer l'adhésion. Il s'agit donc de les ériger en outil opérant de gestion de l'espace. L'élaboration d'une stratégie d'adhésion à la protection des mares, conjuguant diversité des enjeux environnementaux afférents aux petits lieux d'eau et multiplicité des sensibilités de leurs gestionnaires, se construit ainsi sur un discours de valorisation situé à l'interface des dimensions psychosociales et écologiques. Testée sur la commune de Jouarre auprès d'un échantillon représentatif d'agriculteurs et d'environnementalistes, cette démarche a permis de dégager cinq dimensions symboliques de la mare susceptibles de construire un message ciblé de protection et de valorisation des mares (tab. page suivante).

Ainsi, entre recherche fondamentale et recherche appliquée, entre sciences humaines et sciences physiques, s'est construite une stratégie de valorisation et de protection des mares destinée tout à la fois aux gestionnaires institutionnels et aux utilisateurs directs de ces micro-zones humides. Parallèlement, une action de communication des résultats de la recherche s'est traduite par le lancement d'un site Internet qui tente de reprendre les principaux résultats du programme et de les présenter sous forme simplifiée et directement accessible au plus grand nombre.

Entretiens	Les pratiques										Les sentiments						L'objet spirituel		Lieu de mémoire		Objet esthétique		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	S1	S2	S3	S4	S5	S6	OS1	OS2	OM1	OM2	OE1	OE2	
Agriculteurs																							
E1									1	1			2	3				1		1			
E2	1								1								1			1	1	1	
E2 bis	1		1						1						1	3		1	1	2	1		
E3	1								1							1				1	1		
E4	1				1				1							1	1		1	1	1		
E5					1	1			1				1		1	1				1	1		
E6									1		1		1								1		
E7									1				1										
E8					2															2			
E9					1	1																	
Environnementalistes																							
E10	1								1								1	1			1		
E11		5	4	3		2							3	1			1	1			1		
E12		4	1	1							2		4		2			1	1			1	
E13						2							1									1	
E14					1								1	1					1			1	
E15						2			1											1	1		
Total	5	9	5	4	2	4	2	7	2	6	4	3	14	5	3	2	5	3	4	3	11	9	4
Agriculteurs	4	0	0	0	1	0	5	2	5	3	1	5	3	1	2	5	2	2	2	9	6	1	
Environnementalistes	1	9	5	4	1	4	2	0	1	1	2	9	2	2	0	0	1	2	1	2	3	3	

Le site internet des mares

Le site Internet consacré aux mares a été créé par Olivier Limoges et Bertrand Sajaloli à la fin du printemps 1999. Il a été considérablement enrichi en mai 2001. Il a été depuis refondu et est consultable à l'adresse suivante : www.polerelaimares.org. Ce site, qui s'inscrit dans le cadre du fonctionnement du programme mares répond à trois objectifs distincts.

Le premier objectif est de présenter les thèmes de recherches du programme et les principales collaborations engagées à travers les trois axes retenus que sont les mares rurales, les mares forestières et les mares liées aux milieux fortement anthropisés. Les premiers résultats opérationnels sont brièvement exposés depuis novembre 1999.

Le deuxième objectif est de fournir des outils d'études et de gestion des mares à l'ensemble des personnes ou organismes intéressés par ces micro-zones humides. Il se décline en deux rubriques, "la bibliographie" et "les outils pratiques". La première comprend plus de 350 ouvrages rassemblés par thèmes (approche globale, eau, flore, faune, aménagement et gestion) et une sélection de 14 ouvrages pratiques. La seconde rubrique propose des outils pour la connaissance des mares. Il s'agit, après recension des principales difficultés d'appréhension de l'objet, de proposer un corpus commun de notions épistémologiques et méthodologiques afin que chaque structure engagée dans la valorisation des mares puisse faire l'économie des difficultés conceptuelles ou pratiques préalables à leur étude. Ainsi, un premier thème ("définir") recense et critique plus de 50 définitions de l'objet et propose, après une campagne de terrain portant sur plus de 2000 mares métropolitaines, un cadre définitionnel susceptible de s'appliquer aux diverses régions françaises. De même, un deuxième thème

("inventorier") dévoile les difficultés d'effectuer l'inventaire des mares dans une portion de territoire donnée et montre les limites des documents cartographiques ou iconographiques les plus courants (carte topographique, cadastre, photographie aérienne, ...); enfin, une stratégie inventoriale est proposée et testée. Plus récemment, de nouveaux thèmes ont été rajoutés : proposition d'une fiche descriptive de la physionomie, de l'environnement, des usages et des richesses floristiques et faunistiques des mares ; aide à la détermination des espèces floristiques et faunistiques les plus courantes à travers un corpus iconographique et textuel présentant les caractères spécifiques distinctifs ; présentation des maladies liées aux mares (leptospirose et maladie de Lyme) ; protocole d'étude de la qualité physico-chimique des eaux et interprétation des principaux résultats.

Le troisième objectif est de rassembler et de mettre en contact l'ensemble des personnes physiques ou organismes intéressés par la valorisation des mares. La rubrique "la France des mares" se veut le reflet de toutes les actions de protection ou d'études entreprises sur le thème des mares. Il s'agit, d'une part, d'élaborer une banque de données permettant de situer institutionnellement et géographiquement les interventions sur ces micro-zones humides et, d'autre part, d'esquisser un bilan des actions en cours et de constituer un réseau de correspondants susceptibles d'échanger informations et conseils.

Notre volonté générale est que ce site soit un véritable lieu de rencontres et de discussions. Le nombre des mares, leur dispersion géographique, la multitude des actions et des formes d'interventions engagées, rendent impérieuse la constitution d'un réseau de compétences et d'acteurs afin que ces zones humides, à la fois si triviales et si singulières, puissent être efficacement connues, reconnues et valorisées. C'est aussi l'esprit du Pôle-Relais "Mares & Mouillères de France" dont les principaux éléments stratégiques sont présentés.

Le pôle-relais Mares & Mouillères de France

Le Pôle-Relais "Mares & Mouillères de France", s'inscrivant dans le cadre du Plan National d'Action pour les Zones Humides a été confié à l'Institut Européen du Développement Durable et au Centre de Biogéographie-Écologie (FRE 2545 CNRSP-ENS LSH) sous la tutelle de la DIREN Ile-de-France (DIREN pilote), de la DIREN Centre (DIREN d'appui) et des Agences de l'eau Artois-Picardie et Loire-Bretagne. Il s'agit de sensibiliser le grand public et les gestionnaires de l'espace à la nécessité de pérenniser l'actuel semis de mares et d'apporter une aide concrète aux aménageurs dans un contexte de changements très rapides intervenant dans les modes de valorisation du sol et dans les outils juridiques ou techniques de protection des milieux. Cette proposition s'inscrit bien en droit-fil du PNRZH "Les mares, des potentialités environnementales à valoriser" dont elle prolonge et concrétise les objectifs.

La stratégie de sensibilisation à l'intérêt environnemental et patrimonial des mares et petits lieux d'eau s'articule en deux volets principaux : "Sensibilisation auprès du grand public" et "Sensibilisation auprès des gestionnaires".

Le premier volet - sensibilisation du grand public - vise à toucher la population française, notamment dans ses composantes les plus jeunes, car nous avons la conviction que les actions des corps constitués ne peuvent être efficaces et durables que si elles sont relayées par un engouement ou un intérêt des sociétés locales. En outre, comme l'immense majorité des mares se trouvent incluses dans des propriétés privées, seule une campagne ciblée permettra de modifier le regard de défiance que le propriétaire porte encore trop souvent sur les petites zones humides. Elle se décline en 4 :

- l'opération jeune public s'oriente d'abord vers la presse jeune qui, en progression croissante, fait la part belle aux thématiques environnementales. Il s'agit donc de multiplier les articles et

dossiers sur les mares et petits lieux d'eau, ou sur quelques-unes des espèces qu'ils renferment. De même, l'importance symbolique des mares dans les sorties pédagogiques encore effectuées par les professeurs d'école ou les enseignants du secondaire montrent la nécessité de mettre en place des actions éducatives en partenariat avec l'Education Nationale, les Centres Régionaux de Documentations Pédagogiques et, plus généralement, l'ensemble de la communauté éducative. L'élaboration d'un cédérom interactif pourrait constituer une action pertinente à l'heure où l'informatisation des écoles primaires, des collèges et des lycées se généralise ;

- l'opération public adulte reprend et amplifie les actions déjà amorcées dans le programme. Après deux émissions de télévision et différents articles parus dans la presse nationale, il s'agit de poursuivre cette occupation des médias en direction notamment de la radio et de la presse hebdomadaire. De même, les quelques expériences acquises autour de la presse locale ont montré tout le bienfait que l'on pouvait attendre de ce type d'intervention en milieu rural. L'attachement des français au patrimoine rural pourrait enfin motiver une action en faveur des mares en lançant l'opération "Mares d'hier, Mares d'aujourd'hui". Il s'agirait, à partir des très nombreuses cartes postales du début du siècle ou de l'Entre Deux Guerres représentant des mares, de photographier le paysage actuel avec le même angle de vue. Cette opération serait le prétexte à l'organisation d'un concours national et le prélude à une série d'expositions nationale et régionale ;

- l'opération vers les éducateurs vise à susciter, impulser et accompagner les actions éducatives sur les mares pour sensibiliser les formateurs aux valeurs et fonctions de ces lieux d'eau. Dans un contexte où la mare est un lieu pédagogique emblématique, il s'agit de fournir aux enseignants des outils concrets d'analyse afin d'étayer leur argumentaire en faveur de la défense de ces milieux. Cette opération impliquerait plus particulièrement le Comité français du Programme "L'Homme et la Biosphère" de l'UNESCO à travers l'Observatoire des Mares de Fontainebleau ;

- enfin, l'ouverture du premier Musée des Mares sur la commune de Villeneuve sur Allier, en collaboration le Conservatoire des Sites Naturels de l'Allier constituera la seconde vitrine grand public du Pôle-Relais.

Le deuxième volet "stratégie de sensibilisation auprès des gestionnaires" connaît deux inflexions.

- la première investit les filières d'usages qui, multiples et hétérogènes, perçoivent et utilisent les mares et milieux humides de manières extrêmement variables. Il s'agit donc d'élaborer des plaquettes et des actions de communication ciblées en direction des principaux usagers et leur montrer, non de manière globale, mais de façon adaptée à leurs préoccupations et modes de valorisation des zones humides, tout le bienfait qu'il y a à maintenir les mares dans un état écologique satisfaisant. Cette approche par filière d'usages nous paraît essentielle dans la mesure où les gestionnaires sont très différents et qu'un discours susceptible d'interpeller un chasseur ou un pêcheur ne pourra être entendu par un industriel ou une société d'exploitation autoroutière. L'idée principale de la stratégie de sensibilisation est de monter une opération pilote avec un partenaire représentatif de sa filière d'usage et, ensuite, de s'appuyer sur cette action pour mobiliser l'ensemble de la filière ;

- la seconde, impérieuse mais déjà amorcée dans le cadre du programme mares, s'oriente vers l'animation de réseaux regroupant les partenaires habituels de la gestion et de la protection des milieux naturels. Il s'agit d'animer ce réseau par des actions communes et de créer des structures de conseils et d'aides à la décision afin que les informations et expériences accumulées puissent circuler et profiter rapidement à l'ensemble des gestionnaires. En effet, l'extrême dispersion de l'objet-mare est à l'origine d'une dispersion non moins forte des organismes et personnes morales ou privées s'attachant à leur étude ou à leur préservation. Il en découle aujourd'hui de grandes pertes d'énergie et d'informations : la nécessité d'un pôle-ressource rassemblant les connaissances actuelles sur les différents aspects de la gestion des petites zones humides est donc très forte.

Les propositions du Pôle-Relais pour la période 2001-2003 découlent de la stratégie mise en place précédemment. Elles sont le résultat d'une multitude de contacts pris à travers toute la France, auprès d'organismes très dissemblables que nous avons rassemblés pour assurer la cohérence du projet. L'accord de ces acteurs apparaît en soi comme un facteur encourageant pour le lancement du Pôle-Relais "Mares & Mouillères de France".

Conclusion

Avant tout conçus comme objet de valorisation, les résultats de la recherche conduite au sein du PNRZH "Les mares, des potentialités environnementales à revaloriser" s'organisent autour de l'élaboration d'une stratégie d'actions visant à enrayer le déclin numérique des mares, à évaluer leur contribution à la qualité biologique des territoires et enfin à bâtir une argumentation sociale de revalorisation de ces milieux. Cette pensée pragmatique est d'abord le fruit d'une démarche géographique qui place l'espace au cœur de ses préoccupations et confère à l'interdisciplinarité, à la confrontation des regards une dimension problématique forte. C'est pourquoi les résultats de la recherche ne peuvent être isolés de la valorisation qu'ils suscitent et que nous avons décidé de les présenter conjointement. Le rapport final présente en effet un patient cheminement qui, de la reconnaissance lexicale de l'objet-mare jusqu'à l'édiction d'un plan raisonné de préservation du semis confronte sans cesse la recherche fondamentale proprement dite à ses traductions appliquées.

Il en ressort, d'une part, de nouveaux besoins de recherche portant sur :

- la connectivité des réseaux de mares ;
- le fonctionnement de l'écosystème proprement dit (variations saisonnières et interannuelles des chaînes trophiques et de la biodiversité) ;
- l'élaboration de bio-indicateurs ;
- et enfin un approfondissement et une extension des perceptions et des représentations afférentes à ces milieux afin de construire un discours social de préservation.

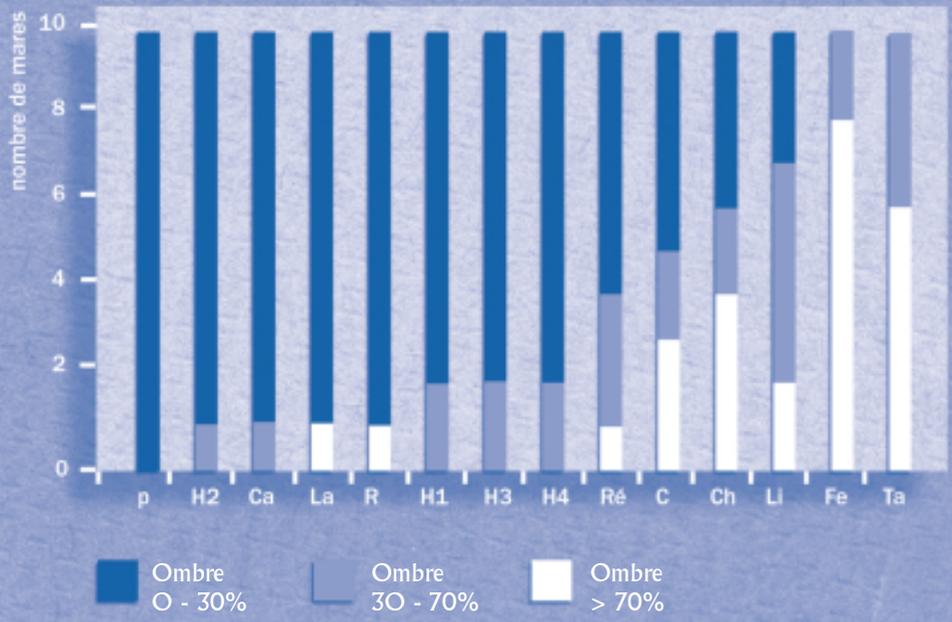
Par ailleurs, c'est à travers le Pôle-Relais "Mares & Mouillères de France" et suite aux acquis de ce PNRZH, qu'un plan de bataille pour préserver la vie biologique et anthropique des 600 000 mares métropolitaines est proposé.

Bibliographie

- Sajaloli B. et Dutilleul C., 2001, Les mares, des potentialités environnementales à revaloriser, Rapport final du Programme National de Recherche sur les Zones Humides "Les mares, des potentialités environnementales à revaloriser", Centre de Biogéographie-Ecologie (UMR 8505 CNRS - ENS LSH), 142 pp.
- Sajaloli B. et Limoges O., 2001, Le Pôle-Relais Mares & Mouillères de France, Étude de faisabilité commanditée par le Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, Centre de Biogéographie-Ecologie de l'École Normale Supérieure Lettres et Sciences Humaines, UMR 8505 CNRS - ENS LSH, 42pp.
- Sajaloli B., Limoges O., Dutilleul C. & Thullie A., 2001, Contribution des mares à la qualité biologique et sociale des territoires. Exemples pris dans le Bassin Parisien, In L'eau, de la cellule au paysage, Collection Environnement, Edition Elsevier, pp. 215-234.
- Sajaloli B., Limoges O., Girod V., Pirot F. & Dutilleul C., 2001, La mare, ciel et miroir du paysage. Contribution à l'étude des perceptions et représentations des petites zones humides et à la définition d'une stratégie d'adhésion sociale à leur préservation, Actes du Colloque International "Hydrosystèmes, Paysages, Territoires", Lille, 6-8 Septembre 2001, cédérom, <http://www.univ-lille.fr/geographie/labo/gma.htm>
- Sajaloli B., Thullie A., C. Dutilleul & Pirot F., 2001, La typologie patrimoniale des mares, un outil de diagnostic territorial et de gestion de la qualité biologique des mares, Programme Nationale de Recherche sur les Zones Humides "Les mares, des potentialités environnementales à revaloriser", Centre de Biogéographie-Ecologie (UMR 8505 CNRS - ENS LSH), Centre de Compétences Thématiques CNRS "Modélisation, Analyse Spatiale, SIG" (CNRS-CEIAS-SIS-UMR 8564), 65pp.

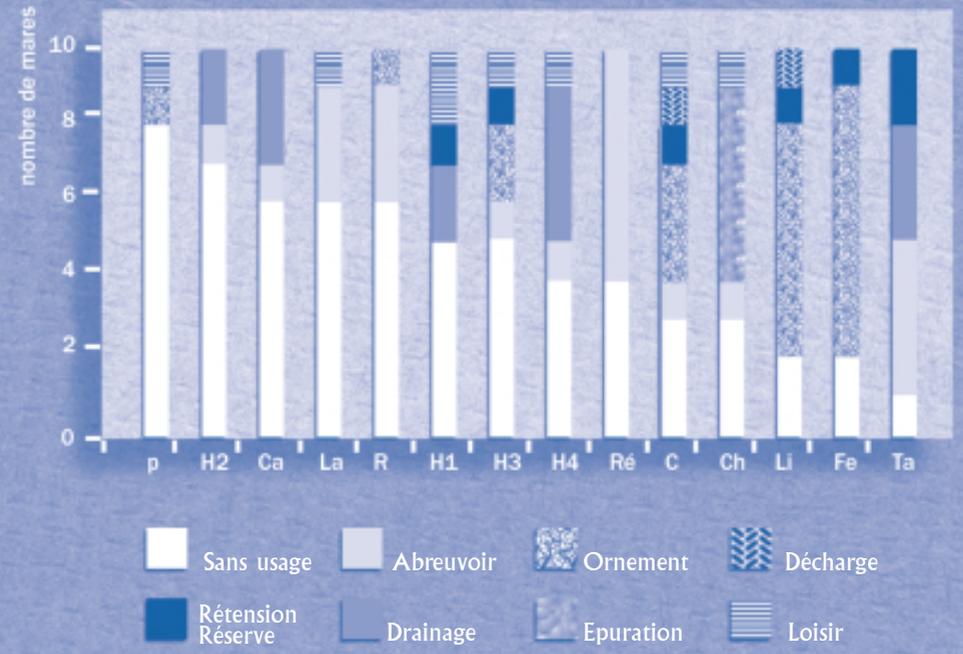
Eclaircement par type de mare

Figure 1



Usage par type de mare

Figure 2



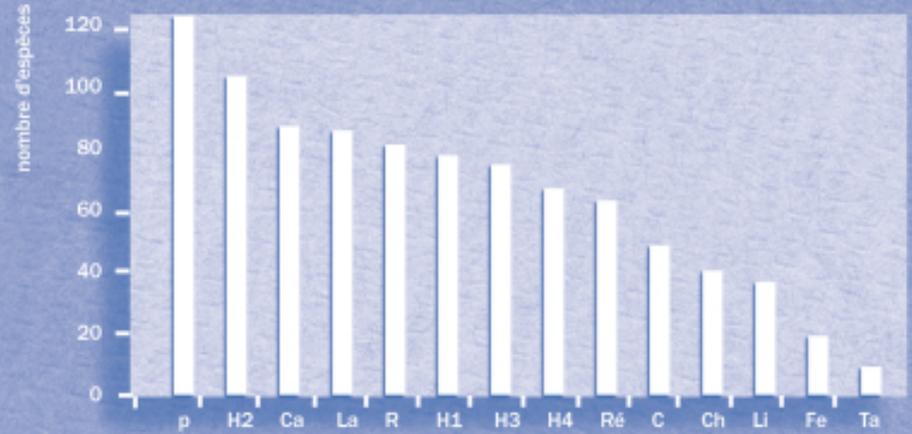
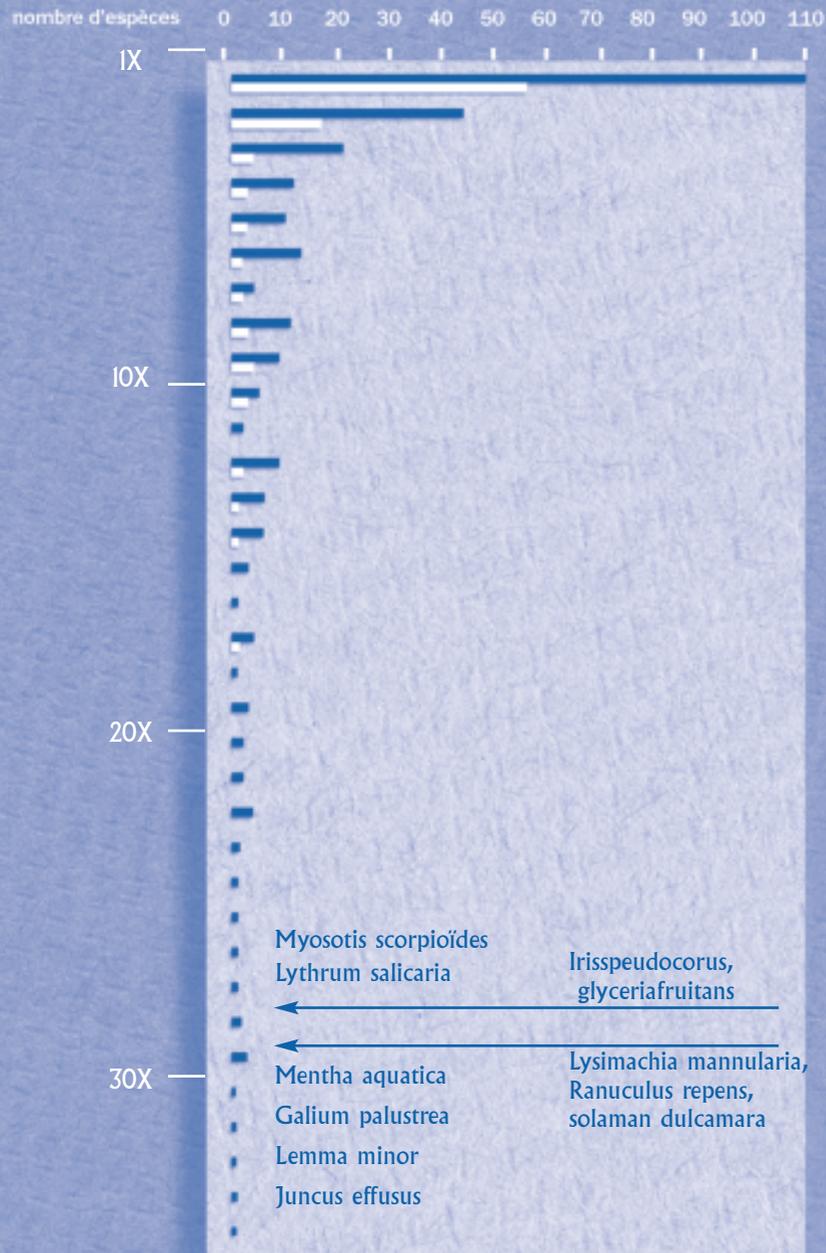
Pr : prairie - H2 : habitat dispersé à l'extérieur des bâtiments - Co : coupe - LA : lande - R : route - H1 : habitat dispersé à l'intérieur des bâtiments - H3 : habitat groupé en périphérie de village - H4 : habitat groupé à l'intérieur du village - Ré : résineux - C : champ - Ch : chemin - Li : lisière - Fe : feuillus - Ta : taillis.

21

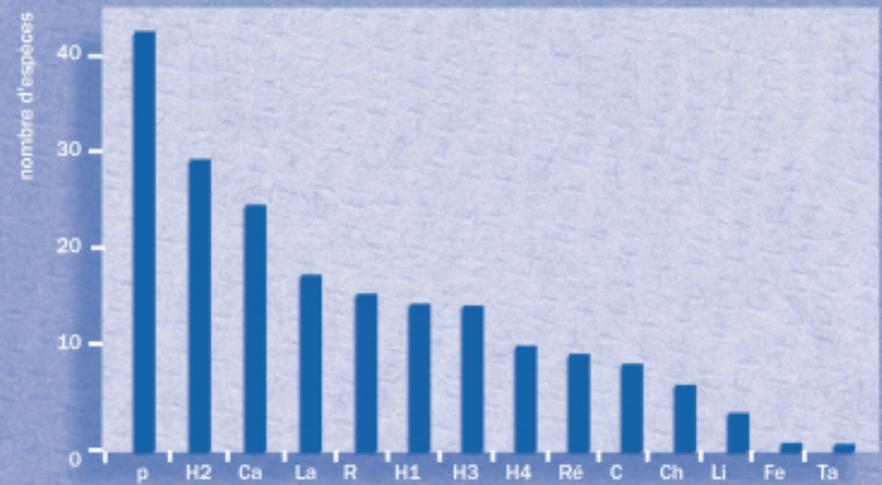
Figure 3

Figure 4

Figure 5



Richesse spécifique par type de mare



Richesse patrimoniale par type de mare

■ Fréquence d'apparition des espèces dont
 □ Espèces patrimoniales

Diagnostic fonctionnel des zones humides fluviales : vers un outil d'aide à la gestion et à la conservation

GUDRUN BORNETTE, (UMR CNRS 5023 "ÉCOLOGIE DES HYDROSYSTÈMES FLUVIAUX",
UNIVERSITÉ C. BERNARD-LYON 1)

bornette@avosnes.univ-lyon1.fr

HERVÉ PIÉGAY, (UMR CNRS 5600 "ENVIRONNEMENT-VIE-SOCIÉTÉ", UNIVERSITÉ LYON 3)

piegay@sunlyon3.univ-lyon3.fr

ERIC HÉROUIN, (CEMAGREF)

CLAUDE AMOROS, (UMR CNRS 5023 "ÉCOLOGIE DES HYDROSYSTÈMES FLUVIAUX",
UNIVERSITÉ C. BERNARD-LYON 1)

amoros@univ-lyon1.fr

Problématique

Les zones humides fluviales établies sur les anciens lits doivent leur origine à la dynamique fluviale responsable de la création, puis de l'abandon des chenaux. Les successions écologiques qui s'y déroulent les conduisent parfois très rapidement (en quelques décennies) à l'atterrissement complet. Or, la dynamique fluviale qui pouvait, en créant de nouveaux biotopes, compenser ces disparitions de zones humides, est maintenant bloquée par les aménagements des cours d'eau.

Comment conserver ces zones humides, c'est-à-dire comment freiner les successions par une gestion environnementale (cela peut aller jusqu'à la gestion de l'hydrologie du cours d'eau) ?

Peut-on, et si oui comment, restaurer celles qui seraient trop dégradées ou trop atterries ?

Pour répondre à ces questions, il apparaît nécessaire de disposer d'une méthode de diagnostic sur l'évolution probable et sur les potentialités de réversibilité des zones humides fluviales, ce qui revient à identifier, à quantifier et à modéliser les processus responsables de leur évolution. En effet, en fonction de l'espérance de vie de chaque zone humide, il convient de s'interroger sur l'intérêt de prendre des mesures de protection ou d'envisager, en fonction de leur durabilité éventuelle, des opérations de restauration.

Objectifs

Notre objectif a été d'élaborer un outil de diagnostic écologique multicritères à partir de données collectées sur le Rhône et l'Ain. Dans une seconde étape, la méthode a été mise à l'épreuve sur les zones humides du Doubs. Pour la cohérence du diagnostic, nous avons choisi de nous focaliser

sur les anciens lits fluviaux encore appelés bras morts, tous intimement liés au fonctionnement du cours actif, possédant des conditions de genèse et des dynamiques comparables.

Les études portant sur les zones humides fluviales négligent généralement de prendre en compte le fonctionnement des milieux, dû en particulier à l'hydrologie et à la dynamique fluviale (voir par exemple Vegetatio, 1995, n°119, sur les zones humides). Des travaux pluridisciplinaires menés sur le Haut-Rhône ont permis d'élaborer une typologie des écosystèmes péri-fluviaux intégrant leur géomorphologie, leur date de création et le type de succession écologique (Bravard et coll. 1986 ; Amoros et coll. 1987). Des études plus récentes ont démontré que le régime des perturbations hydrauliques peut agir sur la succession dans ce type d'écosystèmes et même, dans certains cas, arrêter les processus successionnels (Bornette et coll. 1994). En ce qui concerne la valeur indicatrice des peuplements végétaux, des travaux ont permis d'établir un diagnostic sur le degré de trophie des lacs (Lachavanne et coll. 1985), des rivières (Kohler et coll. 1974) ou des zones humides fluviales (Carbiener et coll. 1990).

Les connaissances acquises et les expériences antérieures ont permis de sélectionner les descripteurs indispensables au diagnostic multicritères : la géomorphologie, l'hydrologie, l'hydraulique, et les descripteurs biotiques constitués par les végétaux aquatiques et semi-aquatiques (hydrophytes et héliophytes). Trois niveaux hiérarchiques ont été considérés : les hydrosystèmes, le secteur fonctionnel (sensu Bravard et coll. 1986), et la zone humide.

L'outil finalisé, en échange d'informations recueillies sur le site, fournit un diagnostic complet intégrant les dimensions physiques et écologiques de la zone humide (fonctionnement, durée de vie potentielle, nécessité et possibilité d'envisager des opérations de restauration, durabilité des effets de restauration).

Étapes de la méthode

D iagnostic fonctionnel

Les données floristiques, physico-chimiques, géomorphologiques et hydrauliques collectées sur les anciens chenaux du Rhône nous ont amenées à distinguer deux facteurs structurant la biodiversité dans ces anciens chenaux. D'une part, les débordements lors des crues, qui, lorsqu'ils sont suffisamment fréquents et intenses, sont capables d'empêcher l'accumulation de matière organique, d'éroder les communautés vivantes et, de manière ultime, le substrat graveleux. D'autre part, les apports d'eau souterraine qui sont capables, en fonction de leur origine et de leur taux de renouvellement dans l'ancien chenal, de régir la teneur en nutriments des anciens chenaux, et même dans certains cas, d'agir sur la vitesse des successions. Ces deux types de facteurs agissent sur la composition et la richesse spécifique, mais également sur le patron et sur la vitesse des successions dans les anciens chenaux (Bornette et coll. 1998). Les chenaux à forte sinuosité (méandriques) sont caractérisés par une forte capacité hydraulique (fortes profondeurs et largeurs). L'influence des eaux souterraines (température, trophie) est altérée par un taux de renouvellement beaucoup plus faible que dans des chenaux à plus faible capacité hydraulique (tressage, basses de convexité). Ces méandres possèdent par conséquent des niveaux trophiques plus élevés.

Ces résultats nous ont permis d'élaborer une méthode de diagnostic considérant 3 processus majeurs responsables de la composition, de l'organisation, et de la dynamique des communautés végétales. Ces processus sont les suivants :

- l'origine des eaux alimentant les chenaux et leur degré de trophie ;
- la fréquence et l'intensité des perturbations par les crues ;
- les processus d'atterrissement.

Ces travaux ont abouti à l'élaboration d'une publication présentant la méthode basée sur les résultats floristiques, géomorphologiques et physico-chimiques d'un panel de chenaux du Rhône et

de quelques chenaux de l'Ain dont la caractérisation a pu se faire aisément (Amoros et coll. 2000). Dans ce travail, nous avons documenté sur une base bibliographique la capacité des espèces végétales à traduire le degré de trophie, l'occurrence d'apports d'eaux souterraines, l'effet des perturbations par les crues, et le type de substrat. Les résultats sont regroupés dans des tables servant de base à la méthode.

Processus de comblement des zones humides

Le corridor fluvial des rivières drainant la zone alpine et péri-alpine a connu de profonds changements au cours du XXe siècle, et abrite aujourd'hui plusieurs générations de bras morts : des bras en tresse, des bras divagants et des méandres. Les bras en tresses de l'Ain enregistrent une sédimentation très faible (0-0,7 cm par an) alors que les méandres et bras divagants enregistrent des valeurs plus fortes, respectivement 0,3-1,15 cm par an et 0,5-0,6 cm par an. Le taux de sédimentation est de fait contrôlé par la forme du bras, qui est elle-même déterminante pour les fréquences de connexion. La différence de connexion entre l'amont et l'aval a un impact très important sur la sédimentation. Lorsqu'un retour d'eau se manifeste, la capacité de piégeage est forte car le bras est bien connecté au chenal principal et la vitesse des écoulements est négligeable. On a pu démontrer l'efficacité totale de la sédimentation dans la mesure où les particules entrant dans l'ancien bras lors de la crue ont deux fois le temps nécessaire pour sédimenter (dans une eau au repos) avant que l'eau ne ressorte à la décrue. Néanmoins, le modèle linéaire a des résidus élevés, ce qui démontre que d'autres facteurs agissent sur le taux de sédimentation (apports phréatiques locaux ou longueur du bonchon alluvial).

Spécificités fonctionnelles des hydrosystèmes

L'étude a porté sur 4 hydrosystèmes Rhône, Ain, Saône et Doubs. Nous avons ainsi pu démontrer que la pente de la rivière est un facteur favorisant la biodiversité végétale aquatique totale dans l'hydrosystème (mesurée au travers des communautés présentes dans les annexes fluviales).

La forte biodiversité de la rivière d'Ain et de ses annexes est due à la combinaison d'une dynamique fluviale active, maintenant un niveau de perturbation intermédiaire à modéré dans la plupart des annexes, et une trophie modérée à faible.

Le Doubs présente une pente faible, une trophie forte, et une biodiversité faible. Lorsque l'on change de niveau hiérarchique et que l'on s'intéresse à la biodiversité dans les annexes, les annexes fluviales du Doubs présentent, malgré une pente plus faible et un niveau trophique élevé, des richesses spécifiques par écosystème comparables à celles observées sur l'Ain. Le degré de similitude entre la composition spécifique des annexes des différents hydrosystèmes est également le plus élevé si l'on compare l'Ain et le Doubs. Les annexes fluviales du Doubs, malgré leur trophie élevée, ne présentent pas les espèces polluo-tolérantes habituellement rencontrées dans ce type de situation. Les exondations qui ont lieu chaque année dans ces zones humides pourraient limiter partiellement l'exclusion compétitive au sein des chenaux, en empêchant la croissance des espèces flottantes polluo-tolérantes, contribuant ainsi au maintien d'une forte richesse spécifique. Cette étude comparative a permis de montrer que la biodiversité et la composition des communautés végétales dans les annexes fluviales quel que soit l'hydrosystème considéré est régie par les perturbations physiques (perturbations ou exondations) et par la teneur en nutriments des eaux. L'étude a démontré que des perturbations de nature différente pouvaient conduire à des homologues de réponse en terme de biodiversité, et de composition de communautés floristiques, et que ces perturbations avaient un effet structurant capable de gommer au moins en partie les différences de status trophique.

Concernant les processus de sédimentation, les zones humides du Rhône sont comblées sur une plus grande épaisseur que celles du Doubs, elles-mêmes plus atterries que celles de l'Ain (test

de Kruskal-Wallis, $p = 0.0010$). Le Rhône présente une grande diversité de situations, l'épaisseur des sédiments allant de 0 à plus de 3 m dans le plan d'eau, tout comme sur les bouchons, où ils peuvent s'accumuler sur plus d'1,60 m ou bien être quasiment absents. A partir de l'ensemble des données, il est possible d'élaborer une typologie résumant les caractères morphologiques, hydrauliques et sédimentaires des zones humides fluviales et de leurs bouchons. (Piegay et coll. 2000) :

- les zones humides fluviales fréquemment connectées par l'amont et par l'aval, dont le bouchon amont est fréquemment remanié par les crues ; l'écoulement est permanent dans la zone en eau et la sédimentation est faible ;
- les zones humides fluviales rarement ou pas connectées par l'amont mais connectées par l'aval ou l'on enregistre une sédimentation forte liée à une forte intensité de retour d'eau aval. Cette sédimentation peut être compensée lors de crues d'occurrence relativement faible capables de décaper les dépôts sédimentaires, d'autant plus si la pente et forte et le bras rectiligne ;
- les zones humides fluviales totalement déconnectées, dont les bouchons présentent des caractères morpho-sédimentaires assez proches de ceux de la forêt alluviale environnante. Les plans d'eau sont stagnants et caractérisés par de grandes épaisseurs de sédiments. Cependant, la sédimentation est ancienne et les vitesses actuelles de comblement sont très lentes et liées plutôt à des processus autogènes ;
- les zones humides fluviales déconnectées à l'amont par une digue et à l'aval par une buse, qui n'ont pas de bouchons mais un écoulement fréquent ou permanent et une faible sédimentation. La gestion parfois artificielle des écoulements (favoriser l'épandage des crues ou au contraire éviter l'inondation de la plaine) ne peut être modifiée sans remettre en cause la vocation de la plaine.

Conclusion

APPLICATIONS À LA SECTORISATION FONCTIONNELLE - LE SAGE RIVIÈRE D'AIN

La méthode a été appliquée dans le cadre de l'élaboration du SAGE rivière d'Ain. Un diagnostic écologique a été combiné à un diagnostic géomorphologique (mobilité latérale et verticale du chenal), et a permis d'aboutir à une sectorisation fonctionnelle de la rivière et de sa plaine alluviale. Au sein de chaque secteur, il était ensuite nécessaire de définir des priorités en matière de gestion. Nous avons là encore utilisé les informations fournies par la méthode pour définir trois types de zones dans chaque secteur fonctionnel :

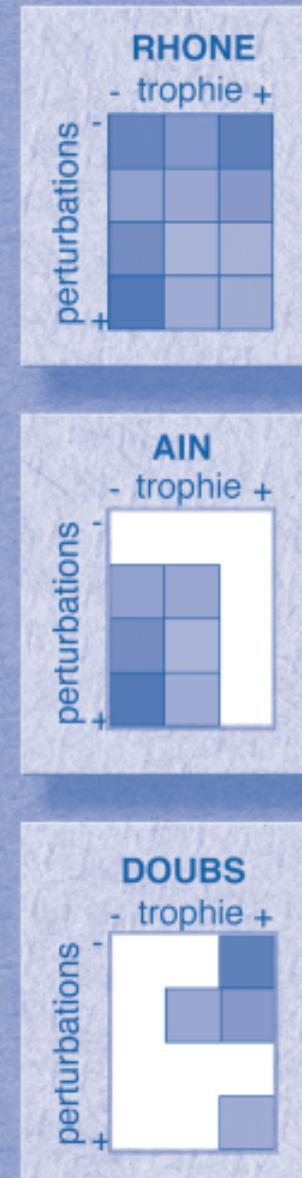
- zones naturelles à dominante humide dont le fonctionnement est régi par l'eau (forêts alluviales, pelouses sèches, bras morts, lit mineur) : cette enveloppe regroupe les écosystèmes à préserver absolument, car présentant encore une intégrité fonctionnelle ;
- zones dégradées potentiellement restaurables : cette enveloppe regroupe les zones dégradées, mais situées dans un environnement à forte valeur écologique donc potentiellement restaurables ;
- zones tampons particulièrement nécessaires pour l'auto-épuration ou pour permettre le passage des crues. Cette enveloppe englobe de surcroît l'espace de liberté de la rivière.

Cette sectorisation est un outil utile à la concertation dans le SAGE, et contribue à sensibiliser les acteurs à la préservation des zones humides. Elle permet aux élus des communes du territoire du SAGE de s'approprier ces informations, et aide à la mise en place des contrats territoriaux d'exploitation.

Bibliographie

- Amoros C., Bornette, G. et Henry, C.P. 2000 A vegetation-based method for the ecological diagnosis of riverine wetlands. *Environmental Management* 25: 211-227.
- Amoros C., Roux A.L., Reygrobellet J.L., Bravard J.P. & Pautou G. 1987. A method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. *Regulated Rivers, Research & Management* 1: 17-36.
- Bornette G., Amoros C., Castella C. & Befly J.L. 1994. Succession and fluctuation in the aquatic vegetation of two former Rhône River channels. *Vegetatio* 110: 171-184.
- Bornette, G., Amoros, C., et Lamouroux, N. 1998. Aquatic plant diversity in riverine wetlands : the role of connectivity. *Freshwater Biology* 39: 267-283.
- Bravard J.P., Amoros C. & Pautou G. 1986. Impact of civil engineering works on the successions of communities in a fluvial system. *Oikos* 47: 92-111.
- Carbinière R., Trémolières M., Mercier J.L. & Ortscheit A. 1990. Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). *Vegetatio* 86: 71-88.
- Kohler A., Brinkmeier R. & Vollrath H. 1974. Verbreitung und Indikatorwert der submersen Makrophyten in den Fließgewässern der Friedberger Au. *Ber. Bayer. Bot. Ges. Erforsch. Heim. Flora* 45: 5-36.
- Lachavanne J.B., Juge R., Noetzlin A. & Perfetta J. 1985. Ecological and chorological study of Swiss lake aquatic plants: a basic method to determine the bioindicator value of species. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 2947-2949.
- Piegay, H., Bornette, G., Citterio, A., Herouin, E., & Moulin, B. & Stratiotis, C. 2000. Channel instability as a control factor of silting dynamics and vegetation pattern within perfluvial aquatic zones. *Hydrological processes* 14 : 3011-3029.

Figure 1



Types fonctionnels individualisés au sein des zones humides fluviales du Rhône, du Doubs et de l'Ain.

Le groupe de contact Garonne : échanges et transferts des connaissances entre scientifiques, gestionnaires et usagers

PHILIPPE VERVIER (CNRS-UPS 2630, LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE DES HYDROSYSTÈMES, TOULOUSE)

vervier@ecolog.cnrs.fr

DOMINIQUE TESSEYRE (AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE, TOULOUSE)

dominique.tesseyre@eau-adour-garonne.fr

LES PERSONNES AYANT PARTICIPÉ AU GROUPE DE CONTACT SONT :

R. ABABOU, D. BAQUÉ, S. BECERRA, P. DELVIT, M. GÉRINO, F. GIRAUD, M. LAURIOL, M. LOUBET, S. MASTRORILLO, D. SALLES, J.M. SANCHEZ PÉREZ, S. SAUVAGE, P. WENG, M.C. ZELEM, P. BEAUDELIN, Y. BOURNAUD, C. CAPELLE, M. CECILLOT, I. DECOUDUN, P. GONIN, P. GUICHERD, C. JUIN, P. MAHE, M. OSSELIN, D. TESSEYRE, M. TEYSSIER, B. VERDIER, P. VERVIER

Introduction

OBJECTIFS DU PROJET ZONES HUMIDES RIVERAINES DE LA GARONNE

L'objectif du projet réalisé sur le secteur de la Garonne compris entre Toulouse et la confluence avec le Tarn était de :

- modéliser le fonctionnement hydro-biogéochimique de la nappe alluviale en interactions avec la Garonne afin de quantifier les flux d'eau et de matières transitant par la Zone Humide Riveraine (ZHR) ;
- quantifier la contribution des annexes fluviales dans la dynamique générale des peuplements piscicoles de la Garonne ;
- identifier les facteurs qui influencent le recrutement dans les bras morts en incluant dans l'analyse les variables abiotiques et les compartiments trophiques des annexes ;
- déterminer les fonctionnalités économiques et sociales des zones humides de la Garonne ;
- mettre en perspective les modes individuels et collectifs d'exploitation et de gestion des zones humides ;
- impulser une réflexion entre les chercheurs et les gestionnaires, pour trouver des outils qui permettraient aux acteurs de s'approprier les résultats issus de la recherche scientifique (le groupe de contact).

Principaux résultats

Fonctionnement hydro-biogéochimique

L'identification de la ZHR potentielle, au sens de Philippe Mérot, a été réalisée :

- à l'échelle du secteur par une approche cartographique (zones d'extension des crues) couplant des données hydromorphologiques (divagation du lit mineur de la Garonne depuis 1833 par numérisation des cartes de 1833, 1860 et 1980 (Steiger et coll., 2000) ;
- à l'échelle du site (site de Monbéqui) par le couplage du modèle MARTHE du BRGM, décrivant les fluctuations hydrométriques de la nappe, avec le modèle hydro-biogéochimique de la Garonne (Sauvage et coll., 2003 ; Weng et coll., 2003).

La contribution des nappes au fleuve Garonne est globalement faible, mais varie en fonction des conditions hydrologiques :

- en période d'étiage, la contribution des nappes est faible (3-5 % du débit du fleuve). Ces résultats obtenus avec des éléments majeurs comme Ca, Mg, s'accordent avec ceux obtenus avec d'autres traceurs comme l'oxygène 18 ;
- la contribution des nappes croît légèrement lorsque les débits augmentent. Une corrélation positive est observée entre bilans de nitrates et débits du fleuve. Cette contribution est la plus significative au niveau des affluents. Cette propriété s'explique par le fait que la surface de contact nappe/rivière est significativement plus importante pour les affluents que pour le fleuve.

En ce qui concerne le comportement des nitrates au niveau de la ZHR

- des mesures effectuées sur le site expérimental de Monbéqui ont montré que les teneurs en nitrates étaient globalement faibles et stables dans la Garonne (moyenne de 10 mg NO₃ l⁻¹), et plus élevées dans les eaux souterraines (de l'ordre de 80 à 100 mg l⁻¹). Le mélange de ces deux types d'eau conduit à la diminution des concentrations en nitrates à proximité de la rivière et notamment dans la zone humide riveraine ;
- le modèle MARTHE a permis de différencier l'impact des processus biologiques de celui des processus de dilution dans la diminution des teneurs en nitrates des eaux souterraines. Les résultats de la modélisation, sur les 49 hectares formant le site d'étude permettent d'identifier 20 ha très actifs d'un point de vue biologique et qui font chuter les concentrations en nitrates de 10 à 30 mg NO₃ l⁻¹ lors d'une crue ;
- des zones à forts potentiels biologiques de dénitrification ont été identifiées, notamment au niveau des zones d'échanges avec la Garonne. L'hypothèse peut être émise que ces zones sont alimentées par la rivière en matières organiques dissoutes (M.O.D.) (concentrations moyennes en carbone organique dissous de la rivière = 2,5 mg l⁻¹, des eaux de nappe = 1 mg l⁻¹) éléments indispensables au processus de dénitrification microbologique ;
- des expérimentations de dénitrification réalisées in situ au sein de la zone saturée ont permis de mesurer des valeurs de flux d'azote dénitrifiés allant jusqu'à 1,3 N g/m²/jour (Sánchez-Pérez et coll., sous presse). Par comparaison avec les flux totaux d'azote éliminés par voies biologiques au sein de la ZHR, on a pu mesurer, sur les données disponibles, une contribution de la dénitrification microbologique de 40%. Cette valeur étant issue d'un jeu de données limitées dans le temps et dans l'espace, elle doit être utilisée simplement comme un indicateur de l'importance que peut avoir ce processus.

Fonctionnement biologique des annexes fluviales : dynamiques des peuplements piscicoles et d'invertébrés

L'analyse des microhabitats a suggéré que le chenal partiellement abandonné était l'habitat le plus important de la Garonne pour promouvoir et/ou maintenir le recrutement piscicole.

La densité d'alevins est plus importante dans les annexes que dans le cours principal et

certaines espèces de poissons se reproduisent uniquement dans les annexes. Au niveau des poissons, la dérive sortante est égale à la dérive entrante (ind/m³). Il n'existe pas de variation entre le jour et la nuit dans la qualité de proies disponibles dans l'annexe, pouvant justifier le déplacement journalier des poissons entre l'annexe et le cours principal lors du cycle circadien.

La composition taxonomique des communautés d'invertébrés dans la partie abritée de l'annexe constitue une réserve de nourriture exploitable de nature distincte de celle présente dans le lit principal du point de vue qualitatif (taxons dominés par les Oligochètes et Chironomides et position partagée dans la colonne sédimentaire) et quantitatif (nombre d'individus et tailles inférieures) pour les espèces piscicoles. La nature des proies disponibles dans les annexes répond aux exigences nutritionnelles des peuplements piscicoles et de leur recrutement ; les invertébrés benthiques peuvent être considérés comme un facteur favorisant la présence des stades juvéniles dans les annexes.

À l'échelle saisonnière, les biocénoses à l'intérieur des annexes fluviales ne restent pas constantes du point de vue quantitatif et qualitatif. Il existe des changements dans les communautés d'invertébrés benthiques et pélagiques des annexes. La partie déconnectée des annexes joue un rôle significatif d'"isolement" dans le recrutement et le maintien de la biodiversité piscicole en apportant des conditions environnementales et trophiques distinctes de celles du chenal principal et de la partie en connexion permanente.

Le maintien d'une diversité spécifique et physiologique (génétique, phénotypique) des peuplements piscicoles apparaît comme une fonction des annexes contrôlée par la diversité de l'habitat et l'instabilité temporelle.

Dans la valeur biologique et économique des zones humides, il est nécessaire de tenir compte de leurs fonctions biologiques et écologiques identifiées pour leur contribution dans le maintien d'une ressource piscicole abondante et diversifiée.

Usages et représentations sociales des zones humides de la Garonne

Dans le cadre du Programme Garonne, la perspective d'étudier les usages socio-économiques et les représentations sociales de zones humides à l'échelle du linéaire de la Garonne a imposé la prise en compte de la très grande diversité des configurations locales.

Loin de constituer des espaces homogènes du point de vue de l'occupation du sol, du potentiel économique, des enjeux sociaux, les espaces riverains de la Garonne entre Toulouse et la confluence du Tarn doivent être caractérisés à partir d'une mise en relation des fonctionnalités socio-économiques et des fonctionnalités naturelles des espaces riverains du fleuve.

La vocation différenciée de ces espaces riverains (considérés comme "zones humides"), permet de déterminer les enjeux de gestion spécifiques de territoires conçus comme des configurations locales d'interdépendances entre des usages socio-économiques et des fonctionnalités naturelles. L'analyse sociologique réalisée à partir de trois sites riverains de Garonne permet de montrer les modes de structuration des enjeux de gestion dans trois types de ZH caractéristiques du linéaire Garonne : ZH à vocation dominante agricole et populicole, ZH à vocation touristique et écologique, ZH péri-urbaine.

Le groupe de contact

Structure et fonctionnement

Le groupe de contact avait pour principal objectif de mettre en commun connaissances scientifiques, savoirs techniques et gestionnaires et savoirs plus populaires afin que les acteurs de la Garonne puissent s'approprier les résultats issus de la recherche scientifique. Ce groupe s'était fixé pour vocation de déterminer la façon dont les connaissances scientifiques pourraient être restituées et exploitées pour une meilleure gestion des zones humides.

Constitué de quelques scientifiques du programme, de gestionnaires (APN Nature Midi-Pyrénées, Chambre d'Agriculture, CETEF Garonnais, Conseil Général, CSP, DDAF, DDE, EDF) et d'utilisateurs de zones humides riveraines, le groupe de contact s'est réuni environ trois fois par an (du 16 février 1998 au 7 novembre 2000).

Ces réunions ont été coordonnées par Roger Lohou (directeur du GIS ECOBAG) jusqu'en 1998 puis par Dominique Tesseyre (Agence de l'Eau Adour-Garonne), Marie-Christine Zelem (CERTOP) et Philippe Vervier (LEH) à partir de 1999.

Le fonctionnement du groupe de contact s'est déroulé selon trois phases (fig. 1) :

- la première correspond à une mise à niveau d'information des participants. La période nécessaire pour réaliser cet objectif s'est prolongé en raison d'un renouvellement important des participants d'une réunion à l'autre. Il faut rappeler à ce sujet que la participation de chacun était basée uniquement sur le volontariat ;
- la deuxième phase, plus courte, correspond au diagnostic des acquis et des divergences existants au sein du groupe de contact, aussi bien entre scientifiques et gestionnaires, qu'entre les membres de l'une ou de l'autre de ces catégories ;
- la troisième phase qui débute et qui devrait se poursuivre en dehors de contraintes contractuelles du PNRZH, se traduit par la production de résultats utilisables et considérés comme une valeur ajoutée du groupe.

Résultats

Les principaux résultats du groupe de contact issus de ces trois phases sont :

- l'identification d'acquis dans les relations entre scientifiques et acteurs de la gestion des milieux naturels. Notamment, il est apparu que le décalage cognitif entre les deux communautés existe peu et qu'il est souvent attribué à un décalage entre les visions, les intérêts, les enjeux, les besoins de connaissances propres à chacune des communautés des scientifiques et des gestionnaires ;
- l'identification des divergences sur la vision des zones humides notamment et les attentes par rapport à la recherche, même si les demandes de connaissances semblent porter sur le même objet (fig. 2). Ainsi, pour l'exemple du rôle des ZHR vis-à-vis des nitrates, la vision des gestionnaires est celle de la zone "filtre", alors que les scientifiques identifient les ZHR comme des zones fortement hétérogènes dans l'espace et dans le temps ; ils ont ainsi des difficultés à entériner cette notion de zone "filtre" quels que soient les situations géographique, hydromorphologique ou hydrologique de la zone considérée. Il est apparu que la modélisation de cette "hétérogénéité" pourrait être un outil de gestion de ces milieux. Le second exemple pris sur l'intérêt commun porté par les deux communautés sur les peuplements de poissons met en évidence que des divergences vis-à-vis du type d'information attendue peut entraîner un mauvais retour d'information vers les gestionnaires ;
- la nécessité de répondre à la demande d'identification des modes de gestions possibles d'une zone humide par des critères pluridisciplinaires ;
- l'apparition d'un résultat indirect qui corrobore des informations acquises au sein du

groupement ECOBAG (Environnement, Ecologie et Economie du Bassin Adour-Garonne), et qui porte sur les modalités pour initier et réaliser des programmes de recherche en réponse à une demande sociale.

Propositions d'un modèle de gestion des zones humides

La gestion effective des territoires résulte du degré d'intensité des tensions observées localement (par les usagers, par les gestionnaires...) entre les usages socio-économiques et les fonctionnalités naturelles. Dans une perspective de gestion des ZH, la notion de "zone efficace" -entendue comme un objectif négocié entre différents acteurs pour atteindre ou préserver un équilibre entre des fonctionnalités naturelles attendues et des usages socio-économiques- semble être en mesure de concilier le respect des milieux naturels en même temps que le maintien des usages socio-économiques.

Une telle perspective permet de réintégrer la contrainte majeure de toute politique publique, c'est-à-dire la nécessité de hiérarchiser les interventions publiques selon que les enjeux de gestion se posent en terme d'arbitrage/préservation, de valorisation/restauration, ou de spécialisation des usages et des fonctionnalités naturelles.

La gestion des ZH prescrite par les organismes publics gestionnaires est essentiellement fondée sur des principes généraux (gestion intégrée, développement durable...) élaborés à partir de critères techniques et scientifiques et tend à considérer les réactions réservées voire hostiles des publics-cibles, comme des formes de résistance au changement. La démarche adoptée dans l'étude propose, en renversant la perspective, de formuler des principes de gestion qui réintègrent de manière explicite des critères d'acceptabilité sociale. L'étude suggère des principes pouvant constituer des leviers d'action pour la gestion publique et collective des ZH.

La méthode utilisée a été le croisement des données sociologiques, notamment les interdépendances entre les usages caractérisées par leur intensité, avec les données relatives aux fonctionnalités naturelles caractérisées par leur état de préservation ou de dégradation.

En fonction de la dualité fonctionnalité sociale / fonctionnalité naturelle, différents modes de gestion peuvent être proposés :

- pour de faibles interdépendances entre les usages et une faible préservation des fonctionnalités naturelles, un mode de gestion sur l'exploitation puis la restauration de ces milieux peut être envisagé ;
- pour de faibles interdépendances entre les usages et une forte préservation des fonctionnalités naturelles, il est possible d'utiliser ces milieux pour des modes de gestion alternatifs ;
- pour de fortes interdépendances entre les usages et une forte préservation des fonctionnalités naturelles, il convient d'institutionnaliser les arrangements entre les acteurs et d'arbitrer les conflits ;
- la quatrième situation, n'a pas été expérimentalement rencontrée.

Proposition pour les programmes de recherche environnement

Dans le cadre de ce programme, il est clairement apparu que le transfert des connaissances issues de la recherche vers les acteurs du domaine de l'environnement se heurte à des difficultés inhérentes à l'objet d'étude et à la mise en place des programmes.

Selon une vision "classique" des projets de recherche et de leur initialisation, l'initiative vient du monde des acteurs de l'environnement ou de la recherche. La réflexion sur le transfert des connaissances se met en place une fois les résultats acquis (fig. 3). De plus, il apparaît très clairement que cette fonction de transfert ne peut être le seul fait des chercheurs ou des gestionnaires. Les premiers sont peu enclins à le faire dans le cadre des systèmes d'évaluation de leur activité au sein de leur établissement ou organisme d'appartenance. Les seconds ont bien souvent peu de temps à consacrer à cette fonction.

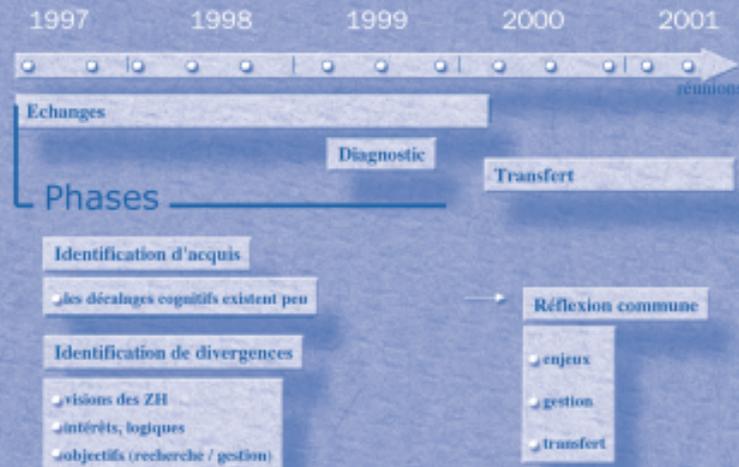
Nous proposons que l'initiative de la mise en place d'un programme se fasse après un dialogue entre la "demande" et "l'offre" de recherche en présence d'une entité dont la mission sera de réaliser le transfert des connaissances. Cette "entité" aura notamment pour rôle de reformuler les problèmes d'actions liés à la gestion de l'environnement en termes de question scientifique et les résul-

tats de recherche en termes opérationnels de gestion. Ceci se fera en collaboration directe avec les participants scientifiques et gestionnaires du projet.

Bibliographie

- Sánchez-Pérez J.M., Sauvage S., Bouey C., Teissier S., Antiguada I. et Vervier P. (sous-press). A standardized method to measure in situ denitrification in shallow groundwater : numerical validation and in situ measurements in riparian wetlands. Hydrological Processes.
- Sauvage S., Teissier S., Vervier P., Amézière T., Garabetian F., Delmas F., Caussade B. 2003. A numerical tool to integrate bio-physical diversity of a large regulated river : hydro-biogeochemical bases ; the case of the Garonne River (France) – River Res Applic- 19: 181-198.
- Steiger J., Corenbliet D., et Vervier P. 2000. Les ajustements morphologiques du lit mineur de la Garonne, France, et leurs effets sur l'hydrosystème fluvial. Z. Geomorph.; 122 ; 227-246.
- Weng Ph., Sanchez-Perez J., Sauvage S., Vervier Ph. and Giraud F., 2003. Assessment of the quantitative and qualitative buffer function of an alluvial wetland : Hydrological modelling of a large floodplain (Garonne river, France). Hydrological Processes; 17.

Figure 1



Déroulement du fonctionnement du groupe de contact de février 1998 à novembre 2000. Les trois phases d'échanges, de diagnostic et de transfert ont permis d'identifier des acquis, des divergences et d'entamer une réflexion commune à tous les acteurs du groupe de contact.

Identification de divergences

visions des ZH

ex : rôle des ZHR / nitrates

vision "gestion" : ZHR = filtre entre zones agricoles et rivières

vision "recherche" : au niveau des ZHR, répartition des rôles entre végétation et dénitrification Microbiologique /nitrates, difficile à quantifier. : inversion des flux nappe / rivière dans le temps.

résultats : demande de "modéliser" la complexité du fonctionnement des ZHR

décalages des objectifs recherche/gestion

ex : peuplements piscicoles

vision "gestion" : Connaissance biodiversité / 1 espèce

vision "recherche" : Connaissance biodiversité / écosystème

Le groupe de contact a permis d'identifier des divergences entre les communautés scientifiques et gestionnaires très différentes de ce que l'on appelle classiquement un décalage cognitif.

Figure 2

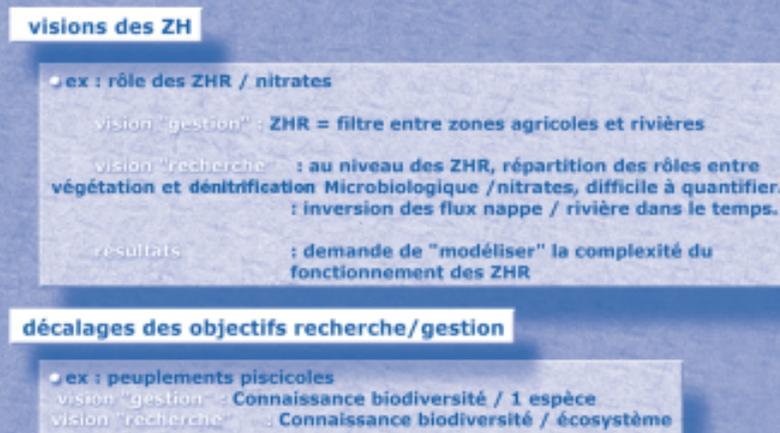
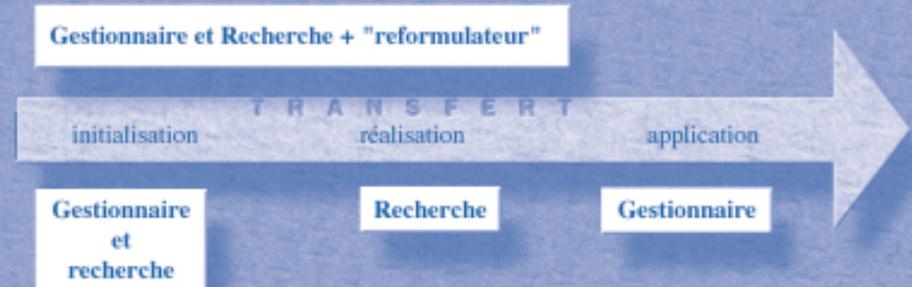


Figure 3

Déroulement classique d'un projet



Modalité proposée



Au déroulement classique des programmes de recherche finalisée dans le domaine de l'environnement, nous proposons une modalité au sein de laquelle le dialogue initial revêt une grande importance dans la définition des objectifs du projet. L'identification des véritables attentes des demandeurs de recherche permettra une formulation de questions scientifiques dont les réponses pourront être traduites en termes opérationnels.

Modélisation de la gestion hydrologique en Camargue : une approche multi-agents

NATHALIE FRANCHESQUIN

franchesquin@wanadoo.fr

ALAIN DERVIEUX (DYNAMIQUES ÉCOLOGIQUES ET SOCIALES EN MILIEUX

DELTAÏQUES (DESMID) EA 3293-UNIVERSITÉ DE LA MÉDITERRANÉE)

alderv.desmmd@wanadoo.fr

Introduction

La Camargue, connue pour la qualité et la diversité de ses écosystèmes humides, est soumise à des pressions anthropiques qui sont la conséquence de la valorisation du territoire. La gestion hydraulique est aujourd'hui le principal moteur de cette valorisation entreprise historiquement pour des raisons agricoles (Picon, 1988). Actuellement, l'eau douce du Rhône, introduite massivement pour les besoins de la riziculture entre les mois d'avril et septembre (autour de 400 millions de m³/an dans l'Île de Camargue), est également utilisée pour alimenter en eau les milieux non cultivés. La saisonnalité (hiver humide/été sec) y est remise en question par une gestion qui tend à privilégier le séjour de l'avifaune, pour des raisons cynégétiques ou patrimoniales. La gestion hydraulique a ainsi transformé l'hydrologie du delta : une tendance à la stabilisation de la présence de l'eau durant la saison sèche favorise l'adoucissement, modifiant ainsi les écosystèmes saumâtres caractéristiques d'un delta méditerranéen. C'est donc bien par la gestion de l'eau que l'homme agit sur la composition et le fonctionnement des écosystèmes.

Une modélisation multi-agents concernant la partie centrale du Delta du Rhône (Grande Camargue ou Île de Camargue, située entre les deux bras du Rhône) a été réalisée pour aider à la compréhension du fonctionnement hydrologique et de la dynamique de cet écosystème anthropisé. Elle s'appuie d'une part sur une description simplifiée du comportement hydraulique de cet espace et, d'autre part sur la formalisation des décisions de gestion prises par les principaux acteurs du delta.

Nous nous intéressons plus particulièrement aux décisions collectives qui visent à réguler l'état hydro-salin de l'étang du Vaccarès au cœur de la réserve nationale de Camargue, et des étangs du sud (l'ensemble est appelé dans ce qui suit système Vaccarès). Le niveau et la salinité de ces espaces protégés sont considérés comme essentiels pour leur qualité écologique. Ces décisions collectives sont formalisées selon deux processus :

- un processus de négociation définissant un état hydro-salin consensuel du système, objectif de gestion reflétant les négociations de la Commission de l'Eau (CDE) au sein du Parc Naturel Régional de Camargue (PNRC) ;
- un processus de coopération entre acteurs de la gestion hydraulique collective (associations hydrauliques de drainage et d'assainissement et gestionnaires de la Digue à la Mer) pour respecter cet objectif.

Nous présentons dans cet article une formalisation du processus de négociation de la Commission de l'Eau et les premières simulations visant à évaluer l'impact des décisions collectives sur le système Vaccarès. Par une simulation du fonctionnement hydrologique global, cette modélisation multi-agents a donc pour objectif de mieux comprendre "Les Enjeux de la Gestion Hydraulique dans le Delta du Rhône" en fournissant des éléments de réflexion dans l'étude des interactions entre l'homme et la nature, qui sont à l'origine du système deltaïque actuel.

Problématique de la gestion hydraulique en camargue

Ce travail concerne la grande camargue ou Île de Camargue (75 000 HA). On peut la décomposer en trois principaux types de paysages :

- les paysages agricoles sur les bourrelets alluviaux actuels et anciens ;
- les paysages "naturels" relictuels des étangs centraux qui abritent les réserves ;
- le paysage des marais périphériques, situé entre les deux précédents, tant géographiquement qu'en raison des modes de gestion hydraulique qui déterminent son fonctionnement. Notre travail ne porte pas sur les salins de Giraud, isolés au sud-est de l'île par des digues et fonctionnant avec les eaux marines.

Ce qui relie et qui définit ces paysages, c'est l'eau. Les eaux pourrait-on dire, en raison des gammes de salinité très variables aux différentes échelles d'espace et de temps. Cette variabilité est le résultat de modes de gestion hydraulique appliqués à des milieux caractérisés par leur mode d'élaboration géomorphologique et les modifications anthropiques qu'ils ont subies, du fait d'aménagements qui n'ont cessé de se complexifier au cours du temps. Le climat méditerranéen est un autre paramètre important qui définit les successions de périodes sèches et humides, caractérisées également par une grande variabilité, mais dont la tendance majeure est la succession d'hivers doux et humides et d'étés chauds et secs.

L'occupation humaine du delta du Rhône et sa colonisation agricole ont rendu nécessaire la mise en place d'un réseau de drainage afin d'éliminer les excédents d'eau et pouvoir cultiver les terres. Ce territoire s'est structuré dès le XIV^e siècle en associations syndicales de drainage et d'assainissement (Gindre et coll., 1999). L'évolution de ce système a débouché aujourd'hui sur un ensemble de bassins collectifs (fig. 1) visant à gérer le drainage des eaux, d'origine agricole ou non, pour les renvoyer vers le fleuve, les étangs du centre et la mer. Parallèlement un réseau non moins structuré de digues s'est mis en place, dont les principales isolent la Camargue des crues du Rhône et des intrusions marines (Digue à la Mer). Ces deux ensembles seraient incomplets sans y superposer le réseau d'irrigation dont le développement est lié à celui des techniques de pompage et de la culture du riz. Ce réseau initialement gravitaire est devenu, au travers de la centaine de pompes disposée le long des deux bras du Rhône, le support de l'irrigation indispensable à la riziculture. On compte actuellement plus de 300 km de canaux principaux (Boulot, 1991), beaucoup plus si l'on comptabilise les réseaux secondaires et tertiaires, sur les 43 000 ha irrigables.

Les rizières (environ 12 000 à 14 000 ha sur l'Île de Camargue) sont, avec un besoin en eau de 25 000 à 27 000 m³/ha/an (Gindre et coll., 1999), les principaux déterminants de l'introduction annuelle des 400 millions de m³ d'eau douce en provenance du Rhône. Quelques 85% correspondent aux besoins rizicoles, dont 70% en juin, juillet et août (Heurteaux, 1996), en pleine période sèche. Le riz ne souffre pas de la présence du sel grâce à cette irrigation intensive, qui permet du même coup de dessaler les terres pour d'éventuelles cultures de substitution. Le sel est en effet très présent en Camargue en raison de nappes souterraines salées et d'une évaporation estivale très forte (voisine de 400 millions de m³). Mais s'il est le principal concurrent de l'occupation agricole classique, il reste pour les autres milieux et paysages une composante essentielle du maintien du caractère méditerranéen du delta (Tamisier et Grillas, 1994, Aznar et coll., 2000).

La disponibilité en eau pendant la période sèche offre l'opportunité aux exploitants et gestionnaires du delta d'utiliser une eau douce devenue facilement accessible, pour modifier le rythme naturel d'inondation hivernale et d'assèchement estival des milieux humides, en particulier dans les grands marais périphériques. Les entrées d'eau et leurs répercussions sur l'hydrologie du delta se traduisent par une tendance à l'adoucissement général des milieux (Dervieux et Picon, 2000 ; Dervieux et coll., 2002). Elles sont les clés de la compréhension de son fonctionnement global.

Environ 1/4 de l'eau introduite (100 Mm³) est écoulé vers le Vaccarès et les étangs du sud. Cet écoulement dépend du bassin versant propre ainsi que de deux bassins non poldérés, Roquemaure et surtout Fume-Morte (fig. 1). Les autres bassins de drainage renvoient en principe (la règle n'est pas toujours respectée) leurs eaux vers le fleuve ou la mer.

Le maintien d'une salinité acceptable dans ces lagunes, par l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion hydraulique du delta, est un objectif commun pour pallier les variations fortes de salinité depuis cinquante ans (Grillas et coll., 2000). Le Vaccarès et les étangs du sud sont devenus faiblement saumâtres à la suite du premier développement rizicole des années 60, puis très salés en raison de la conjonction crise-du-riz / années-sèches dans les années 70.

La nouvelle crise, engendrée par les inondations d'octobre 1993 et janvier 1994, a provoqué une prise de conscience générale et l'élaboration du projet de mise en place d'un SAGE aujourd'hui transformé en Contrat de Delta. La constitution d'une structure de concertation au sein du Parc de Camargue, a été un préalable indispensable qui a permis que se rencontrent des acteurs souvent en conflit : agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, chasseurs et conservateurs de la nature. Son but a été avant tout de définir un état hydro-salin du Vaccarès qui satisfasse l'ensemble de ces acteurs. On tente aujourd'hui de maintenir une salinité autour de 15 g, pour une variation du niveau de l'étang de Vaccarès, qui sert là encore de référence, oscillant de 20 cm autour du 0 NGF (Nivellement Général Français).

Modélisation multi-agents

Pour appréhender le fonctionnement global de cet écosystème, nous avons choisi d'utiliser une approche de modélisation multi-agents basée sur les interactions entre agents gestionnaires (acteurs de la CDE et acteurs de la gestion collective de l'eau) et entre ces agents et l'écosystème. L'ensemble de ces interactions se traduit par une modification de l'état hydro-salin du système Vaccarès, considéré comme caractéristique de l'état de l'écosystème.

Les systèmes multi-agents trouvent leur origine en intelligence artificielle où, pour résoudre des problèmes complexes, on a envisagé de distribuer la connaissance et le contrôle au sein d'entités autonomes et coopérantes (Bond, 1988). Aujourd'hui les agents sont définis par Wooldridge (1995) comme des entités situées dans un environnement, autonomes, réactives, pro-actives et sociales.

Ces caractéristiques font un outil adapté à la simulation de systèmes complexes. Les systèmes multi-agents offrent la possibilité de représenter directement les individus, leurs comportements, leurs interactions et leur environnement (Ferber, 1995). Le comportement global d'un système y est représenté comme la conséquence d'un ensemble d'interactions entre agents. Les agents, dotés de capacités de communication et de délibération, permettent de modéliser les mécanismes de décision intervenant lors du choix d'une action. On les retrouve de plus en plus fréquemment dans la simulation de systèmes sociaux (Moss, 1999 ; Gilbert, 1998), ainsi que dans la simulation d'écosystèmes (Dumont et Hill, 2001 ; Bousquet et coll., 1999).

L'objet de notre modélisation est de formaliser le fonctionnement hydrologique global de l'île de Camargue en prenant en compte à la fois sa dynamique propre liée au climat, au sel et à la géomorphologie, et les processus décisionnels de gestion hydraulique intervenant sur cette dynamique, c'est-à-dire qui réagissent en termes d'irrigation et de drainage aux contraintes du milieu face aux besoins des activités humaines. Ces décisions qui orientent le fonctionnement hydrologique de la zone humide sont schématisées dans la figure 2. La dynamique qui en résulte est portée par les flux d'eau qui modifient la salinité et le niveau d'eau (représentant un volume) de l'étang du Vaccarès et des étangs inférieurs.

Notre modélisation repose sur deux modèles : un modèle hydrologique et un modèle social. Le premier décrit le comportement hydrologique de l'île de Camargue face aux flux d'eau, le second, les décisions de gestion des acteurs de l'eau pour gérer ces flux. Les deux paragraphes suivants présentent brièvement ces deux modèles ; leur description complète peut être consultée dans Franchesquin (2001).

Le modèle hydrologique

Le modèle hydrologique, sous des conditions climatiques données et soumis à une gestion hydraulique définie par le modèle social, a pour but d'estimer le niveau d'eau et la salinité du système Vaccarès compatibles avec le bon déroulement des activités humaines.

Ce modèle s'appuie sur un ensemble d'unités hydrauliques définies à partir d'une discrétisation de l'espace qui a deux objectifs : d'une part définir des zones dont le comportement hydraulique sera considéré comme homogène sur toute leur superficie (unités hydrauliques fonctionnelles) et, d'autre part fournir les entités sur lesquelles les agents du modèle social vont agir (points d'intervention). Les unités hydrauliques de base correspondent aux six associations d'assainissement (associations syndicales forcées) existantes auxquelles s'ajoutent pour les besoins du modèle une association "fictive", correspondant aux surfaces en bordure de l'étang du Vaccarès qui n'appartiennent pas à des associations d'assainissement mais s'écoulent dans cet étang, et une unité supplémentaire "système Vaccarès" (fig. 1).

La dynamique de ce modèle repose sur un cycle de l'eau mensuel : chaque mois, une prévision de l'état temporaire (volumes à drainer et état du système Vaccarès) est calculée en fonction des conditions climatiques (pluie et évapotranspiration). Les décisions de gestion prises par les agents du modèle social en fonction des prévisions, sont ensuite appliquées de façon à calculer l'état hydro-salin du système Vaccarès pour ce mois.

Le modèle social

Les décisions des acteurs de l'eau sont de deux niveaux (fig. 2) : les décisions de la CDE fixent un objectif, alors que la gestion du drainage et celle de la digue à la mer modifient directement le niveau et la salinité du Vaccarès. Nous avons formalisé ces deux niveaux de décision comme les deux phases du cycle de vie d'un contrat : son élaboration et sa réalisation.

L'élaboration du contrat est une phase cruciale qui définit les objectifs collectifs concernant l'écosystème. L'objet de cette négociation de contrat, qui se déroule lors de la CDE, est de déterminer le niveau et la salinité souhaités pour le Système Vaccarès. Ce contrat, établi collectivement par les représentants des activités pêche, agriculture et protection de la nature, doit être respecté par les acteurs de la gestion hydraulique collective : les associations hydrauliques et le gestionnaire de la Digue à la Mer.

La phase de réalisation du contrat décrit la négociation intervenant entre ces acteurs pour la mise au point d'un plan d'action permettant de respecter ce contrat. Ce plan d'action comporte les quantités d'eau à drainer dans le Vaccarès pour chacune des associations et les modalités d'ouverture des martelières (vannages) de la Digue à la Mer qui déterminent les échanges avec la mer.

Nous présentons ici le modèle de négociation associé à la phase d'élaboration du contrat. L'ensemble des processus décisionnels est décrit dans Franchesquin (2001).

Modèle de négociation pour la commission de l'eau

L'objet du processus de négociation associé à la phase d'élaboration du contrat est de définir pour chaque période de l'année, le niveau et la salinité collectivement souhaités pour le système Vaccarès. Ce processus est représenté comme une négociation entre différentes activités (agriculture, chasse, pêche et protection de la nature) et un médiateur, le Parc Naturel Régional de Camargue. La négociation de la CDE met donc en jeu des agents qui représentent les activités et un agent médiateur. Le modèle de négociation entre agents est donné par un protocole d'interaction qui décrit la séquence des messages échangés entre agents et les modèles de décisions propres à chaque agent.

Protocole d'interaction

Le protocole d'interaction que nous avons utilisé pour formaliser les négociations de la CDE est une extension du Contract Net Protocole proposé par Davis et Smith (Davis et Smith, 1988). Ce protocole, présenté en figure 3, permet un échange itératif de propositions entre un médiateur (ici PNRC) et les parties (les activités).

Dans ce protocole, le médiateur lance un appel à propositions (CFP) à toutes les parties présentes. Celles-ci émettent leur proposition, permettant au médiateur de calculer un compromis qu'il leur soumet. Elles peuvent alors accepter ce compromis (ACCEPT), faire une nouvelle proposition (PROPOSE) ou encore rester sur leur proposition précédente (INFORM). Face à ces nouvelles informations, le médiateur peut notifier un échec ou un succès de la négociation, ou proposer un nouveau compromis. Les modèles de décision associés à ces différents choix sont décrits pour chacune des parties par des matrices de satisfaction vis-à-vis de l'état hydro-salin du système.

Modèle de décision

La négociation modélisée porte sur deux variables : le niveau et la salinité du système Vaccarès. Ces variables ne sont pas indépendantes et nous n'avons pas pu utiliser des modèles de décisions basés sur l'utilité multi-attributs comme dans le modèle de Farantin (2000).

Un modèle de décision spécifique basé sur des matrices de satisfaction a été défini avec des experts camarguais (pêcheur, agents du Parc Régional et de la Réserve Nationale de Camargue). Pour chaque activité et pour chaque période de l'année, ce modèle décrit pour chaque couple (niveau, salinité) l'indice de satisfaction d'une activité selon une échelle de 1 à 5. Deux périodes ont été retenues : la période rizicole (avril à septembre) et la période non rizicole (octobre à mars), qui se distinguent nettement du point de vue hydrologique (Dervieux et coll., 2002). Les matrices définies pour la période rizicole sont présentées dans le tableau ci-après.

Utilisation de la Matrice, comportement d'un agent activité

Chaque agent activité dispose d'une matrice de satisfaction qui va lui permettre de faire des propositions et d'évaluer celles du médiateur.

• première proposition

L'indice de satisfaction recherché est initialisé à l'indice maximum 5, dans les matrices que nous avons définies. Dans la matrice de satisfaction de la période étudiée, l'agent choisit un couple de valeur correspondant à cet indice. Si plusieurs couples présentent le même indice, son choix est déterminé par la somme des indices des couples voisins (choix du couple maximisant ce calcul) ;

Niveau (cm)	Salinité (g/l)						
	5	10	15	20	35	>35	
< -30	5	4	4	3	2	1	Agriculture
-10	5	4	4	3	2	1	
0	5	4	4	3	2	1	
20	5	4	3	2	1	1	
40	3	3	2	1	1	1	
>40	1	1	1	1	1	1	
< -30	2	2	2	3	2	1	Pêche
-10	2	2	2	4	2	1	
0	3	3	3	5	2	1	
20	3	3	4	4	2	1	
40	2	2	3	3	2	1	
>40	2	2	2	1	1	1	
< -30	1	1	3	5	5	3	Protection
-10	1	1	4	5	5	2	
0	1	1	3	4	3	1	
20	1	2	3	4	2	1	
40	1	1	1	1	1	1	
>40	1	1	1	1	1	1	

• réponse à une proposition du médiateur

Pour répondre à une proposition du médiateur, l'agent activité cherche dans sa matrice de satisfaction l'indice correspondant au couple proposé. Si cet indice de satisfaction est supérieur ou égal à l'indice recherché, il accepte cette proposition. Sinon, parmi les couples d'indices supérieurs ou égaux à l'indice recherché, le représentant d'activité sélectionne la position la plus proche du médiateur et n'ayant pas encore été proposée. Si aucun couple ne satisfait ces deux critères l'agent reste sur ses positions et décrémente l'indice recherché ;

Comportement de l'agent médiateur

Lorsque l'agent médiateur a reçu toutes les propositions des agents activité, il compare les valeurs de chacun des éléments de la proposition. Un accord est détecté si l'écart entre deux valeurs ne dépasse pas 10% de la moyenne des valeurs proposées. Un échec est détecté quand aucun des agents n'a modifié ses positions pendant deux itérations, il n'y a alors pas de contrat établi. Dans les autres cas, le médiateur propose un consensus, composé de la moyenne pour chacune des valeurs du couple.

Simulations

L'architecture du système multi-agents, implémenté sur la plate-forme MAJORCA (Tranvouez, 2001) comprend trois modules (fig. 4) :

- le module CDE : composé des trois agents activités (pêche, protection de la nature, agriculture) et de l'agent PNRC, il implémente la phase de définition du contrat. Lorsque cette phase est terminée l'agent PNRC transmet le contrat au responsable de son exécution, l'agent AgGestDigue ;

- le module coordination : comprend l'ensemble des agents concernés par le respect du contrat, soit les sept agents AgAssociationDrainage (notés D1,..., D7) et l'agent AgGestDigue. Ce module reçoit les bilans hydrauliques du module Hydro et lui transmet les décisions de gestion prises par ses agents ;

- le module hydro : implémente le modèle hydrologique. Il est composé d'un seul agent (AgHydro) qui exécute le cycle de l'eau. Cet agent transmet les bilans hydrauliques aux différents agents AgAssocDrainage et à l'agent AgGestDigue, et applique les décisions de gestion provenant du module coordination.

Elaboration du contrat

La simulation des négociations de la commission de l'eau s'appuyant sur les matrices aboutit au contrat décrit par le tableau ci-dessous. Ce contrat présente selon les activités des indices de satisfaction différents, tout en se situant parmi les solutions optimales pour le groupe. En effet si l'on supposait l'ensemble des matrices de satisfaction connues par le médiateur, celui-ci pourrait calculer les solutions optimales simplement en additionnant les scores. Cette solution n'a pas été retenue car elle limite l'autonomie de l'agent et ne permet pas d'implémenter des stratégies différentes entre activités.

	Rizicole	Non rizicole
Niveau (cm)	- 12,8	- 2,3
Salinité (g/l)	16,3	15,6

Activité	Rizicole	Non rizicole
Agriculture	4	4
Pêche	2	5
Proctection	3	4

Le contrat défini montre que le consensus tourne autour d'une recherche de stabilité de l'état hydro-salin du système Vaccarès. La gestion hydraulique actuelle, qui draine les terres en automne-hiver et irrigue pour le besoin des cultures en saison sèche, tend effectivement vers une stabilisation des niveaux de cet étang et une tendance à un adoucissement général des eaux auquel on tente de pallier notamment par une gestion adaptée des échanges avec la mer.

La qualité de l'état hydro-salin du système Vaccarès, qui passe par le maintien d'une salinité collectivement acceptée, constitue aujourd'hui un des objectifs du PNRC, inscrit dans sa charte. Notre modélisation des positions des activités vis-à-vis de cet état hydro-salin, bien qu'extrêmement simplifiée, constitue une synthèse des connaissances disponibles. Il serait intéressant de préciser les matrices, notamment en décrivant comment une modification importante de l'activité agricole influe sur les positions de chaque activité.

Simulations : impact du contrat sur l'état de l'écosystème

La calibration du prototype n'était pas totalement achevée au moment de l'écriture de cet article (voir Franchesquin, 2001). Une validation basée sur la comparaison entre les données simulées et les données observées sur le terrain permet de tester le modèle. Les résultats très satisfaisants de cette validation sont présentés sur les figures 5 et 6. Ils illustrent bien l'intérêt de notre démarche : les résultats de la simulation sont proches des données observées sur le terrain.

Les scénarios de simulation que nous présentons ci-dessous montrent l'impact du contrat défini lors de la CDE sur l'écosystème. Ce contrat devient un objectif de gestion que les 7 AgAssocDrainage et l'AgGestDigue vont tenter de respecter, en modifiant en premier lieu la gestion des martellières de la Digue à la Mer, puis la gestion du drainage.

L'AgGestDigue est le responsable de cette coordination qui tient compte des possibilités d'ouverture de ces martellières (ouverture interdite en été si le niveau de la mer est supérieur à celui du Vaccarès). Cet agent définit si le contrat peut être respecté et dans le cas contraire s'il faut augmenter ou diminuer le drainage gravitaire.

Conditions d'initialisation

Les simulations se déroulent sur trois années consécutives de 1994 à 1996, l'état initial du Vaccarès étant celui de décembre 93. L'occupation du sol est figée sur ces trois années et initialisée avec l'occupation du sol 1996 du SIG-Camargue, créé pour les besoins du programme PNRZH. Les facteurs abiotiques utilisés (pluie, évaporation notée EPN et niveau de la mer) sont les données climatiques des années considérées, et le contrat à respecter est celui précédemment défini.

Deux scénarios ont été employés pour tester l'effet de différentes caractéristiques des associations hydrauliques de drainage sur leur capacité à respecter le contrat (fig. 7 et 8) :

- scénario A : les caractéristiques des associations hydrauliques de drainage correspondent à la situation actuelle. Les associations de drainage acceptent de modifier leur gestion seulement s'il s'agit de drainer plus d'eau dans le Vaccarès. L'évacuation des eaux par repompage (exhaure) ne pourra pas être augmentée, d'une part parce que les associations poldérisées repompent au Rhône toutes leurs eaux par défaut, et d'autre part parce qu'elles refusent de drainer les eaux d'autres associations non poldérisées (ce qui reste possible dans le modèle). Ce scénario permet d'évaluer la capacité de la gestion hydraulique collective actuelle à respecter le contrat. ;

- scénario B : il est identique au précédent, mais les deux associations hydrauliques de drainage Roquemaure et Fume-Morte sont poldérisées et disposent d'une capacité de pompage en exhaure de 20 Mm³/mois. Ce scénario est testé car la poldérisation de ces deux bassins de drainage, et surtout celle du bassin de Fume-Morte (représentant un écoulage au Vaccarès d'environ 50 Mm³/an), est sérieusement envisagée en Camargue. Il permet donc d'évaluer le bénéfice de cette nouvelle artificialisation dans le respect du contrat.

Résultats

L'état hydro-salin du système Vaccarès calculé par le prototype sur les années 1994 à 1996 est présenté aux figures 7 et 8. On y observe que la poldérisation des associations de Fume-Morte et Roquemaure permet de mieux se rapprocher du contrat, en particulier pour la salinité. Toutefois cette artificialisation supplémentaire n'arrive pas à gommer les variations climatiques bien visibles sur ces graphiques. Ainsi, si les niveaux sont assez bien stabilisés hormis les épisodes pluvieux de janvier et décembre 1996, la salinité varie nettement avec les saisons. Il convient ici de noter que les séries temporelles dont nous disposons pour ces tests sont très courtes (effet d'initialisation).

Ces simulations ont permis de tester des scénarios fondés sur la modification des caractéristiques des associations hydrauliques de drainage. Les prochaines simulations vont s'attacher à préciser la sensibilité relative du prototype vis-à-vis du climat et de la gestion, en précisant par exemple les caractéristiques des associations requises pour respecter un contrat donné.

Conclusion

Un premier prototype de la modélisation multi-agents destiné à simuler le fonctionnement hydrologique de la Camargue vient d'être achevé. Sa validation n'est encore que partielle et nous présentons ici nos premières simulations ayant trait à l'influence du contrat sur l'écosystème. Mais de nombreux autres scénarios, basés par exemple sur des variations d'occupation du sol ou sur la modification des caractéristiques des associations hydrauliques, peuvent être testés⁴.

Les travaux concernant les évaluations des flux hydriques entrants sont à compléter et les données existantes ne sont pas suffisantes (3 années de données, cf. Gindre et coll., 1999). Néanmoins, la modélisation de ce système complexe nous a permis de formaliser l'influence de la gestion collective de l'eau sur le fonctionnement de l'écosystème, dans une approche globale. Les simulations que nous venons de présenter précisent cette influence, tout en montrant que les variations climatiques ne sont pas négligeables. Ainsi, quel que soit le scénario testé, le respect du contrat n'est pas totalement satisfait pour les trois années considérées. On notera qu'un scénario basé sur une polidérivation de l'ensemble des bassins de drainage donne une meilleure réponse en termes de bilan hydrique, sans préjuger des conséquences écologiques (flux piscicoles par exemple).

La difficulté de ce travail, outre les remarques sur les données ci-dessus, est imputable à la complexité du système et aux contraintes imposées par la sélection nécessaire de variables pour en rendre compte. Dégager les variables pertinentes et porteuses de la dynamique de l'éco-complexe, quand certaines ne sont que peu ou mal connues (influence des nappes souterraines salées par exemple), est une tâche délicate. Nous avons privilégié les variables et décisions de gestion qui nous semblaient le plus à même d'expliquer la salinité et le niveau du système Vaccarès pris comme indicateur de l'état de l'écosystème. Les travaux antérieurs réalisés en Camargue et une bonne connaissance du terrain nous ont été très utiles dans cette phase du travail. On reconnaît là les bénéfices des travaux à long terme.

Outre l'amélioration des données en entrée, les perspectives d'évolution de ce prototype sont envisagées selon trois directions. La première concerne les matrices de satisfaction qu'il serait intéressant de préciser, notamment en décrivant comment une modification importante de l'activité agricole influe sur les positions des autres activités. De nombreuses discussions de travail avec les collègues du Parc ou de la Réserve de Camargue nous incitent évidemment à admettre une très grande complexité d'intégration des variables sociales que l'on peut qualifier d'instables. L'ensemble des travaux réalisés depuis des années en Camargue, hors et sur le territoire du Parc et de la Réserve, font en effet "bouger" les représentations des acteurs sociaux par des processus de rétroaction. La seconde évolution de ce prototype pourrait être le couplage d'un modèle biologique du Vaccarès aux modèles hydrologique et de négociations, intégrant l'effet de la gestion hydraulique sur la dynamique des peuplements d'herbiers aquatiques (Grillas et coll., 2000). Ce projet avait été initialement envisagé, mais la complexité du travail nous a contraint à l'abandonner. Enfin, il serait intéressant de tenir compte des variables externes, comme le cours des céréales qui agissent sur les surfaces rizicoles et donc sur les entrées d'eau en Camargue. La période actuelle semble s'orienter, dans le champ de la conservation de la nature, vers une meilleure intégration de la variabilité climatique méditerranéenne par une gestion adaptée, prenant en compte les cycles saisonniers. On peut cependant se poser la question des conséquences d'une chute à 5000 ha de riz en Grande Camargue (niveau atteint au milieu des années 70) susceptible de limiter les flux d'eau du fleuve à moins de 150 millions de m³, c'est-à-dire presque trois fois moins qu'aujourd'hui. Cette possible évolution est tout à fait compatible avec les problèmes posés par la faible rentabilité du riz.

Les réponses à court terme à une telle évolution pour le milieu camarguais pourraient être les suivantes :

- 1^{ère} conséquence : re-salure des terres conquises par la riziculture sur les marges des bourrelets alluviaux, qui deviendraient de ce fait impropres à l'agriculture ;

- 2^{ème} conséquence : chute de la disponibilité en eau pour les milieux dits "naturels" (marais gérés) et modification plus ou moins importante de la salinité dans une gamme dépendante de la gestion actuelle et des caractéristiques des sites (pédologie, localisation).

Globalement, à l'échelle de la Camargue, la salinité devrait augmenter ainsi que dans le Vaccarès et probablement plus encore dans les étangs du sud, dont la salinité peut être supérieure en été à celle du Vaccarès et dépasser 50g/l. Une telle situation globale est survenue au XIX^e siècle après le relèvement des digues pour faire face aux crues millénales (Picon, 1988) et avant l'introduction d'importants volumes d'eau douce à la suite de la révolution rizicole.

Si l'on voulait alors conserver les objectifs actuels de gestion, fruits de compromis qui tendent à satisfaire la plupart des acteurs, cela entraînerait nécessairement le maintien et/ou la remise en état des stations de pompes – ce qui reste un problème d'actualité - de façon à pouvoir ajuster la gestion hydraulique aux besoins définis par les diverses composantes de la sphère sociale, c'est-à-dire le maintien des flux d'eau (entrant/sortant, doux/salés) nécessaire à des objectifs clairement définis. Du point de vue de l'écologie et de la conservation, la réappropriation d'une variabilité s'approchant d'une variabilité naturelle va dans le sens d'une diversité biologique localement élevée⁵.

L'état hydro-salin du Vaccarès constitue aujourd'hui un des objectifs du PNRC (inscription dans la charte du Parc) et la gestion globale de l'eau figure au projet de Contrat de Delta. Notre modélisation des conséquences des choix des activités vis-à-vis d'un état du Vaccarès et des étangs du sud, bien que très simplifiée, peut être regardée comme une synthèse des connaissances disponibles sur ce sujet. Elle permet, dans une approche globale, de décrire un fonctionnement très complexe, avec d'incessants et importants échanges entre gestion agricole et gestion de la nature, et plus largement au sein de l'ensemble des activités humaines qui s'appuient sur les ressources du delta, que l'on a plutôt l'habitude d'opposer. C'est un outil qui peut évoluer et constituer une aide utile à la réflexion sur les implications de la gestion de l'eau et l'importance des interactions entre l'homme et la nature en Camargue.

Un des aspects de cette réflexion est le suivant : apporter comme solution à un problème de gestion la perspective d'une complexification encore plus grande du système par le biais d'une artificialisation accrue est-elle une solution durable ? En d'autres termes, une solution qui risque de fragiliser une dynamique déjà bien délicate à appréhender et à maintenir est-elle souhaitable à plus long terme ?

Notes

1 - Ce travail est le résultat d'une collaboration entre deux laboratoires : le DIAM-USPIM (Université Aix-Marseille III, actuellement LSIS UMR CNRS 6168) et le DESMID (Université Aix-Marseille II). Intégré au projet « Les enjeux de la gestion hydraulique dans le delta du Rhône » du PNRZH, il a été financé par la Région PACA.

2 - Collectif encore informel réuni par le PNRC sous la direction de la DDAF, dont l'appellation complète est « Commission Exécutive de l'Eau ». Elle est nommée CDE dans ce qui suit.

3 - Intitulé de notre programme de recherches PNRZH.

4 - Elles ont été réalisées à ce jour avec des résultats satisfaisants et présentées en octobre 2002 au Parc Naturel Régional de Camargue (article en préparation).

5 - Il nous semble souhaitable de ne pas confondre ce terme avec la notion de biodiversité, dont le sens est à appréhender selon une échelle géographique beaucoup plus large. Ce terme est de surcroît utilisé dans nombre de discours sur l'environnement. Cette socialisation lui confère un sens qui devient trop imprécis (voir Barbault, 1994).

Bibliographie

- Aznar, J.C., Dervieux, A., Picon, B. 2000. Les enjeux de la gestion hydraulique dans le delta du Rhône. DESMID, EA 3293 Université de la Méditerranée, Marseille. Synthèse des travaux. Rapport final PNRZH et annexes.
- Barbault, R. 1994. Des baleines, des bactéries et des hommes. Odile Jacob, Paris.
- Bond, A. et Gasser, L. 1988. An Analysis of Problems and Research in Distributed Artificial Intelligence. Pages 3-35 in Readings in Distributed Artificial Intelligence. Morg Kaufman.
- Boulot, S. 1991. Essai sur la Camargue. Environnement, état des lieux et prospective. Actes Sud, Arles, 90 pages.
- Bousquet, F. et coll. 1999. An Environmental Modelling Approach: the Use of Multi-Agent Simulations. Pages 113-122 in F. Blasco and A. Weill (eds) Advances in Environmental and Ecological Modelling. Elsevier, Paris.
- Bousquet, F. 1994. Des milieux, des poissons, des hommes : étude par simulations multi-agents. Le cas de la pêche dans le Delta Central du Niger. Thèse de l'Université Claude Bernard I, Lyon.
- Cambier, C. 1994. SIMDELTA, Un système multi-agents pour simuler la pêche sur le delta central du Niger. Thèse de l'Université Paris IV.
- Davis, R. and Smith, R.G. 1988. Negotiation as metaphor for distributed problem solving. Pages 333-356 in Readings in Distributed artificial intelligence. Morgan Kaufmann.
- Dervieux, A. et coll. 2002. Stabilité et changements dans le delta du Rhône du XIXe au XXe siècle. In Equilibre et rupture dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires : durabilité et mutation. Annales de l'Université de Franche-Comté, Besançon.
- Dervieux, A. et Picon, B. 2000. Paysages : mesure et représentation sociale des changements. Vallée de l'Hérault, Delta du Rhône. Pages 367-379 dans : Les Temps de l'Environnement. Presses Universitaires du Mirail, Toulouse.
- Dumont, B. and Hill D. 2001. Multi-agent simulation of group foraging in sheep: effects of spatial memory, conspecific attraction and plot size. Ecological Modelling 141 : 201-215
- Farantin, P. 2000. Automated Service Negotiation Between Autonomous Computational Agents. PhD University of London, Queen Mary College, Department of Electronic Engineering.
- Ferber, J. 1995. Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective. InterEditions, 520 pages.
- FIPA 1997. Foundation for Intelligent Physical Agents Specification, Version 2.0, Part 2 : Agent Communication Language, Organization FIPA.
- Franchesquin N. 2001. Modélisation et Simulation Multi-Agents d'écosystèmes anthropisés : une application à la gestion hydraulique en Grande Camargue. Thèse de l'université Aix-Marseille III.
- Franchesquin N. et Espinasse B. 1998. Facteurs naturels, facteurs anthropiques : le cas de la Camargue. Pages 311-325 in Actes du colloque : Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires, Clermont-Ferrand, 5-8 octobre 1998.
- Gilbert, N. 1998. The simulation of social processes. Pages 124-135 in Actes du colloque : Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires, Clermont-Ferrand, 5-8 octobre 1998.
- Gindre, D., Heurteaux, P. et Vianet, R. 1999. Les infrastructures d'irrigation et de drainage sur le territoire du Parc Naturel Régional de Camargue. Historique, structure et fonctionnement. Pages 44-80 in Usage de l'eau et équipements hydrauliques en Camargue. Courrier du Parc, 48/49, Arles.
- Grillas et coll., 2000. Les enjeux de la gestion hydraulique dans le delta du Rhône. DESMID, EA 3293 Université de la Méditerranée, Marseille. Synthèse des travaux. Rapport final PNRZH et annexes.
- Heurteaux, P. 1996. L'eau et la riziculture en Camargue. L'irrigation et le drainage : pourquoi, comment ? Rapport au Centre Français du riz, IIO pages.
- Judson, O.P. 1994. The rise of the individual-based model in ecology, TREE (Trends in ecology and evolution) 9 : 9-14.
- Moss, S. 1999. Social simulation models and reality: three approaches. Pages 45-60 in Sichman, J., Conte, R. and Gilbert, N. (Eds.), Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation. LNAI Series. Vol. 1534. Springer-Verlag, Berlin.
- Picon, B. 1988. L'espace et le temps en Camargue. Actes Sud, Arles, 264 pages.
- Tamisiér, A. et Grillas, P. 1994. A review of habitat changes in the Camargue : an assessment of the effect of the loss of biological diversity on the wintering waterfowl community. Biological Conservation, 70 : 39-47.
- Tranvouez, E. 2001. IAD et ordonnancement : une approche coopérative du ré-ordonnancement par systèmes multi-agents. Thèse de l'université Aix-Marseille III.
- Woodrledge M. et Jennings N.R. 1995. Agent Theories, Architectures, and Languages : A Survey. Pages 1-22 in Lectures Notes in Artificial Intelligence Series, vol. 890, Springer-Verlag, Berlin.

Figure 1



Figure 2

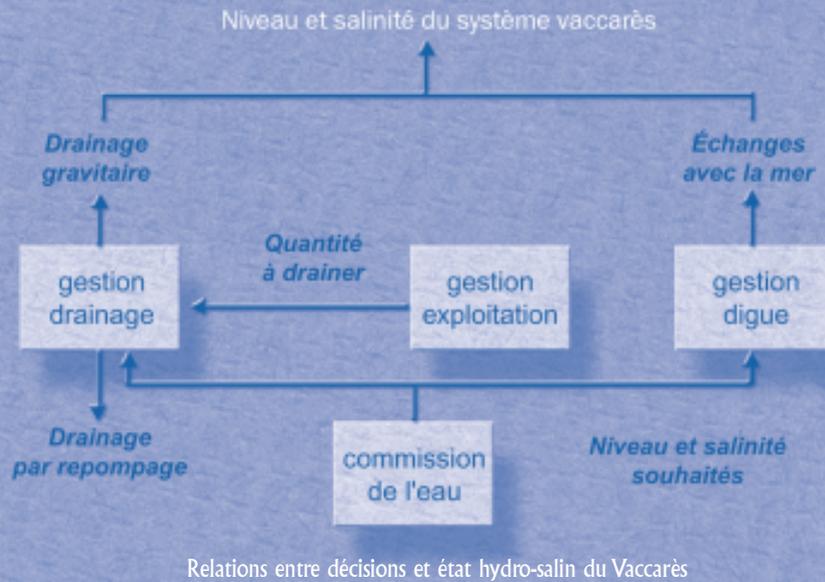
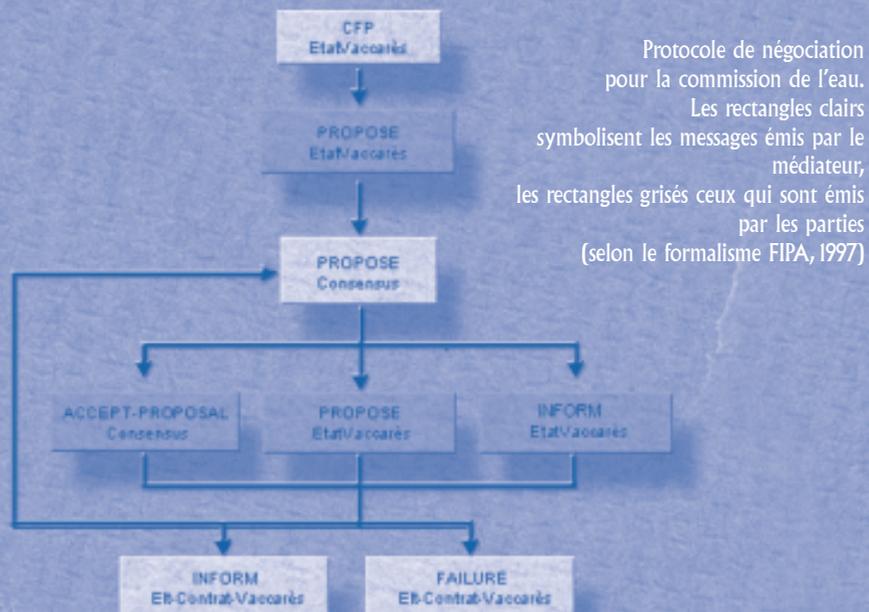
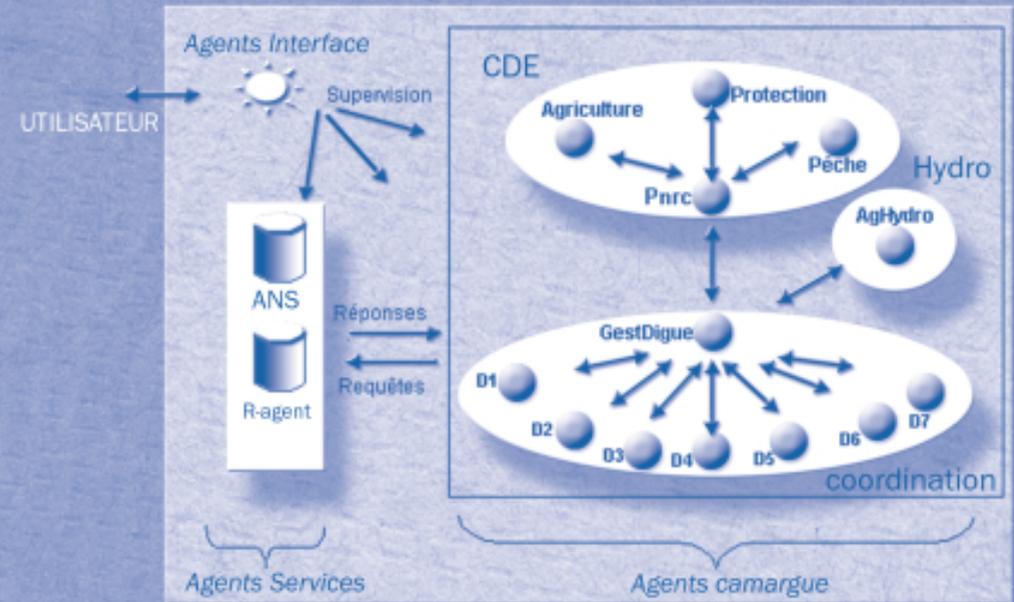


Figure 3



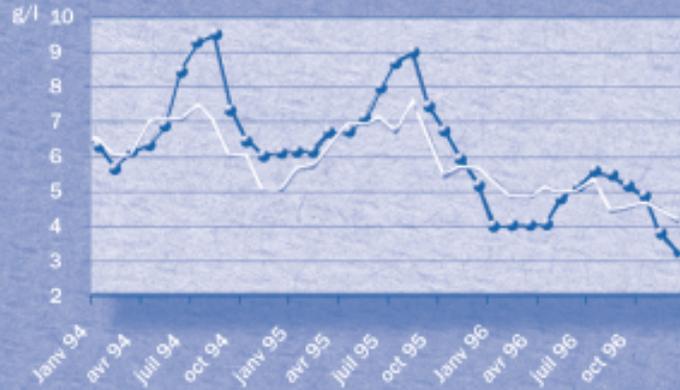
Organisation du système multi-agents

Figure 4



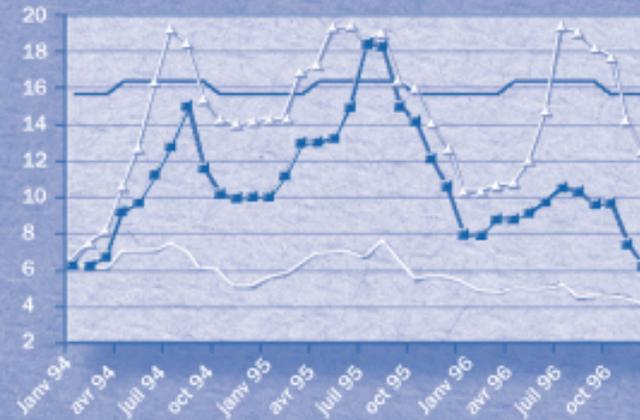
L'architecture du système comprend les agents services proposés par la plate-forme MAJORCA (partie gauche de la figure) et les "agents Camargue" organisés en trois modules (partie droite). Les agents services : L'agent Name Serveur (ANS) enregistre les agents (nom et adresse réseau) et transmet leur adresse. Le R-agent est un annuaire des agents et de leurs compétences. L'agent interface permet à un utilisateur de contrôler les agents du système. Le module CDE comprend trois agents activités (pêche, protection de la nature, agriculture) et l'agent PNRC. Il implémente la phase de négociation du contrat. Le module coordination comprend l'ensemble des agents concernés par le respect du contrat soit les sept agents associationDrainage (notés D1,,D7) et l'agent GestDigue. Le module hydro est composé d'un seul agent qui exécute le cycle de l'eau, transmet les bilans hydrauliques aux agents concernés et applique les décisions de gestion hydraulique.

Figure 5



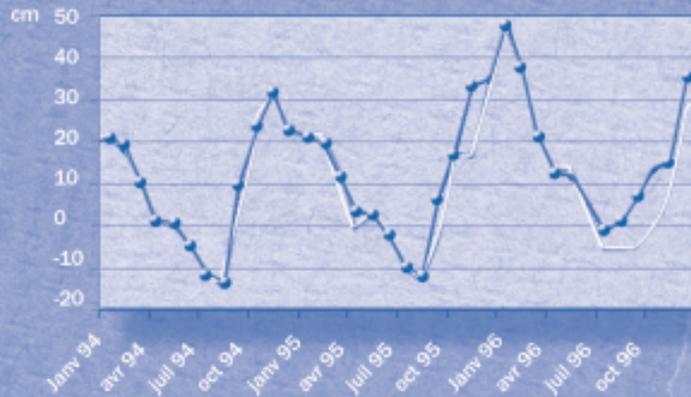
Validation du prototype avec en entrée les données observées de 1994 à 1996 : salinité

Figure 7



Salinité du système Vaccarès (g/l) pour la période 1994-96

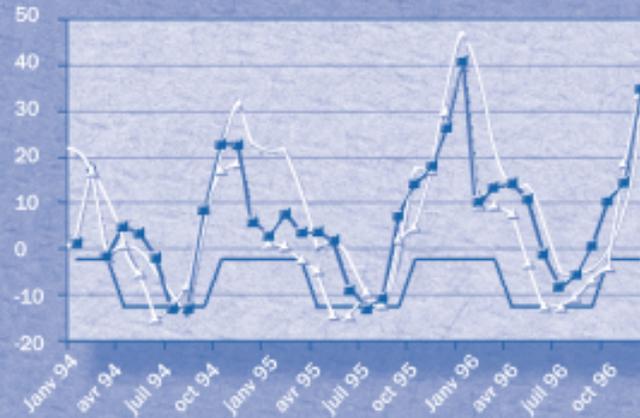
Figure 6



Validation du prototype avec en entrée les données observées de 1994 à 1996 : niveau

■ simulation
— valeurs observées (réelles)

Figure 8



Niveau du système Vaccarès (cm) pour la période 1994-96

■ Scénario A
▲ Scénario B
— Contrat (valeurs recherchées)
— Valeurs observées

Quelle recommandations pratiques peut-on extraire de l'expérience des échanges entre gestionnaires et scientifiques ?

JEAN-FRANÇOIS PERRIN (CEMAGREF LYON)

jean-francois.perrin@cemagref.fr

La prise de conscience de la forte régression des zones humides majeures, tant en termes de superficie totale que d'état général de santé et de fonctionnement, est encore très récente. Elle n'a émergée en France qu'au début des années 1990, quand leur dégradation était déjà très avancée, et alors que depuis déjà plusieurs décennies gestionnaires et scientifiques étaient par exemple au chevet de lacs alpins eutrophes.

Les attentes et questions des gestionnaires

Une confrontation récente des logiques d'acteurs

Les engagements d'un plan national d'actions, puis le besoin impérieux d'une meilleure compréhension des fonctionnements, services rendus et valeurs socio-économiques des zones humides, ont été projetés durant le bref délai 1995-97 dans un programme intégré de recherches finalisées. Dans le contexte général de la recherche d'une gestion équilibrée et durable des ressources naturelles, des logiques figées, reposant parfois sur des concepts erronés (Wetland myths des anglo-saxons), ont été clairement remises en débat. Aujourd'hui, toute la chaîne d'acteurs, propriétaires-élus-gestionnaires "soigneurs" de la ZH, veut profiter de ces avancées des connaissances, mais chacun restant fidèle à sa mission, attaché à certains outils, avec le légitime souci d'évaluer la pertinence de ses actes.

Il n'est donc pas facile de représenter les points de vue des gestionnaires car ils sont aussi nombreux que divers sur le terrain. L'éclairage succinctement donné ici est issu de quelques entretiens avec des praticiens chevronnés, et de retour d'expériences récentes, certes parfois extérieures au PNRZH, mais cependant capables d'ouvrir le débat sur "des outils pratiques de la gestion" avec des perspectives tenables de synergie "scientifiques-gestionnaires" dans l'action.

Les gestionnaires ont d'abord une mission préventive

Les services départementaux de l'Etat, devant l'urgence à sauvegarder des zones humides, ont besoin d'outils tels que des fiches-réflexes qui leur permettent d'agir dans un cadre réglementaire. Nombre de documents ont été rédigés en ce sens : par exemple la seule Mission Interservices pour l'Eau (MISE) de l'Isère a produit des mises au point sur la définition des ZH par rapport à la Loi sur l'eau, les actions contre remblais et dépôts de déchets, la police des micro centrales et les ZH, le document d'incidence sur l'eau... (Fonseca, 2001). Ces documents de "doctrine", encore dépourvus de statut officiel, juxtaposent des références juridiques et des principes de gestion durable.

Les SDAGE ont défini une politique volontariste de préservation et de gestion des ZH. La nécessité d'identifier des indicateurs opérationnels et pertinents a conduit à la réalisation d'une boîte à outils permettant au gestionnaire de sélectionner lui-même le protocole le plus pertinent pour un suivi de ses actions sur une ZH. Des schémas didactiques de fonctionnement (tab. 1, type 2) et un catalogue d'indices et coefficients de l'état de santé du milieu sont ainsi proposés (SDAGE RMC, 2001).

Des approfondissements sur la notion de vulnérabilité d'une zone humide ou plutôt de résistance à l'aménagement sont souhaités par les utilisateurs. En effet l'action "préventive" de l'Etat s'exprime au travers des enjeux de l'étude d'impact (procédure ICPE, projets sous sa maîtrise d'œuvre) ce qui permet de proposer des alternatives, et des mesures compensatoires (équivalence en surface et fonctions pour les ZH). In fine, il importe d'assurer une cohérence territoriale au plan hydro-écologique. La sensibilisation pratique des acteurs de terrain est surtout mise en jeu dans les schémas de gestion concertée (volet ZH des contrats de rivière, SAGE, charte des PNR) ou de classement de biotope, et elle demande également des outils spécifiques. Bien que plus risquées, les opérations de renaturation bénéficient d'un impact local et d'un soutien financier sans commune mesure avec les opérations de protection contre les dégradations.

Type	Modèle cognitif	Objets d'étude	Application de la décision	Réalisation
1	Diagnose rapide (check up)	Paramètres intégrateurs d'état du milieu	Stratégie d'action adaptée au tableau clinique	Généralistes Recherches ou Bureau d'études + observateurs
2	Modèle fonctionnel simplifié	Circuit des flux, compartiments	Compréhension des effets indésirables, précautions	CS ou spécialistes en pluridisciplinarité
3	Schéma des points de vue des acteurs	Représentation des enjeux et problèmes	Négociation équitaine, critères éthiques	Médiateur et animateur du groupe de contact
4	Tableau de bord et de suivi du plan	Indicateurs et indices	Suivi des actions dans le temps	Bureau d'études puis Observatoire du site

Qu'ils soient administrateurs du patrimoine de l'Etat ou d'espaces collectifs, les gestionnaires ont d'abord une mission d'inventaire (sites remarquables, base de données Natura 2000, nouvelles ZNIEFF), de délimitation des zones humides (quelle unité de gestion ? quels regroupements d'enjeux et d'acteurs ?). L'évaluation à partir de grilles d'indicateurs convient au suivi des plans d'actions, sur un territoire régional très vaste ce qui interdit un approche fine. Ce tableau de bord doit être facile à mettre en œuvre, synthétique, et surtout pas trop coûteux. La responsabilité de veille sur les menaces est à juste titre abordée avec l'environnement agricole (DDAF, MISE, Safer,...), les collectivités et les associations-relais qui se posent des questions à propos du risque écologique (quels paramètres déterminants ? quels seuils d'alerte ?). Avec les partenaires fonciers, comme les syndicats d'étangs ou les chambres d'agriculture, on invente de nouvelles pratiques de gestion hydraulique ou de fauche, pour des objectifs plus respectueux de la faune ; la sensibilisation aux actions PNRZH est palpable : par exemple la mise en œuvre régionale de la réhabilitation des mares (200 sites dans la ZICO Dombes), ou le réseau Tourbières (Coïc et coll., 2001).

D es outils pour la conceptualisation et l'encadrement des projets

Les administrations doivent respecter l'applicabilité de mesures dans un cadre réglementaire et juridique peu souple en ménageant les susceptibilités. Dans un contexte politique et culturel particulier, elles proposent des plates-formes de négociation, idéalement produites par des outils cognitifs ayant une pertinence scientifique, pour peu qu'elles puissent les maîtriser. Leur crainte est de provoquer l'effondrement du système, par perte de résilience, à la suite de la surexploitation d'une propriété, par exemple de la capacité d'auto-épuration. Leur souhait est de respecter la "conformité fonctionnelle", le périmètre inaltérable d'un supposé "noyau fonctionnel minimum", mais elles n'en connaissent ni les lignes d'énergie ni les bornes.

Finalement, cette crainte commune suscite la recherche d'outils de "détection de ce qui risque". On en reconnaît quatre types (tab. 1) dont les deux premiers interviennent en préalable au choix technique. Les deux autres concernent la mise en œuvre d'un plan d'intervention et la négociation (voir plus loin) :

- la diagnose préliminaire est très utile par exemple pour cerner l'origine des eaux, principale clé de lecture du fonctionnement bien sûr, et confirmer les symptômes d'une détérioration ;
- le modèle de fonctionnement est plus ou moins utile à la prévention selon l'échelle de gestion (en espace et en temps) : paradoxalement le schéma peut être très compliqué pour une très petite ZH de bas fond (ex. tourbière alcaline semi-colmatée du Grand Lemps, projet PNRZH "Tourbières") et assez clair pour un grand bassin versant (ex. projet PNRZH "Camargue" ; grand lac, estuaire) ;
- il n'est pas imaginable de réussir un projet sans s'insérer dans la logique des élus et des acteurs, c'est à dire connaître leurs points de vue et leurs motivations ;
- le tableau de bord et les documents d'objectifs (Natura 2000, SAGE, CTE) sont des outils de suivi par indicateurs, qui trouvent une application dans les observatoires de bassin ou de sites.

L'outil simple de diagnose (tab. 1, type 1) doit introduire, à côté des paramètres mésologiques pertinents, les symptômes de l'activité humaine dans le tableau clinique. Il peut combiner ces indicateurs d'état et de pression par 2 ou par 3, pour cerner les possibles champs opératoires (fig. 1).

Les questions des naturalistes et l'implication de la recherche

L'appropriation de connaissances naturalistes est devenue heureusement possible pour un public de tous âges. Avec l'abondance des documentaires sur les sciences du vivant, depuis les lois du climat jusqu'à la synthèse écologique, et avec les avancées des sciences historiques et sociales, on assiste au déclin des modèles anciens, hygiénistes et mécanistes, appliqués jadis au détriment des zones humides (cf. histoire du marais d'Orx, Baron-Yelles, 2000). Il n'est plus aussi rare qu'une décision politique en environnement, idéalement supportée par une stratégie scientifiquement validée, soit soumise au débat public afin d'être socialement acceptée. Certes il demeure des arbitrages économiques et des groupes de pression, mais le choix ne peut plus reposer sur une logique d'intérêts privés.

La position médiane des protecteurs de la nature

L'assistance à la gestion des espaces appelle une reconnaissance par la communauté scientifique de la légitimité des demandes des Associations de Protection de la Nature.

On constate que seuls les projets étendus, gérés par de grosses structures déléguées, sont viables. On sait la difficulté qu'il y a pour faire passer le dossier "entretien de zones humides" dans

les petites communes. Cela tient à la complexité du thème et à l'inexistence d'un "budget environnement". Dans un projet plus vaste, les moyens humains sont renforcés, mais les questions d'échelles et de fréquence d'intervention sur le site s'amplifient. D'où la nécessité d'avoir recours à un Conseil Scientifique pluridisciplinaire (tab. 1), avec une efficacité qui dépend des crédits "animation" et "gestion du réseau d'experts". La masse critique n'est atteinte que pour des grandes Réserves naturelles (ex: fédération ASTERS en Haute Savoie, RN des Gorges de l'Ardèche), des Conservatoires régionaux (15 à 30 salariés), et autour de grands programmes (Plan Loire, LIFE Etangs languedociens, LIFE Apron,...). On réfléchit ailleurs à une fédération des petites structures pour mutualiser ce "service scientifique".

La proximité de scientifiques n'empêche pas leur éloignement d'un programme rondement mené par des élus et associations motivés (ex. réhabilitation du Drugeon, Doubs). Les gestionnaires, très pressés d'agir (par ex. pour une plante pionnière en régression) ne peuvent attendre le (coûteux) verdict scientifique (par ex. évaluer la banque de semences du sol) et interviennent alors au titre d'un axiome écologique (ré-ouvrir le milieu sur une parcelle). Au plan éthique, ce choix relève du principe de précaution, la loi Barnier de 1995 visant à ne pas retarder l'adoption de mesures proportionnées pour prévenir un risque de dommages, même sans preuve formelle. Au plan technique, c'est un test empirique en vraie grandeur. Certains conservateurs ont parfois le sentiment de faire du suivi avec les seuls chercheurs "disponibles", ou avec des indicateurs classiques, plutôt que de choisir le meilleur conseil pour résoudre des problèmes.

Ingénierie écologique pour les zones humides

L'objet ZH apparaît souvent trop complexe, hétérogène par la juxtaposition de milieux à mécanismes très différents, pour se prêter à la modélisation scientifique. Le passage du schéma expérimental, obtenu à l'échelle du laboratoire, à la dimension réelle de l'écosystème, est voué à de lourdes déconvenues. L'approche fonctionnelle est cependant possible en conservant les facteurs les plus structurants et les traits écologiques les plus intégrateurs. Par exemple, le révélateur de bon fonctionnement est choisi au niveau des exigences des espèces amphibiotiques, exploitant alternativement des domaines très différents. Ainsi la tortue cistude qui vit dans l'eau et pond dans les coteaux secs, ou les papillons des marais (azurés, fadets) qui ont besoin d'une plante nourricière palustre et/ou d'un hôte tel que la fourmi pour leurs chenilles (CREN, 1999 ; Coïc et coll., 2001).

La recherche expérimentale devrait accompagner tout essai de repopulation (loutre, castor, certains poissons), ou de renaturation végétale, en effet susceptible d'induire des effets à long terme sur les communautés des ZH fluviales. Ce faisant, on créerait une jurisprudence et un savoir-faire : il serait inutile de répéter çà et là les mêmes expériences, aussi faudrait-il mieux divulguer ces résultats, après les avoir analysés voire normalisés en termes scientifiques. Or cette post-analyse ne procède pas de la démarche expérimentale classique, elle est quasi sans valeur scientifique pour certains chercheurs puisqu'on ne maîtrise pas les conditions. Pourtant, avec la typologie fonctionnelle, explorant notamment les fonctions de la biodiversité (structuration d'habitats, production organique, flux biotiques transitoires, bioindication par des groupes clés du métabolisme de la ZH), on ouvre un vaste champ de recherches méthodologiques (Projet PNRZH "Baie du Mont-Saint-Michel").

D'où les questions : cette ingénierie écologique in natura est-elle de la recherche ? Les "généralistes" de la pathologie des zones humides seront-ils en synergie avec les spécialistes de la fonctionnalité de l'hydrosystème, à l'instar de la recherche médicale qui se nourrit bien de ces "explorations", où réussites et échecs sont également instructifs ?

Des règles d'or en appui sur des concepts simples, pour servir la concertation ?

En milieu rural, la mémoire collective procure ordinairement des jalons aux actions d'aménagement, par exemple des repères quant aux événements climatiques majeurs. Dans le cas des zones humides banales, on assiste ici ou là à la naissance de références communes sur ces milieux par trop "négligés". L'écart entre les objectifs des propriétaires de vastes surfaces agricoles et les objectifs des protecteurs de la nature, s'amenuise grâce au rapprochement des connaissances technologiques et à la conscience environnementale. Un vieux différend opposant milieux naturels et espaces artificiels est éradiqué : on ne peut discriminer nos territoires qui tous ont subi l'action humaine. Plusieurs projets PNRZH viennent de démontrer comment ce façonnage historique était et reste bien le ressort essentiel de l'entretien de la zone humide. Comprendre ce mécanisme, en donner une expression assez simple, pointer les indicateurs sensibles et fidèles des réactions du système, constituent les clés d'une conservation partagée.

Organisation de la concertation

Un maire s'inquiète d'abord de la disponibilité de l'eau en quantité et en qualité sur son territoire : il pose au service gestionnaire des questions simplistes, relatives aux conséquences en partie néfastes de ses décisions. Ce dernier doit reformuler techniquement l'énoncé pour interpeller les scientifiques qu'il pense être en mesure de traiter la question (même si ce travail n'est pas valorisé par le chercheur). Le gestionnaire redoute de son côté un modèle de gestion "passe partout" qui pourrait conduire au final, s'il est efficient, à trop de lissage des actions et d'homogénéité du site.

Dans un projet collectif, soumis à un cadrage juridique et une compatibilité avec un schéma (SDAGE, SAGE, CTE), la confrontation des points de vues et la concertation interactive des acteurs sont impératives. Un travail scientifique d'accompagnement consiste à construire une représentation commune des problèmes dans un schéma fonctionnel de la concertation (tab. 1, type 3). Ce schéma relie entre elles les "vues" de certains groupes (agriculteurs, chasseurs, pêcheurs...), met en évidence les enjeux de chacun, les scénarios possibles dans un partage équitable des gains et pertes. Mais il ne représente aucunement la réalité des mécanismes hydro-écologiques mis en jeu dans et autour de la zone humide.

Un exemple simplifié et partiel est donné à propos des enjeux d'un remembrement dans une ZH de fond de vallée (fig. 2). Une cotation des enjeux environnementaux prioritaires (1 à 7) est possible dans un schéma plus global de fonctionnement intégrant ces vues. De même sont également issues des entretiens avec les acteurs, les contributions à l'enjeu de quelques groupes "supports d'actions" (chiffres en fractions). Ces valeurs illustrent la logique collective quant aux liens de causalités entre actions anthropiques et fonctionnalités environnementales.

Autre exemple avec le projet ARAMIS où le thème de la concertation et de la gestion intégrée des marais charentais a été étudié. La construction collective est conditionnée par la formulation des questions, observée par les déformations de la "surface du problème" au cours des débats, et avec le renfort d'experts scientifiques (sur lesquels on a tendance à faire peser un rôle d'arbitrage un peu excessif). Résultats essentiels : il faut instaurer une légitimation des relations de travail sur le terrain entre exploitants agricoles et protecteurs de la biodiversité, ce qui passe par une concertation interne aux filières d'usage (éleveurs et céréaliers; usagers et propriétaires), et avec l'aide des chercheurs de l'INRA par une reconnaissance réciproque des métiers et des savoirs. Autre piste sérieuse : la qualification paysagère, construction collective d'objets spécifiques avec renforcement de la politique publique. Les enjeux de recherche interdisciplinaire n'y sont pas négligeables comme l'avaient prévu Billaud et Picon (1997). Les conditions d'un développement durable suivent ces voies nouvelles de valorisation agricole, par exemple les produits de fauche d'un marais savoyard utilisés pour le paillage des

vignes (SDAGE RMC, 2000) ou le pâturage extensif prôné comme mode de gestion (CREN, 1999), débouchant sur une florissante filière "viande de taureau" en Camargue gardoise.

La mise à niveau gestionnaires-scientifiques est le fruit d'un travail de groupe (maïeutique du type groupe de contact) avec échange permanent de concepts pour faire naître les bonnes questions. Si la transmission des connaissances aux décideurs est correcte, la pertinence de l'action ne sera plus de leur seul arbitrage, elle pourra devenir une des missions du scientifique quand il accepte de remettre sur le métier son ouvrage (le modèle cognitif et évaluateur).

Des règles de bon sens

Le référent "logique" est plus important qu'il n'y paraît : même si les démonstrations scientifiques manquent parfois, les principes opérationnels du "ralentissement dynamique" et du "bon sens de l'eau", avec leur vertu de précaution, sont fondateurs. Dans le premier cas, on privilégie le temps de séjour des eaux pluviales dans le circuit le plus long possible (Oberlin, 1996 ; DIREN Midi Pyrénées – ARPE, 2000). Dans le deuxième cas, on reconnaît la priorité de l'eau la plus pure à l'usage le plus naturel et le plus exigeant, et inversement la déviation des eaux usées vers le meilleur milieu accepteur (adéquation eau – usages à introduire dans les SAGE). Dans les deux cas les vocations essentielles de la zone humide peuvent être privilégiées. Scientifiquement, c'est satisfaire au mieux les fonctionnalités écologiques, car la stabilité à long terme du système s'exprime par l'accomplissement de fonctions métaboliques essentielles (entretien de la morphologie, assimilation organique, productions biologiques vitales,...) plutôt que par sa complexité. Cette double règle de bon sens est utilisable aisément dans les échanges gestionnaire-propriétaire, et facilite le transfert conceptuel scientifique-décideur. Des idées fausses sont écartées par la même occasion.

Sur des territoires où se jouent les processus successionnels de zones humides contiguës, il convient de faire avancer la notion de décloisonnement. Ce principe est bien étayé par des travaux sur les métapopulations d'amphibiens (projet "mares") ou d'oiseaux (projets "Scarpe et Escaut" et "diagnostic plaines alluviales") et la dispersion de propagules végétales (projets "diagnostic plaines alluviales" et "prairies"). La continuité hydrologique peut être érigée en règle de bon sens dans le cas d'un réseau de zones humides alluviales.

Exprimer le taux de satisfaction

Il importe de pouvoir situer l'impact de son action (la réponse du milieu) dans une gamme étalon. On a besoin de paramètres synthétiques, assimilables, avec une mesure simple, peu sensibles au biais des observateurs. Un système d'indicateurs organisé en tableau de bord (par exemple en système Pression-Etat-Réponse, OCDE 1999) est souvent proposé (la plupart des SDAGE, ex. CB RMC, 2000). Cette généralisation est pertinente et à terme profitable à l'Observatoire national de l'IFEN. La standardisation est souhaitable tant à l'étape des schémas logiques qui organisent ces indicateurs qu'à un niveau des échelles de temps et d'espace auxquelles se réfèrent les actions.

En effet l'échelle d'espace est déterminante : la résilience du système augmente avec sa surface (mais pas forcément sa richesse taxonomique, exemple des mares, projet "mares" ; Oertli et coll., 2002), laquelle sert de référence pour apprécier le rayon d'impact d'une action. Quant aux échelles de perception et de représentation, de nombreux projets ("diagnostic plaines alluviales", "Aramis", Masse et coll., 2000) adoptent 3 niveaux emboîtés :

- l'échelle régionale, renvoie à l'entité hydrosystème (marais, estuaire, plaine alluviale) avec des descripteurs bassin versant et des populations à large distribution (oiseaux, poissons migrateurs...) : c'est le niveau où la gouvernance (intercommunalité) s'exprime le mieux ;
- l'échelle intermédiaire, rend compte à la fois de phénomènes biologiques en mosaïque (interconnexions) et de l'emprise humaine sur des facteurs de contrôle (régime, granulats, biomasses...) : c'est l'unité fonctionnelle privilégiée par les conservatoires, objet du document d'objectif Natura 2000 (outil participatif de préservation et références scientifiques) ;
- l'échelle locale est celle de l'écosystème unitaire, bien identifié comme objet de recher-

che : la complexité fonctionnelle, le foisonnement des taxons, ne facilite cependant pas l'émergence d'indicateurs simples de qualité et de pression dont on peut faire usage à l'égard de l'individu exploitant.

Le tableau de bord a pour objet d'évaluer l'efficacité d'un plan d'action ou de gestion. Ces contrôles peuvent se faire au niveau des objectifs (avec des indicateurs d'état rendant compte de la qualité écologique) et au niveau des actions (avec surtout dans ce cas des indicateurs de réponse, à défaut de pression sur l'écosystème). L'indicateur, paramètre ou groupe de paramètres, possède une valeur objective découlant directement des données recueillies dans le milieu. Si aucun objectif cible ne lui est assigné, on a recours à des indices qui agglomèrent plusieurs indicateurs et évoluent sur une échelle standard (par exemple à 10 degrés). L'exemple de la figure 3 apporte deux illustrations : d'une part, on peut choisir entre une échelle absolue de valeurs "de référence pour ce type de ZH" (comme ici pour le Léman) ou bien une échelle relative bornée par les extrêmes connus, et d'autre part que les objectifs les plus "mobilisateurs" sont généraux, intégrateurs, tempo-référencés comme ici le phosphore.

Un écueil apparaît parfois en stratégie de la conservation des espèces quand modèles "statistiques" imprécis, solutions "radicales" de gestion, et pratiques "traditionnelles", sont malmenés par des boucles de rétro-action : par exemple en Camargue avec les effets poissons planctophages/croissance du phytoplancton, ou protection des roselières/prolifération du ragondin.

Des moyens humains et financiers pour la mise en oeuvre

Les moyens de suivi, par exemple un observatoire associé au tableau de bord, et de corrections éventuelles, nécessitent l'attaché d'un conseil technique, pouvant traiter auscultation et diagnostic en lien avec les scientifiques. Le rôle de médiateur du chargé de mission Projet est très composite : référent multidisciplinaire, agent de négociation, stimulateur des partenaires de l'action.

L'interfaçage direct entre chercheurs et gestionnaires n'est pas une solution efficace et durable. L'expérience des observatoires environnementaux (Bouni et Cattani, 1997) montre que la valorisation des travaux de recherche, d'abord prônée, est tôt ou tard délaissée au profit de l'aide pratique aux gestionnaires et de l'accompagnement des politiques publiques en vigueur. Pourtant la compilation d'informations, le géoréférencement des données et la mise en place d'un langage commun constituent des avancées notables. Suivi et prospective ne sont cependant pas servis par des modèles cognitifs de synthèse, les observatoires n'étant pas commanditaires d'expertises scientifiques.

Aussi la mise en réseau des administrateurs isolés mérite d'être activée : non seulement avec la volonté de divulguer les outils d'objectifs et de gestion pour les zones humides les plus "ordinaires", mais aussi pour étayer le référentiel "métier" des médiateurs dont ils ont besoin.

Bibliographie

- Auvergne S., Fallet B. et Rousseau L., 2001. Proposition d'une méthode d'aide à la concertation. Ingénieries EAT, numéro spécial Multifonctionnalités, p. 119-130.
 Baron-Yelles N., 2000. Ecologie, paysage et société au marais d'Orx. Edition ENS, Paris.
 Billaud J.P., Picon B., 1997. Les sciences de l'homme et de la société dans le PNRZH. Séminaire de lancement, Lyon 1997, p. 22-25.
 Bouni C., Cattani A., 1997. Analyse de huit expériences de mise en place d'observatoires environnementaux et sociaux. Rapport IEGB / MATE pour ONZH, 55 p.
 Coïc B., Frappa F., Laza L., 2001. Tourbières en Rhône Alpes : un patrimoine commun à gérer. CREN Rhône Alpes, 48 p.
 Comité de Bassin RMC, 2000. Tableau de bord du SDAGE RMC, Panoramique 2000, 157 p.
 CREN, 1999. La gestion des milieux naturels de Rhône Alpes. Marais et tourbières. Cahier technique 4 : le pâturage extensif, 10 p. Cahier technique 5 : la gestion et le suivi des papillons remarquables, 10 p. ; édition CREN- Région Rhône Alpes.
 DIREN Midi Pyrénées, ARDE, 2000. Aménagements pour la réduction des crues dans les petits bassins versants, guide méthodologique. Réalisé par le Cemagref pour le CPER Midi Pyrénées, 32 p.
 ECOSCAN, 2001. Elaboration du Tableau de bord de conduite et de suivi du plan d'actions 2001-2010 [pour le Léman et ses tributaires]. Rapport à la CIPEL, Lausanne, 42 p. et annexes.

- Fonseca C., 2001. Amélioration des outils pour la prise en compte des zones humides dans les actions de l'Etat. Rapport de la Mission ZH / MISE 38, Préfecture de l'Isère, 73 p.
 Masse J. et coll., 2000. Elaboration d'un système d'information à références spatiales pour l'aide à la gestion des zones humides littorales atlantiques. Ingénieries EAT, N° spécial Agriculture et Environnement, pp 35-60.
 Oberlin, G. 1996. Essai de synthèse en vue de l'action : L'influence humaine à travers les pratiques actuelles et futures de gestion des eaux dans leurs versants et dans leurs réseaux ; in Leblois, E. : L'influence humaine dans l'origine des crues, actes du colloque des 18-19 novembre 1996, Paris, Ministère de l'Environnement, Cemagref éd., 1999, 195 p [67-104].
 OCDE, 1999. Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les examens des performances environnementales, p. II. Monographies sur l'environnement N° 83.
 Oertli B., Auderset Joye D., Castella E., Juge R., Cambin D., Lachavanne J. B., 2002. Does size matter ? The relationship between pond area and biodiversity. Biological Conservation, 104, 59-70.
 Perrin J.F., Stroftek S., Vérot M. (coord). 2000. Reconquête des axes de vie en lit mineur des cours d'eau. Note technique SDAGE n°6 éditée par le Comité de bassin RMC, 48 p.
 Perrin J.F., Vallod D., 2001. Diagnose fonctionnelle rapide et pistes de valorisation piscicole ; in Gerdeaux D. (coord.) : Gestion piscicole des grands plans d'eau, édition INRA, p 87-106.
 SDAGE Adour Garonne, 1996. Rapport général approuvé. Mesures A3 (zones vertes) et A22 (axes bleus). Agence de l'Eau AG, DIREN, Comité de bassin AG. [<http://www.eau-adour-garonne.fr/sdage/default.html>]
 SDAGE Rhin Meuse, 2001. Fiches Réflexes "Zones humides, remembrement, maîtrise foncière" http://www.eau-rhin-meuse.fr/bassin/sdage/pdf/fiche_zones.pdf
 SDAGE RMC, 2000. Agir pour les Zones Humides en RMC, les priorités du bassin. Note technique N° 4, 42 p.
 SDAGE RMC, 2001. Agir pour les Zones Humides en RMC. Fonctionnement des ZH. Indicateurs pertinents. Guide technique N° 5, 146 p.

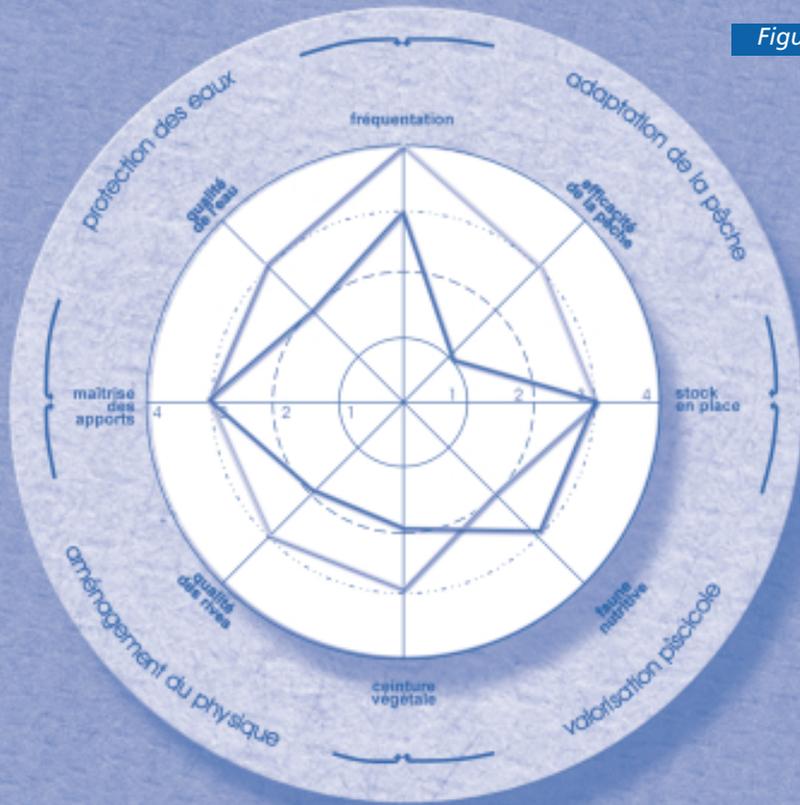


Figure 1

Exemple d'outil de diagnose applicable aux petits plans d'eau à vocation touristique et piscicole : les critères regroupent compartiments principaux et activités humaines déterminantes et sont basés sur des éléments objectifs d'appréciation (paramètres mesurables souvent synthétiques, codés sur 4 degrés, accessibles à des observateurs pour auto-contrôle). Certains critères sont communs à plusieurs thèmes. Le diagnostic (tableau clinique polygonal) oriente les indications d'action (d'après Perrin et Vallod, 2001).

Extraits du tableau de bord du bassin versant du Lac Léman. Des séries d'indicateurs pertinents, concordant bien dans l'espace temps avec l'inertie du système et la vitesse de réaction du gestionnaire sont affichées sur une grille d'évaluation des états. Ainsi l'objectif cible "20 µg/l de phosphore dans le Léman" se réfère à un état trophique connu en 1960, et suppose de maintenir une occupation des sols dans un équilibre acceptable et de réduire encore les niveaux de rejet. (ECOSCAN, 2001, pour CIPEL).

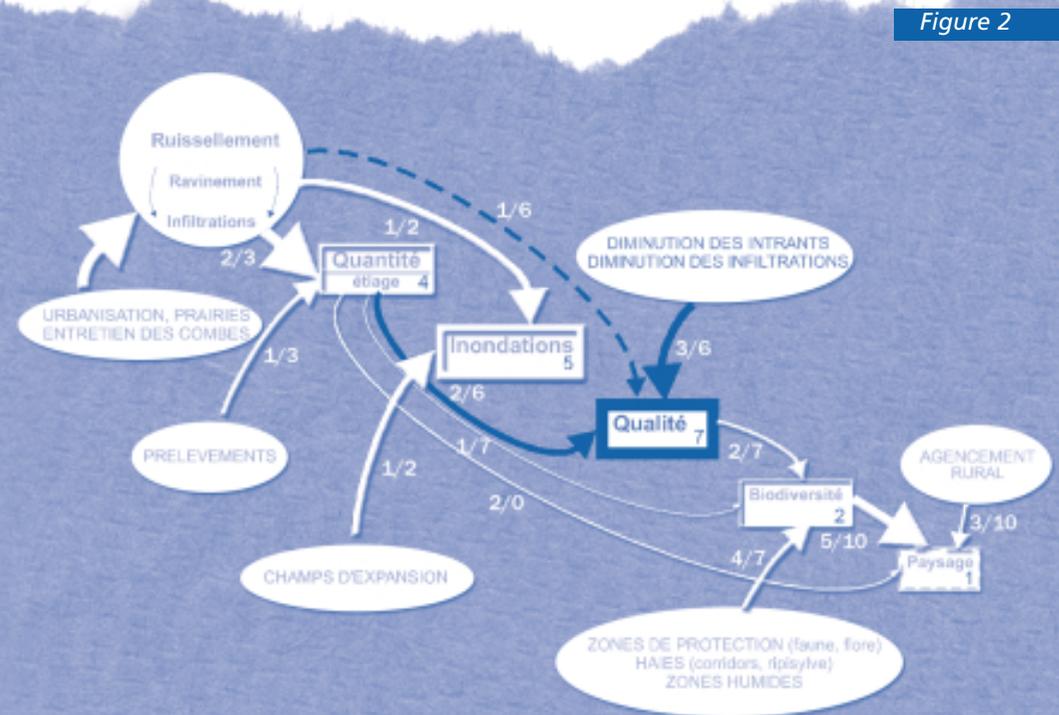
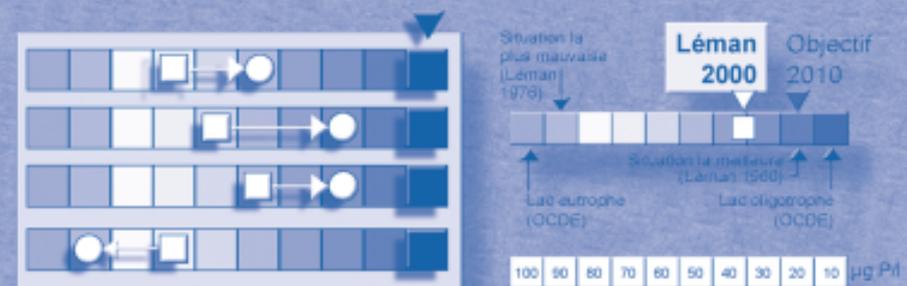


Figure 2

Représentation des vues sur une plaine humide dauphinoise : les acteurs suivent des logiques dominantes agricoles (culture du maïs, peupleraies, cressonnières, chevaux), ludiques (chasse, pêche sur biefs et ZH), industrielles (petites ZI, aéroport, déchetterie, STEP des bourgs de pied de coteaux). Ils ont des vues très différentes de l'origine des problèmes (QE, inondations, faune). Ici, la hiérarchie des enjeux (point de départ de la négociation) est par ordre décroissant : qualité eau et sols, inondations, ressource en eau,...jusqu'à à biodiversité des ZH et enfin le paysage. (Auvergne et coll., 2001)

Figure 3



SYNTHÈSE

Mise en forme des connaissances
pour servir une action durable

JEAN-FRANÇOIS PERRIN, (CEMAGREF LYON)

jean-francois.perrin@cemagref.fr

GUY OBERLIN, (CONSEILS SCIENTIFIQUES DU PNRZH ET DU COMITÉ DE BASSIN RMC)

guy.oberlin@libertysurf.fr

PIERRE ROUSSEL, (PRÉSIDENT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION DE L'AGENCE DE L'EAU RMC)

pierre.rousseau@environnement.gouv.fr

Les débats ont été ébauchés après chaque communication pendant quelques minutes, mais surtout assurés en fin d'Atelier pendant près d'une heure. Les interventions sont résumées ci-après selon des thématiques issues de ce débat général, et non selon la logique qui a présidé à l'ordre initial des communications.

La multiplicité des acteurs face à la notion d'intérêt général

Les acteurs sont multiples et leurs intérêts très contrastés : administrateurs du patrimoine de l'État ou gestionnaires d'espaces collectifs qui partagent une mission de veille sur les menaces avec l'environnement administratif agricole (DDAF, MISE, Safer,...), collectivités locales et associations-relais, propriétaires fonciers qui confrontent leurs objectifs de production avec des nouvelles pratiques plus respectueuses des milieux humides dans un cadre réglementaire rigide.

Comment fait-on passer le **discours de l'intérêt général**, notion présente dans diverses lois (Eau, Pêche, protection des zones humides) dans la négociation ?

Une zone humide communale peut être reconnue et assimilée mais cela ne résout pas le problème interne de l'agriculteur ou du maire qui a des objectifs particuliers : on n'aura pas fini le travail de négociation si cette question demeure. Une bonne réponse aux besoins individuels peut protéger l'intérêt général : on a cité l'exemple de l'agriculteur qui ne cherchera plus à drainer une ZH contiguë à ses terres si sa profession (la chambre d'agriculture, la Safer, la DDAF, ...), ou sa commune, l'aide à trouver ailleurs l'extension de terres dont il a besoin.

S'il est important de définir la zone humide comme une nature "commune", c'est à dire collective (dont il faut partager l'entretien), pas forcément exceptionnelle, mais partie intégrante du cadre de vie, il faut aussi **entourer sa gestion d'idées relativement simples**. Il en est ainsi des règles de bon sens tel l'intérêt de ralentir l'écoulement de l'eau, la nécessité de respecter les sens de circulation prioritaires des eaux (de pluie, de nappe, usées), la fonction de dénitrification, le rôle épurateur d'un estuaire... qu'il convient de traduire autant que possible en objectifs chiffrés (monétaires ou non).

Les externalités, du point de vue des zones humides sont à peu près complémentaires de celles qui seraient définies du point de vue des acteurs de l'économie marchande à court terme. Ainsi les comportements des propriétaires fonciers, producteurs, et maires, commandent pour l'essentiel le devenir de la zone humide, et ce indépendamment de son bon fonctionnement. Il ne faut pas omettre ce facteur absolument déterminant. Ne font exception que les rares zones humides gérées par une autorité à vocation principale d'intérêt général, pas nécessairement ou seulement patrimonial.

La zone humide est un objet complexe qui se représente sous des angles très divers. Pour être entendu, le **langage commun** doit recouvrir : besoins de l'acteur de terrain, taux de satisfaction, économétrie, variables synthétiques de fonctionnement ; il doit y avoir une représentation foncière (carte) et un schéma des interrelations entre filières.

A propos de l'encadrement consensuel, le SAGE est souvent pris comme exemple d'un bon cadre structurant, de par sa capacité à faire produire de la connaissance et à la valider démocratiquement par la CLE. Comme le rappellent les juristes (projet PNRZH "Estuaires et développement soutenable"), il s'attache à décrire dans un bassin versant, prédéfini par le SDAGE² et le Comité de Bassin, l'état des milieux, l'inventaire des usages et non-usages, les perspectives d'optimisation des infrastructures naturelles, le zonage des axes de circulation-migration et des périmètres protégés, etc.... Le SAGE, qui "fixe les objectifs de gestion de l'eau" sans délai précis, n'est cependant pas obligatoire. On sait seulement, par une approche sociologique "retour d'expérience", que les SAGE sont le plus souvent nés après conflits entre filières d'usage (agriculture, alimentation en eau potable...) et rarement pour gérer le patrimoine naturel, certains étant même en position ambiguë. On y reconnaît déjà une conséquence de la faiblesse réglementaire.

Des critiques s'élèvent quant à la vertu démocratique liée au processus de consultation et de décisions des CLE, lorsqu'elles vivent sous la dominance des usagers de la filière agricole. Une plus grande impartialité pourrait être attendue de la part de certains établissements publics territoriaux de bassin (EPTB), nés le plus souvent pour servir des objectifs "filières", et non orientés d'emblée vers l'intérêt général durable et vers l'équilibre des taux de satisfaction de tous les usages. Les mêmes outils de connaissance, tenus à la meilleure objectivité, demeurent cependant foncièrement valides.

Cette faiblesse "politique", ou d'autorité, des SAGE va très prochainement se réduire grâce à la montée en puissance de l'application effective de la Directive-Cadre Eau qui rendra les SAGE, ou leur futur équivalent, quasi obligatoires.

Les qualités d'un modèle synthétique pour l'action

Le modèle de synthèse, dont plusieurs projets rendent compte, doit :

- être intelligible par des responsables "instruits mais non scientifiques" qui se l'approprieront ;
- permettre d'afficher des objectifs assez globaux (valant "besoins") et les résultats atteints (avec en toile de fond un état des lieux de référence), donc idéalement d'estimer des taux de satisfaction des objectifs sur une échelle simple normée ;
- servir une négociation aussi équitable que possible, par des représentations hiérarchiques, fonctionnelles et cartographiques de l'éco-complexe (écosystèmes inter-dépendants), certes dans un cadre plus ou moins conventionnel : conférences pour la réglementation, contrats de milieu et SAGE, délibérations syndicales dans l'intercommunalité, ...

La formulation des diagnostics est un préalable pour les scientifiques : bien se mettre d'accord sur ce que l'on appelle une **zone humide de qualité** (cf. débats des ateliers précédents). Toute synthèse est réductrice mais permet le plus souvent, en compensation et c'est très intéressant, de dégager des propriétés qui ont une réalité régionale, et donc d'extrapoler, c'est à dire d'exporter la connaissance sur des zones humides pas ou peu "instrumentées" (connues, observées, suivies, ...). L'aide à la hiérarchisation des mares passe par exemple par la construction d'un diagnostic environnemental **pour les gestionnaires** en combinant indice de biodiversité et degré de menaces en classes de sensibilité.

La remodélisation consiste à présenter autrement les mêmes connaissances pour mieux servir l'usager ; par exemple lors des conflits d'usage des sols à l'origine de beaucoup de problèmes, et pour viser équité et durabilité. La seule connaissance du plus ou moins bon fonctionnement de la zone humide ne suffit pas à supporter la décision, surtout durablement.

L'expression du taux de satisfaction de divers objectifs peut être utilisée pour l'analyse. Mesurés dans la même unité et confrontés aux résultats issus de la réalité ou de la modélisation, ces taux (et parfois, s'il faut "remonter", les besoins qui les ont co-définis en parité avec la réalité subie) deviennent des objets de négociation. Cette approche est bien illustrée dans le cas du modèle multi-agents Camargue, par la **matrice de satisfaction**. Celle-ci résulte d'une analyse des messages échangés dans la négociation de l'état hydro-salin du système (deux saisons identifiées, acceptation d'une réduction respective de certains besoins pour agriculture/pêche/nature), laquelle sert ensuite à chiffrer le résultat du consensus opéré. Plusieurs types de cartographie pédagogique sont possibles : pastilles de couleur pour le bilan objectif/réalité à la parcelle, "cubes" de volumes d'eau pour satisfaire des besoins surfaciques (ex: frayères, phytocénoses zone humide), ...

A noter que l'expression des taux de satisfaction est souvent liée aux régimes hydriques, parfois fonciers, souhaités et subis. Ce n'est pas pour réduire la problématique aux seuls besoins en eau (ou en espace), et ce n'est nullement exclusif d'autres évaluations. C'est plutôt parce que c'est assez accessible, souvent pertinent, et compris comme une espèce de "monétarisation physique" qui motive, mobilise et soutient les indispensables négociations.

L'importance du premier diagnostic est souligné par les usagers : l'outil simple de diagnose doit introduire, à côté des paramètres de milieu pertinents, les symptômes de l'activité humaine dans le tableau clinique. Il peut combiner des indicateurs d'état et de pression par 2 ou par 3, pour cerner les possibles champs opératoires (exemple fourni pour les petits plans d'eau).

Les phénomènes sont parfois fugaces et nécessitent une fréquence élevée de retour sur le terrain, même si in fine on ne calera que un ou deux paramètres. En Champagne crayeuse, par exemple, les mares de plein champ sont devenues des pièges à pesticides : certes, elles arrivent en queue de peloton, au contraire des mares prairiales, potentiellement très riches, mais elles devraient faire l'objet d'attention. La signature bio-géochimique d'une mare n'est pas stable : les taux de nitrates et nitrites peuvent largement fluctuer d'une semaine à l'autre, la récupération en qualité est très rapide, c'est finalement un motif d'espoir pour la restauration et une obligation de vigilance.

Face au "vertige" de la diversité biologique, les chercheurs offrent des solutions de regroupement biotypologique (cas des 600.000 mares, des innombrables et diverses tourbières, des mosaïques estuariennes, ...), de caractérisation de comportements communs décrivant mieux le lien physique-biologique, et permettant ultérieurement un diagnostic pertinent sur la fonctionnalité des biocénoses "attendues". Cette démarche poursuivie sur les annexes fluviales (projet PNRZH "diagnostic plaines alluviales") consiste à remplacer des listes floristiques par des traits biologiques de type sensibilité à la morphologie fluviale, préférences trophiques, liaison avec les apports phréatiques, pour une application à d'autres systèmes fluviaux.

De la hiérarchie sur les richesses patrimoniales des 14 types de mares, on passe comme résultat d'analyses multivariées à 7 "mares-veilles de France" à surveiller : à chacune correspond un jeu de traits "enjeu environnemental/culture du gestionnaire/menaces/potentialités".

Bien souvent les naturalistes et gestionnaires des communautés vivantes, dépassés par la variété taxonomique, s'en tiennent à quelques espèces déterminantes dans des groupes bien connus (oiseaux, amphibiens, odonates, plantes palustres, ...) et plus encore à des espèces exigeantes en biotopes variés (reptiles, papillons...) lesquelles deviennent des **populations cibles pour conduire la gestion de la zone humide**.

Attention toutefois à l'usage inconsidéré des termes aujourd'hui très en vogue "zones humides" ou "biodiversité" : un usage restrictif du terme zone humide devrait exclure lacs et rivières, en valorisant une distinction des entités qui ont des fonctionnements très différents (marais, zone inondable, tourbière...). Sur la notion de biodiversité, ce terme fourre-tout recouvre souvent la richesse spécifique d'un ou deux groupes étudiés seulement : les faunes des zones humides, milieux éphémères, sont plutôt ubiquistes avec peu d'endémiques (biodiversité structurale), par contre différents types de biotopes sont nécessaires (biodiversité fonctionnelle obligeant à une vision plus globale), d'où l'intérêt **d'attacher le modèle de synthèse à des indicateurs pertinents**.

La biodiversité ne perd-elle pas son sens quand on mélange les indicateurs ? Certes, et pour éviter de porter ce débat scientifique à la table de négociation, il est peut-être préférable de **poser préalablement une définition acceptable pour tous les acteurs**. Plusieurs facteurs sont favorables à cette mise au point : chacun possède une certaine conscience de l'architecture patrimoniale, et la faune la plus banale appartient à cette **nature commune, aux trois sens du terme** (partagée, banale, communale). Enfin les zones humides touchent à l'affectif, elles font partie des lieux de culture et d'aménités (projet PNRZH "adhésion sociale").

La généralisation du modèle est d'abord une question scientifique de régionalisation. Dans le cas des zones humides fluviales, on vise un ensemble de plusieurs centaines de zones humides de divers types et morcelées, où la régénération n'est pas facile : par exemple depuis l'Ain avec une forte dynamique fluviale jusqu'au Doubs avec des types très colmatés, eutrophes. Des lois générales relient le taux de sédimentation et l'âge, sur tout système : décroissance au fur et à mesure de la fermeture des bouchons alluviaux, croissance concomitante des végétaux, comblement rapide des méandres reconnectés par l'amont et l'aval. Mais elles souffrent des exceptions : par exemple les bras d'anastomoses soumis à des reflux de retenues (très forts taux de sédimentation), ou d'autre bras actifs de l'Ain qui s'auto-entretiennent.

L'outil de diagnostic serait-il utilisable pour des systèmes fluviaux très anciennement anthropisés (canalisés), où la perturbation intervient peu ?

Les paramètres clés, structurants, sont les apports d'eau souterraine et l'effet d'exondation ; une version simplifiée a été testée sur l'ensemble du Val de Saône : même des systèmes peu altérés montrent une sensibilité à ces effets (sous réserve de mieux cerner l'intensité et la fréquence des exondations notamment). Les exondations provoquées agissent en ralentissant les processus : extractions de sable dans le Doubs, pompages agricoles sur l'Ain. Vient ensuite la question des potentialités de restauration : il y a souvent plusieurs solutions et il faut examiner le rapport coût-bénéfice/durabilité. D'où l'intérêt d'une interface "utilisateur de l'outil" dont le schéma informatique a été présenté hors sessions pendant le colloque.

S adapter aux modes de décisions pour soutenir une démarche négociée

Un effort de mobilisation d'acteurs dispersés

Avec le réseau Mares, Bertrand Sajaloli nous montre la difficulté de rassembler une équipe, et de la pourvoir d'une stratégie.

Le modèle cognitif simple "mares-veilles" remplace un discours sur une cible environnementale unique et minuscule, mais la qualité du message dépend de l'attachement affectif (enfance-mémoire), et de l'intérêt économique à préserver la fonctionnalité de la mare. On sait qu'il y a aussi des connotations négatives de corvée (curage, extraction d'argille), de maladies, et tout ce qui tient selon Bachelard à l'ambivalence de l'image de l'eau (lustrale du baptême, croupie de la mort). Cette dimension se retrouve dans les enquêtes : les gens associent les mares à l'enfance heureuse mais aussi aux accidents, suicides, toutes références à une mémoire profonde. Ainsi dans un village de Beauce, on a mis en évidence le comblement de plus de quarante mares suite à la noyade d'un enfant. Il y a là une bonne entrée en négociation.

L'incontournable connaissance du système de décision

Pour la bonne marche d'un projet collectif (un SAGE par ex.), un travail scientifique d'accompagnement permettant la confrontation des points de vues et la concertation interactive des acteurs, s'avère utile. Il consiste à **construire ensemble une représentation des problèmes et des enjeux** dans un schéma fonctionnel concerté. Ce schéma est un mode de reformulation des vues et enjeux de chacun, même s'il ne représente pas la réalité des mécanismes hydro-écologiques mis en jeu dans et autour de la zone humide. Il est capital qu'il soit approprié et serve à la négociation, à condition de ne pas omettre des objets-ressources et les valeurs économiques associées (par ex. la nappe phréatique).

L'étude de divers scénarios de gestion hydraulique constitue une des clés de la conservation durable d'une zone humide. Paradoxalement, la modélisation semble relativement plus difficile pour de petites unités à l'interface de plusieurs domaines (nombreux exemples dans les bas fonds et les tourbières alcalines) que dans les grandes unités, où l'on peut souvent réduire l'organisation à quelques compartiments génériques.

La modélisation multi agents, traitée par l'exemple de la Camargue (Nathalie Franchesquin et Alain Dervieux) conduit à la **formalisation des décisions de gestion** et à la simulation d'un contrat d'objectifs pour un certain équilibre hydro-salin du système.

Les enseignements de cette modélisation multi-agents sont nombreux : l'approche globale intègre sur l'anthroposystème Grande Camargue l'ensemble des secteurs/paysages clés. Elle montre que les différents compartiments qualifiés de naturels sont dépendants des zones consacrées à l'agriculture (riz, élevage). Elle substitue à une gestion empirique et sans registre, basée sur des rapports de force locaux et des critères économiques, donc impossible à analyser, la **recherche d'une solution consensuelle et durable** jouant bien l'interdépendance des logiques (agro-cynégétique versus éco-haléutique) et non leur autonomie "hydraulique" qui n'est pas un état viable.

Le modèle fonctionnera idéalement s'il peut à terme décrire à la fois la **part stable** dans le système (structure morphologique, position spatiale des milieux humides, altitude déterminante pour le type de culture), la **manipulation changeante** de l'hydrologie (flux entrants et sortants, salinité résiduelle) par les acteurs autonomes interagissant entre eux et les **effets inopinés** de boucles de rétro-actions dans la chaîne trophique. Pour passer à ce niveau de complexité il faudrait hiérarchiser les objectifs et affiner le comportement écologique des étangs centraux, des marais privés et des espaces de conservation de la nature dont les modes de gestion hydraulique ne sont pas tout à fait identiques (3^{ème} sous-modèle).

Les agents peuvent intervenir à différents niveaux de décision : ici, un étage "état hydro-salin" et un étage "réalisation du contrat", avec l'agent hydraulique faisant l'interface.

Modèle social et taille critique du territoire : Philippe Vervier remarque qu'il faudrait élargir suffisamment le territoire d'application autour de la zone humide, en reprenant l'image des enveloppes d'espaces fonctionnels de Philippe Mérot (projet PNRZH "Tyfon"), afin que parmi le panel d'acteurs aucun ne prétende avoir un intérêt supérieur et être la pièce principale du puzzle, mais au contraire que chacun soit à sa place.

environnement juridique de la gestion des zones humides

Avec les expertises environnementales et les approches sociales, le droit constitue à la fois un angle d'analyse du champ pluridisciplinaire et un outil d'intervention très puissant. Le projet "Estuaires et développement durable" piloté par R. Romi et L. Le Corre, apporte un éclairage sur l'emboîtement des outils réglementaires utiles à la préservation des zones humides. Un extrait de ce travail a été communiqué par J.F. Perrin.

Le cas des zones humides estuariennes illustre les fondements juridiques d'un recueil pertinent de données environnementales, le mode pratique de désignation et les conditions de participation des citoyens à la décision (au sens de la déclaration de Rio, principe 10). Cette fenêtre d'observation ouvre sur la procédure SAGE, les DTA et les SSCENR³, tous documents d'orientation qui engagent la responsabilité de l'action administrative en termes de respect de la cohérence et d'évaluation de l'impact de ses décisions.

A propos de la possibilité juridique d'extraire les zones humides estuariennes remarquables du champ des politiques d'aménagement, les auteurs remarquent qu'elles n'ont pas de statut particulier dans le code de l'urbanisme, et sont mises à disposition des ports autonomes avec le domaine public maritime concerné. La prise en compte des zones humides dans les DTA, recommandée par le Plan National d'Actions pour les ZH au Ministère de l'Équipement, ne saurait être automatique et généralisée. Les DTA doivent cependant respecter les orientations des SSCENR (art.III du code de l'urbanisme), d'où priorité à la désignation des espaces menacés dans ces schémas. Le SAGE est à son tour soumis aux orientations des DTA, lesquelles s'imposeraient sans doute devant celles du SDAGE, document généraliste à visée prospective. Le SAGE ne pourrait donc pas s'opposer à une orientation DTA péjorative pour certaines zones humides.

Il n'est fait aucune obligation aux SAGE et aux DTA d'évaluer l'impact écologique de leurs choix propres, alors qu'ils étudient les incidences des programmes publics en cours.

Finalement, c'est la procédure de l'étude d'impact (1976) qui reste le meilleur moyen d'analyser les effets et nuisances, avec leurs coûts, et de désamorcer les conflits d'objectifs. Corollairement, la question du traitement des responsabilités pénales, parce qu'elles sont souvent le résultat d'un cumul de petites agressions aux milieux, reste incisive.

La mobilisation et la coordination des ressources réglementaires constituent donc un préalable à la conduite des procédures collectives de gestion des zones humides.

organisation des échanges durables entre scientifiques et décideurs

L'expérience d'un groupe de contact rassemblant environ 30 personnes a été réalisée par le projet "Fonctionnalités naturelles et sociales des zones humides de la Garonne" pour dégager un outil d'aide à la gestion des zones humides riveraines. L'objectif est double : échange des connaissances, lieu d'expérimentation pour mieux identifier les modalités de transfert entre recherche et utilisateurs. Basé sur le volontariat et s'inscrivant dans la durée, il souhaite faire disparaître les vieux cliqués, pour identifier les décalages réels dans les visions, les intérêts, les objectifs qui existent au sein des chercheurs comme parmi les gestionnaires au sens large (englobant décideurs et usagers). La mise à niveau gestionnaires-scientifiques est donc le fruit d'un travail de maïeutique : les bonnes questions n'émergent qu'au bout de 2 ou 3 ans.

Proposition principale : **activer l'interdisciplinarité, voire construire du pluri-disciplinaire** (nouvelle discipline ou "science").

C'est déjà un vieux mythe en recherche, mais l'opération peut être réussie, comme avec les gestionnaires de la Garonne, en croisant les fonctionnalités économiques et les fonctionnalités naturelles ! Ainsi le suivi environnemental, mutualisé et pérennisé, cimente la pluridisciplinarité dans l'action. Cependant le scientifique considère que tout résultat scientifique a besoin d'être replacé dans son domaine de validité et qu'il ne faut pas tirer des règles universelles de résultats même "édifiants".

Mais le groupe de contact n'a pas pu atteindre l'acteur individuel, alors que c'est avec lui que le destin de la zone humide se joue. Comment agir au niveau de la parcelle ?

Le groupe, conscient du problème, avait la volonté de ne pas aller aussi loin. Certains syndicats d'aménagement ont cette capacité, comme le Syndicat Mixte

d'Aménagement de la Garonne à l'aval de Toulouse. Hélas, ce n'est guère plus facile sur un petit bassin, et même le contraire : la mise en place d'un groupe d'acteurs très "interdépendants" est plutôt laborieuse.

Evacuer les vieux fantômes, faire émerger des règles d'or : La question des références logiques, comportant bon nombre d'idées reçues, fausses ou non démontrées scientifiquement, émerge régulièrement dans les échanges gestionnaire-propriétaire de la zone humide, mais aussi lors du transfert scientifique-décideur. C'est un passage obligé de la communication que d'utiliser des démonstrations simples, des métaphores tirées de notre environnement familier, tout un chacun en use même le chercheur qui se défend scrupuleusement de tout anthropomorphisme dans ses déductions. Si des règles d'or existent, elles combinent les vertus des "lois écologiques" et "du principe de précaution" que l'on définit ici comme un moyen de prendre une décision sans l'appui d'une démonstration scientifique mais avec une haute probabilité de n'engendrer aucun effet dommageable. Des idées sont réactualisées à l'occasion de travaux de recherche, par exemple le rôle de filtre à nitrates des berges : l'idée scientifique première, injectée il y a 20 ans dans les références des gestionnaires, faisait des zones humides riveraines le tampon indispensable des zones agricoles intensives ; des nuances récentes indiquent une inversion possible des flux nappe-rivière dans le temps (projet PNRZH "Seine moyenne"), et renvoient la quantification des rôles respectifs entre végétation et activité microbienne.

Information et nouveaux métiers de médiation

Plusieurs intervenants : l'action de vulgarisation globale, l'intervention entre diverses parties pour faire valoir et équilibrer les points de vue, la recherche d'une position moyenne dans le débat, bref ce rôle de "passeur" de cultures différentes et de stimulateur de la créativité de groupe, sont très efficaces si le médiateur n'a pas une attitude trop "scientifique". En corollaire, on peut avoir recours à un conseil scientifique pluridisciplinaire, pour de grands programmes et on réfléchit çà et là à une mutualisation de ce "service scientifique" pour de petites structures.

Philippe Vervier considère indispensable le rôle de cette troisième entité que l'on peut appeler reformulateur, médiateur ou facilitateur, car il accompagne cette action de transfert. Il dit avec un certain optimisme, que les acteurs ont un référentiel commun qui permet d'aller assez vite dans les objectifs, l'analyse des décalages. C'est la chaîne de communication qui doit être de qualité, notamment dans le sens descendant.

Mise en réseau des acteurs

Le chercheur en sciences politiques est frappé par cette rhétorique très proche de la sienne (contrats, négociations, médiations), avec le même travers (pas de définition) : quand N. Franchesquin parle de négociations, il ne s'agit pas d'une forme classique de contrat (engagements, délais, sanctions) mais plutôt d'une charte-convention (politique de traité de type international), avec un croisement de ressources convenu, mais la signature peut-être facilement remise en question. Ce n'est plus une politique publique, il n'y a pas de fonctionnaires d'autorité, et les acteurs sont tenus à régler entre eux leurs conflits d'intérêt. La question est surtout celle de la régulation des conflits, plutôt que celle de la qualité des outils.

Pour passer de la logique de conformité à une logique de projet, ouvrir des scènes de régulation, il faut trouver des agents de projets "professionnels" au delà de la simple médiation. Ce jeu de relations estompe la linéarité apparente de la mise en place d'un programme, sur un mode de dialogue itératif entre chercheurs et acteurs sur le terrain ; comme au rugby, la règle est de faire vivre le ballon (P.Vervier).

Conclusion

C'est une des avancées du PNRZH que de délivrer dans presque tous ses projets ce message subliminal que la conservation des zones humides tient à la maintenance de leurs axes de connexion et aux flux physiques et biogénétiques qui les irriguent. Cette connaissance de l'architecture naturelle mobilise une grande part de l'énergie d'investigation, mais elle est fructueuse quand chacun peut y reconnaître les "portes d'entrée et de sortie" des usages qu'il souhaite exploiter. Des fonctions écologiques, à première vue accessoires, s'imposent comme structurantes. Par exemple l'objet "réseau de mares" montre bien d'autres fonctionnalités que la seule zone humide unitaire, au fur et à mesure que le niveau d'usagers change (vers l'intercommunalité) : l'étude des populations de batraciens révèle la notion fondamentale de connexion biologique entre mares. L'imagerie spatiale offre ensuite un outil de prospective sur le devenir de ce réseau, précisant les sites où la déconnexion est plus ou moins grave, et la densité acceptable, en couplage avec les modèles de dispersion d'organismes vivants selon la rugosité du milieu et le mode d'occupation du sol. Certains SDAGE montrent une direction analogue avec la reconquête des "axes de vie" ou "axes bleus" le long desquels s'égrènent des milieux humides alluviaux, ainsi que de "l'Espace de Bon Fonctionnement" (EBF) où la dynamique du lit majeur doit s'exprimer.

Les outils juridiques sont en place pour une stratégie cohérente d'aménagement du territoire. Mais l'effort pédagogique, la notion de "service" capable de guider l'agriculteur et l'utilisateur en regard de l'intérêt général, et l'implication raisonnable et profitable des chercheurs dans cette démarche collective, réclament encore des moyens d'organisation.

La formulation et le transfert des connaissances est un vrai métier, nécessaire à condition de rester extrêmement pertinent par rapport au projet et aux interlocuteurs. Les médiateurs, s'ils sont vraiment indispensables, trouvent leur place assez tôt dans la vie d'un projet. De l'ensemble des propositions de l'atelier, quant à la mise en forme progressive des connaissances, il ressort un schéma d'organisation synthétique (fig. 1). On comprend que l'intégration précoce d'une structure de contact entre les divers corps de métiers et les gestionnaires est une entreprise à bénéfices réciproques. Les scientifiques y trouvent un lieu de finalisation de leurs modèles cognitifs, et de test en vraie grandeur des solutions réparatrices. Certes la valorisation sera très longue, et ce n'est plus une simple vulgarisation mais une œuvre de synthèse.

L'interdisciplinarité puis la transdisciplinarité : un passage obligé

L'expérience acquise au cours de ce programme de recherche n'est pas seulement riche de points forts. La leçon des effets de certains points faibles, honnêtement exprimés par les responsables de projets, est aussi profitable. Le projet Garonne a eu le sentiment d'être passé un peu à côté des capacités optimales d'interdisciplinarité. Dans la phase de lancement on a mis en place le groupe de travail et rajouté un volet spécifique pour accueillir les sociologues. Mais ces derniers ont révélé que les sites sur lesquels on avait fait porter l'effort d'investigation et les moyens n'étaient pas ceux où il y avait le plus d'enjeux socio-économiques. Il aurait fallu identifier les enjeux au préalable, en transdisciplinarité, plutôt que de reconstruire en cours de route et aboutir à la fin sur de bonnes propositions.

Quand la recherche entretient le réseau de formation, elle s'ouvre de nouveaux horizons

Il y a de forts besoins de formation des acteurs et médiateurs, dans toutes les disciplines scientifiques, y compris en socio-économie. En effet, la transmission pédagogique aux élus et propriétaires, s'organise autour de cahiers techniques de haute qualité, mais parfois d'un abord encore trop difficile. Le PNRZH a lancé la réalisation d'une série documentaire, confiée à des vulgarisateurs de haut niveau, avec l'assistance de scientifiques confirmés. Il s'agit également de combler un certain déficit en retours d'expériences par des références étrangères, parce que notre jeune ingénierie écologique doit encore beaucoup apprendre des pionniers anglo-saxons par exemple.

Les chercheurs qui acceptent déjà de s'engager dans le transfert de connaissances au public averti et aux étudiants, alors qu'ils n'en retirent pas clairement une reconnaissance auprès de leurs instances d'évaluation, font œuvre d'innovation en matière de recherche. Leurs modèles, soumis à l'épreuve de l'application aux cas réels, gagnent en robustesse et en universalité, et engendrent des progrès certains en instrumentation. Les observatoires de l'environnement mis progressivement en œuvre par le CNRS et les établissements publics de recherche sont les territoires ateliers où la recherche en écologie progresse le plus rapidement. C'est une grande chance, pour une conduite sur le long terme de ces travaux sur les zones humides, que de tels espaces interdisciplinaires soient interfacés avec les collectivités locales.

Enfin la mise en réseau des administrateurs de zones humides, trop isolés, est en cours d'activation : par exemple, des documents d'objectifs et de gestion pour les tourbières, étangs, et autres petites zones humides intérieures sont produits. D'autres font encore défaut pour les ballastières, petits réservoirs, fossés ruraux, fondrières de montagne... Des sites Internet dédiés, à l'image du site sur les mares, et bientôt des pôles relais, offrant conseils, modèles et prestations, semblent une voie de valorisation privilégiée.

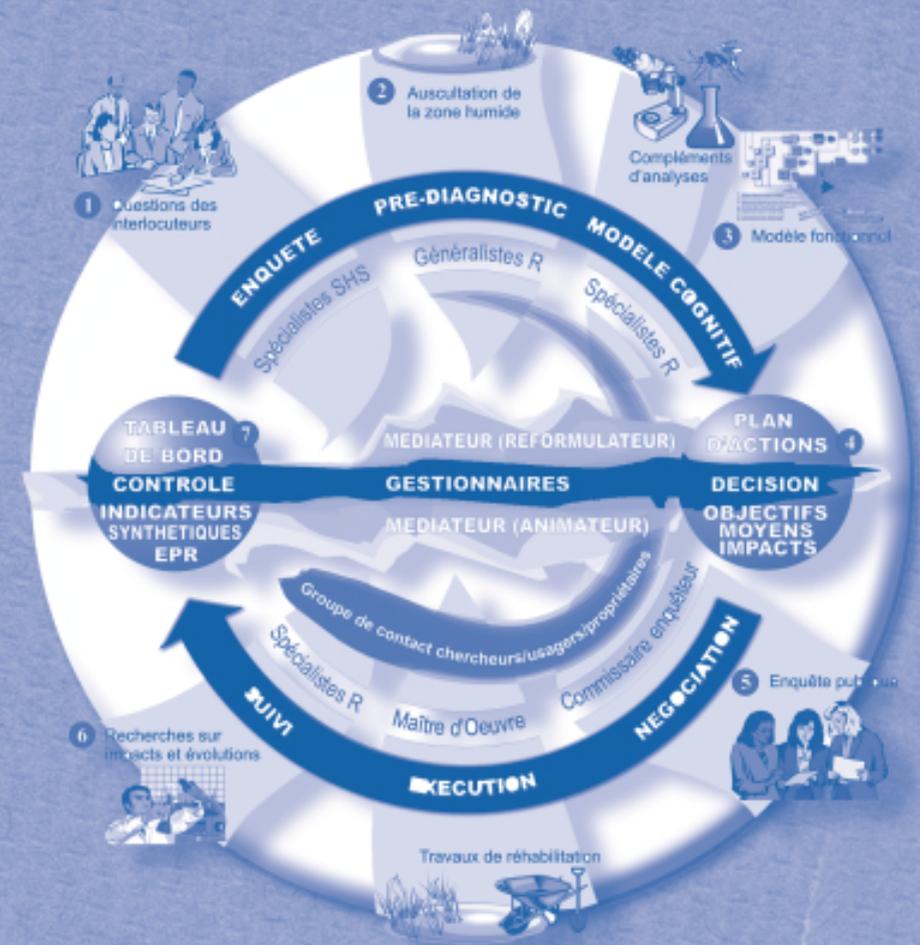
Notes

1 - Commission locale de l'eau, composée pour 1/2 de représentants élus des collectivités, pour 1/4 d'usagers y compris industriels et consommateurs d'eau et pour 1/4 de représentants de l'Etat et des services publics.

2 - Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux, créé dans chaque grand bassin par l'article 5 de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992.

3 - Directives territoriales d'aménagement et Schémas des services collectifs des espaces naturels et ruraux, prévus par la loi d'orientation pour l'aménagement durable du territoire du 25 juin 1999.

Figure 1



- 1 - Schéma des points de vue des acteurs
- 2 - Diagnose simple (check-up)
- 3 - Modèle fonctionnel synthétique
- 4 - Conception du plan d'action
- 5 - Documents d'aide à la négociation
- 6 - Outils de suivi des effets (indicateurs des processus successionnels)
- 7 - Indicateurs synthétiques Etat-Pression -Réponse du tableau de bord