

Carrefour des eaux à l'interface nature – société: l'hydrosystème camarguais

- **Philippe Chauvelon** *
Station Biologique de la Tour du Valat
- **Raphaël Mathevet** *
Station Biologique de la Tour du Valat

Le delta du Rhône est le fruit d'une activité morphosédimentaire particulièrement complexe liée aux dynamiques fluviales et marines (Arnaud-Fassetta, 1998). Le Rhône est le premier fleuve français pour son débit de crue. Toutefois, son régime hydrologique subit des variations particulièrement marquées avec des étiages pouvant être très bas (300 m³/s) et des hautes eaux de grande ampleur (près de 11000 m³/s en 1994). Pendant le XIX^e s. et le XX^e s., on a assisté dans l'ensemble du corridor rhodanien, à la construction de digues insubmersibles afin de protéger les habitations et les terres agricoles, ainsi qu'à l'édification de barrages pour la production d'électricité. Associé à ces amé-

Le delta du Rhône présente un hydrosystème très complexe mis en place au fil des siècles afin de s'adapter aux contraintes climatiques, hydrologiques et géomorphologiques de la Camargue. Le développement progressif de réseaux d'assainissement et d'irrigation accompagne la mise en place de systèmes de production visant à contrôler la reproductibilité de certains sous-systèmes sociaux, économiques, agronomiques et/ou écologiques. La lutte contre les incertitudes climatiques (montée du niveau de la mer, fréquence accrue des événements hydrologiques extrêmes), les aménagements et la gestion hydraulique que cela suppose, mettent en jeu un enchevêtrement d'acteurs divers. Pour comprendre la dynamique et l'évolution de la gestion de l'eau, l'analyse pluridisciplinaire des relations d'interdépendance entre les différentes composantes humaines et biophysiques est indispensable.

nagements, l'endiguement continu des deux bras du fleuve dans son delta a stabilisé les embouchures et accentué le déficit hydrique de la plaine (Suanez, 1997). Ainsi, la conformation actuelle du delta est soumise à l'influence majeure des aménagements hydrauliques et à leur gestion, fruit d'une incessante et difficile

* *Tour du Valat, Le Sambuc, 13200 Arles*
chauvelon@tourduvalat.org
mathevet@tourduvalat.org

coordination entre les différents usagers. Face aux contraintes climatiques, hydrologiques et géomorphologiques de la Camargue, l'homme doit développer des techniques d'assainissement pour lutter contre l'hydromorphie des sols, et d'irrigation pour lutter contre le déficit hydrique et la salinité, le tout dans un contexte initial régulièrement bouleversé par les crues du fleuve et les tempêtes marines. Ces techniques vont être progressivement développées au cours de l'histoire avec la mise en place des systèmes de production.

Contraintes climatiques et pédologiques du milieu deltaïque

Le climat qui règne en Camargue revêt toutes les caractéristiques du climat méditerranéen, avec une longue période estivale, chaude et sèche, des hivers doux, un ensoleillement important et des précipitations irrégulières mais concentrées en automne et au printemps. La pluviométrie mensuelle présente une grande variabilité, puisque le coefficient de variation pour un mois donné est toujours supérieur à 70 pour cent. Plus de 200 mm d'eau peuvent tomber en deux ou trois jours et être suivis de plusieurs semaines totalement sèches notamment en fin de printemps. L'évaporation potentielle est de l'ordre de 1300 mm par an du fait des fortes températures estivales, de l'ensoleillement et de la violence des vents (Chauvelon, 1996). Associée à la relative faiblesse des précipitations, elle a pour conséquence un déficit hydrique de plus de 600 mm par an. Ce dernier apparaît dès le mois de mars et se prolonge jusqu'au mois de septembre.

Le complexe deltaïque est une plaine subhorizontale, à la pente très faible (0,17 ‰) et dont l'altitude dépasse rarement cinq mètres. Toutefois, à la platitude frappante au premier regard se substituent des variations topographiques riches de conséquences en termes de couverture végétale, en fonction de la distribution des bourrelets alluviaux et des anciens cordons littoraux. Dans tous les cas, la relative proximité de la nappe aquifère salée peut entraîner une salinisation et une hydromorphie de surface selon la sensibilité des sols à l'évaporation, qui dépend de la texture et de la différence de

salinité des eaux qu'ils renferment. La salinisation des sols demeure très faible en haute Camargue, modérée sur les bourrelets alluviaux et par contre forte en basse et moyenne Camargue où elle engendre des sols salins (Godin, 1990). Du fait du déficit hydrique marqué et des remontées salines, l'ensemble des activités humaines — et en particulier l'agriculture — nécessite des apports d'eau douce afin de compenser au mieux la sécheresse et les remontées capillaires qui déposent sur le sol le sel néfaste aux cultures.

Les systèmes d'irrigation et de drainage

Le réseau hydraulique de la Camargue doit son développement à l'essor de la vigne puis de la riziculture, et constitue la clef de voûte de toutes les activités humaines de la plaine deltaïque. Le système hydraulique se décompose en un système d'irrigation et un système de drainage. Ces deux sous-systèmes se divisent selon leur mode de fonctionnement en un secteur collectif et un secteur privé.

Les propriétés situées tout ou partie en bordure du Rhône disposent pratiquement toutes de stations de pompes privées et d'un réseau d'irrigation développé sur leurs propres fonds (Gindre et al., 1999). Par contre, les propriétés situées plus à l'intérieur des terres disposent d'eau d'irrigation grâce à un réseau collectif de canaux. Ce dernier est géré par des associations syndicales autorisées par l'administration (A.S.A.) et constituées par un groupement de propriétaires dont l'objet est la réalisation de travaux d'aménagement des eaux dans l'intérêt collectif. La création de ces syndicats remonte à plusieurs siècles pour beaucoup d'entre eux. Toutefois, un grand nombre date également du XIXe s. voire du XXe s. pour certains, notamment en Petite Camargue septentrionale où le réseau d'irrigation s'est développé essentiellement après 1945. Aujourd'hui, pas moins de 21 A.S.A. contribuent à l'irrigation de la plaine deltaïque à partir des deux bras du Rhône. Leur périmètre total couvre une superficie estimée à 14100 ha principalement localisés dans l'Ile de Camargue.

Le secteur d'irrigation privé a été étudié par plu-

sieurs auteurs dans l'Ile de Camargue (Heurteaux et al., 1992 ; Chauvelon, 1996 ; Gindre et al., 1999 ; Chauvelon et al., 2001a) où 74 exploitations possèdent leur propre système d'irrigation pour une capacité potentielle d'irrigation de plus de 9000 ha. Quant aux autres unités géographiques, la situation n'est que partiellement appréciée. Les canaux de drainage et de navigation peuvent constituer, particulièrement en Petite Camargue septentrionale et sur le Plan du Bourg central, l'essentiel des apports en eau d'irrigation de tout ou partie de nombreuses propriétés.

Les eaux d'irrigation sont conduites aux parcelles agricoles ou aux marais de chasse soit par un canal au niveau du sol nécessitant un relevage des eaux pour alimenter les parcelles les plus éloignées, soit par un canal en relief autorisant une irrigation gravitaire peu coûteuse.

Contrairement à l'irrigation qui ressort essentiellement du domaine privé, l'essentiel du drainage est réalisé dans un contexte collectif. L'ensemble de la plaine deltaïque se divise alors en 18 A.S.A. de drainage pour un périmètre évalué à 56000 ha. L'organisation financière des A.S.A. de drainage et d'irrigation repose sur une cotisation fixe, et obligatoire, par unité de surface de la propriété située dans le périmètre et une cotisation variable en fonction de la destination des terres, de la superficie, et du type de culture pratiqué. La gestion hydraulique camarguaise est assurée ainsi par les exploitants agricoles pour les exploitants agricoles. Bien que sous contrôle de l'administration (Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt - DDAF), ils demeurent les décideurs en matière de gestion des eaux à l'intérieur du delta. Toutefois, les trois unités géographiques du delta ont en commun de connaître des difficultés quant à la gestion des exhaures en raison des niveaux d'eau élevés des exutoires, canaux ou étangs (Chauvelon, 1996 ; Mathevet et al., 2000 ; Allard et al., 2001). En effet, si de nombreux périmètres de drainage rejettent leurs eaux de colature au Rhône par pompage (Heurteaux 1992, 1994), il n'en va pas toujours ainsi, notamment pour les bassins du Fumemorte et de Roquemaure dans l'Ile de Camargue, dont l'exutoire est l'étang du Vaccarès.

L'hydrosystème de l'Ile de Camargue : la clé de voûte de l'interface agriculture/environnement

La première association d'irriguant apparaît au XVI^e s. (Petite Montlong, 1508). Les canaux ou roubines sont d'abord aménagés sur d'anciens bras du Rhône. Dans le même temps on favorise le drainage des terres par le creusement d'égoûts ou vidanges permettant d'évacuer gravitairement les eaux vers les marais ou étangs. C'est au XIX^e s. que les aménagements majeurs sont conduits dans l'Ile de Camargue, comme l'édification de la digue à la mer de 1856 à 1859. L'endiguement complet du Rhône, par exhaussement des digues pour une protection totale, décidé suite à la crue exceptionnelle de 1856, est achevé en 1869. Dans la dernière partie du XIX^e s. le drainage vers l'étang du Vaccarès est amélioré, les canaux recalibrés, et les bassins culturels individualisés.

Dans les années 1875-1890, l'irrigation s'est considérablement développée avec les ravages du vignoble français par le Phylloxéra¹ apparu en 1872. En effet, la Camargue est devenue une zone de refuge du vignoble français. Plusieurs atouts ont joué en sa faveur, le principal étant la possibilité de pratiquer la seule parade connue par les viticulteurs pour lutter contre le parasite, à savoir la submersion pendant 40 à 50 jours et la plantation des ceps dans le sable.

La viticulture, par le développement spatial et technique qu'elle a engendré, a ainsi contribué plus que toute autre activité antérieure à l'accroissement de la grande propriété en Camargue. Les propriétaires et viticulteurs se sont équipés de façon individuelle ou collective afin de pomper l'eau du Rhône. On dénombra 19 puis 27 stations de pompage en Grande Camargue respectivement en 1907 et 1939 (Chauvelon, 1996). La viticulture contribua à l'extension des surfaces cultivées jusqu'en 1939 malgré l'introduction sur le marché national des porte-greffes américains en 1890 (Rivière-Honegger, 1990). Cependant avec les encouragements à l'arrachage dans les années cinquante, le vignoble camarguais a fortement régressé pour ne se maintenir que localement et le plus souvent sur les bourrelets alluviaux.

Ce développement du vignoble camarguais (3600 ha en 1890) fut à l'origine de déversements importants en eau de drainage dans le Vaccarès appartenant alors à la Société Merle (future compagnie Pechiney) qui exploitait les salins du sud (Picon, 1988). Dès lors, les eaux arrivant au Vaccarès contribuaient grandement à l'abaissement de la salinité et, combinées aux

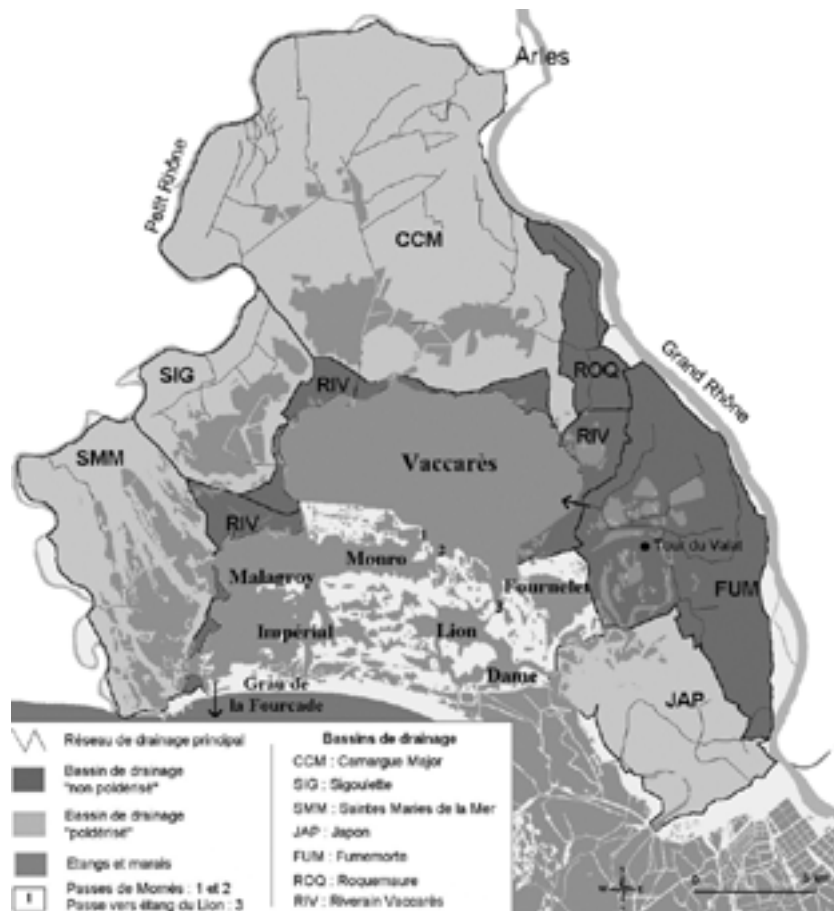
précipitations hivernales, inondaient les marais situés au nord. Au fil des ans, la situation s'était aggravée jusqu'à entraîner la dégradation de terres cultivées. Des protestations éclatèrent sur la gestion du Vaccarès et de la digue à la mer. Il en résulta un procès entre industriels et agriculteurs, que ces derniers perdirent. Le déversement des eaux de drainage au Vaccarès fut interdit par le tribunal (Picon, 1988). Bien que renforcée dans sa position par cette condamnation en justice des pratiques de drainage, la Compagnie Pechiney resta tolérante quant au développement des pompages au Rhône. Le Vaccarès fut vendu, et devint la Réserve Nationale de Camargue en 1928 ; engendrant un équilibre fragile entre saliniculture et agriculture par la

création d'une zone tampon dédiée à la protection de la nature (Picon, 1988). L'équilibre précaire ainsi défini fut cependant radicalement bouleversé avec l'avènement de la riziculture. Au conflit du début du siècle entre industriels et agriculteurs, se substitue progressivement pour les mêmes raisons (maîtrise des niveaux d'eau et de la salinité) un conflit entre protecteurs de la nature (Réserve Nationale de Camargue) et riziculteurs.

La riziculture prend son essor en Camargue après la seconde guerre mondiale. A son développement est associé la mise en service d'une

forte capacité de pompage dans les bras du Rhône. Les forts volumes de drainage de la riziculture par submersion, associés le cas échéant à d'importantes pluies automnales, font qu'il n'est plus possible d'assurer le drainage gravitaire du système vers les étangs centraux du delta (Vaccarès et étangs inférieurs) sans risquer l'inondation des terres riveraines, car les

Figure 1 : L'île de Camargue : les bassins et réseaux de drainages principaux et les étangs du système Vaccarès (D'après Chauvelon et al., 2001b)



ouvrages existants au niveau de la digue maritime (permettant la vidange vers la mer) ont une capacité souvent insuffisante et leur fonctionnement est de toute façon tributaire du niveau marin.

La logique d'aménagement hydraulique se poursuit donc avec l'équipement en station de pompage pour le drainage des terres agricoles et le refoulement des eaux vers le fleuve ou la mer. Les ASA des canaux de Fumemorte et de Roquemaure n'ont pas été équipées de stations de pompage pour l'assainissement (figure 1). De sorte que les étangs continuent de recevoir de

l'eau douce, non pas directement du Rhône, mais des eaux d'écoulement des terres agricoles.

Les volumes mis en jeu pour les rizières sont assez considérables. On utilise pour les alimenter une lame d'eau cumulée de 2,5 m en moyenne (1,5 m à plus de 4 m) sur la saison agricole (avril-mi-septembre), alors que la consommation de la plante et les pertes par infiltration devraient être couvertes par l'apport d'une lame d'eau de 1,3 m. Il apparaît ainsi que la gestion hydraulique à des fins de production rizicole dispose encore de toute amplitude pour être optimisée. Le volume d'eau annuel introduit pour la riziculture dans la seule Ile de Camargue durant la dernière décennie a varié de 300 à 375 millions de m³ (1 million de m³ ou hm³ représente un cube de 100 m de côté ou encore l'équivalent de 400 piscines olympiques), soit environ trois fois le volume d'eau contenu dans les étangs lorsqu'ils sont à la cote 0 m NGF. Ainsi, dans le contexte actuel (12.000 ha de riz dans l'Ile de Camargue, et pour une pluviométrie moyenne), le système des étangs, compte tenu du drainage gravitaire des bassins non assainis, mêlant colature rizicoles et eaux pluviales, reçoit annuellement environ 100 millions de m³.

La dynamique hydrosaline des milieux aquatiques du delta, autrefois soumise aux aléas climatiques est maintenant dans une large mesure soumise à la gestion anthropique. L'homme maîtrise les entrées d'eau de surface mais pas totalement les sorties, car il n'est pas allé jusqu'au bout de sa logique gestionnaire. Une partie des eaux agricoles continue d'être drainée vers les étangs centraux, et le drainage du système vers la mer est toujours tributaire des conditions éolico-marines. Ce contexte peut conduire à des situations d'urgences, en dehors de toute inondation due à des ruptures de digues, simplement parce que le climat méditerranéen est caractérisé par des précipitations automnales souvent très intenses, le plus souvent associées à des dépressions favorisant des niveaux marins élevés qui ne permettent pas un drainage gravitaire des étangs.

Cependant le caractère urgent d'une situation d'inondation est tout à relativiser. Il en va ainsi pour les inondations de l'automne 1993 et de

l'hiver 1994, durant lesquelles l'image d'une Camargue en état de catastrophe naturelle a été largement véhiculée par les médias alors que les dégâts humains furent finalement moins dramatiques que ceux provoqués par les ruptures de digues en amont de Beaucaire, et où des milliers de personnes furent évacuées.

Quand à « la catastrophe écologique » également mentionnée ici et là et diffusée par les médias, elle est simplement le fruit d'une analyse excessive de l'état des lieux qui a suivi l'inondation. Si l'étang du Vaccarès a vu sa salinité chuter brutalement, et s'il a reçu un grand volume de sédiments, il n'a subi que des effets semblables à ceux des crues du Rhône dans la période précédent l'endiguement. Un fort dessalement se serait de toute façon produit les hivers suivant cette crise hydrologique, en raison d'une série de records de précipitations en Camargue. Les dernières grandes inondations ne s'interprètent donc pas comme une catastrophe écologique mais plutôt comme la remise en question météorologique, du fonctionnement « lissé » d'un agro-écosystème pour lequel on a voulu se donner longtemps l'illusion d'une stabilité enfin maîtrisée.

Gérer l'instabilité, oui mais à quel prix?

La riziculture est actuellement à la base des entrées d'eau dans le delta. En regard des fortes quantités introduites sur les parcelles rizicoles, l'eau de drainage des rizières alimentant les étangs est peu chargée en azote (les rizières fonctionnant comme des lagunages) et en phosphore — ce dernier est surtout piégé dans les sédiments sur le bassin — (Chauvelon, 1998). On peut donc penser que l'impact de la riziculture est moins important que celui d'autres céréales quant à l'exportation de résidus d'engrais vers l'aval. Cependant, les pratiques intensives de la riziculture, même si peu d'études ont été réalisées en aval des rizières, laissent entrevoir la présence dans les eaux de drainage de solutés (insecticides, herbicides et fongicides) peu compatibles avec la protection de la diversité biologique.

On peut se demander aujourd'hui, en dépit de

l'image de milieu naturel préservé que continue de véhiculer la Camargue, si on ne tend pas vers une artificialisation croissante de la gestion hydraulique, même pour la réserve nationale, afin de recréer une instabilité délibérée, plus contrôlée, en réponse aux contraintes externes (politique agricole commune, changement climatique et augmentation du niveau marin). La volonté annoncée du gestionnaire de la Réserve Nationale de Camargue (DDAF, 1998) serait de :

- s'affranchir au moins partiellement des apports de l'agriculture (poldérisation du bassin Fumemorte – Roquemaure, isolement hydraulique pendant les périodes de traitement, possibilité de maîtrise des apports pluviaux) ;
- disposer d'une prise d'eau au Rhône, le cas échéant gravitaire, pour alimenter directement les étangs en fonction de l'état du système et du niveau du Rhône.

Cependant, la gestion des flux avec la mer demeure tributaire des négociations avec les pêcheurs (Allard et al., 2001), et des conditions éolico-marines, car il s'agit non seulement de la volonté des hommes de gérer des flux d'eau mais aussi des flux de sels et de poissons. L'irrégularité des précipitations est une caractéristique du climat méditerranéen, qui conduit à devoir gérer, sinon subir, des périodes où alternent sécheresses et crues assez violentes. Dans le cas de la Camargue, la ressource en eau constituée par le Rhône représente une exception. Du fait de l'étendue de son bassin versant et de l'hétérogénéité du régime de ses affluents et de leur puissance, le débit disponible (en moyenne, 1700 m³/s) en amont du delta a toujours été suffisant pour les usages locaux et l'agriculture des régions déficitaires du Languedoc (prélèvements de la Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas Rhône Languedoc depuis les années 60). L'évolution projetée des prélèvements supplémentaires de "Bas Rhône Languedoc" (+ 10 à + 15 m³/s) en amont du delta permettrait même une exportation d'eau vers la Catalogne pour sécuriser son alimentation en eau potable. Les études réalisées avec un débit d'étiage centennal (10 jours de débit à 300 m³/s à Beaucaire) montrent que ce prélèvement supplémentaire n'aurait pas d'impact significatif sur la remontée du coin salé

dans l'estuaire du Grand Rhône (J-P. Bravard comm.pers.). En revanche la progression de ce coin salé serait aggravée, surtout pour le Petit Rhône, par une élévation du niveau marin. Même si le changement climatique rend malaisée toute prévision quant à l'évolution des débits d'étiage à venir, on peut envisager qu'en fin d'été, un conflit d'usage sur la ressource puisse avoir lieu. Cependant, les aménagements projetés en Catalogne (pour parer aussi à l'éventualité d'une pollution sur le Rhône), permettraient de suspendre les prélèvements pour une durée maximale de deux mois (F. Imbert comm.pers.). Concernant la protection contre les crues du Rhône, l'endiguement a exercé son rôle jusqu'à la période récente. Le défaut d'entretien des infrastructures associé à des événements hydrologiques rares (crues d'octobre 1993 et de janvier 1994) ont cependant mis à jour le fait que la protection du delta présentait des points faibles. Des investissements importants ont depuis été consentis pour diagnostiquer et conforter les digues de protection. Cependant, la perspective d'un régime hydrologique du Rhône plus violent, dans les décennies à venir, conjuguée à des événements tempétueux plus intenses sur le littoral, incite à s'interroger sur la pertinence de la continuité de la logique de protection totale par les digues. Cette option exigeant des investissements répétés, sera-t-elle toujours possible d'un point de vue économique ?

A l'évidence la protection contre le risque climatique et hydrologique va progressivement prendre une place de plus en plus importante dans la politique d'aménagement du littoral et des corridors fluviaux, dans cette perspective, la priorité devrait d'abord se porter sur les zones les plus sensibles du point de vue socio-économique. Dans ce contexte, la démarche globale de modélisation hydrologique de l'hydrosystème de l'île de Camargue, permettra à terme de développer des simulations prenant en compte les différents niveaux des contraintes anthropiques, qui influencent les apports du bassin versant (modification des surfaces en riz, des systèmes de drainage...) et/ou les échanges avec la mer (Chauvelon et al, 2001a).

Conclusion

Le système hydraulique camarguais est conditionné par les processus naturels (niveaux marins, crues exceptionnelles du Rhône) et techniques légués par les anciens systèmes de productions. Les processus physiques, inondations, remontées salines, interviennent au fil du temps sur l'espace de production selon des rythmes spécifiques, très différents des rythmes de la transformation sociale du delta. A la répartition spatiale des activités humaines d'abord strictement inhérente aux conditions naturelles succèdent les bouleversements des transformations fulgurantes du contexte socio-économique du XXe s. Les politiques d'aménagement, l'apport de capitaux et l'évolution de la technique ont contribué à opérer après 1945 des transformations profondes des paysages camarguais. Le développement des activités agricoles, l'extension du réseau hydraulique ont renouvelé la complexité de l'organisation spatiale. C'est la combinaison de temps longs de la géomorphologie et du temps court des aménagements effectués par les sociétés (et qui s'intègrent aussitôt dans l'évolution globale), qui confère une grande complexité à l'analyse de l'évolution du delta du fait de cette imbrication de rythmes radicalement différents sur un même espace. Cette complexité met en exergue le besoin d'intégrer différentes approches disciplinaires pour étudier la dynamique hydraulique de la Camargue. La gestion de l'eau des milieux agricoles et naturels est un enjeu pour chaque acteur (Etat, propriétaires, agriculteurs-fermiers, protecteur de la nature, chasseur) et donc l'objet de conflits. Avec la fin des endiguements — durant la seconde moitié du XIXe s. — le réseau hydraulique est devenu rapidement un élément structurant de l'espace et donc du territoire. L'importance des mesures prises pour la maîtrise hydraulique explique la mise en place du réseau d'irrigation et de drainage qui accroît successivement la solidarité et les conflits entre les usagers dont les choix de gestion diffèrent selon leur propre logique d'acteurs. Dans ce contexte, la définition de la gestion de l'eau apparaît comme un lieu de confrontation implicite entre les points de vue qui engagent la

conception que les chercheurs se font du rapport de l'homme à la nature. Identifier les processus d'aménagement et les pratiques de gestion hydraulique, en comprendre les logiques, en saisir les déterminants, mais aussi les conséquences immédiates et lointaines sur la société, sur les usages ou sur le milieu biophysique, sont les composantes des recherches pluridisciplinaires qu'il est indispensable de prolonger.



1 - Insecte hémiptère, puceron parasite qui provoque des galles sur les feuilles et des nodosités sur les racines de la vigne, entraînant en quelques années la mort du cep. Le phylloxera détruit les vignes françaises.

Références

- Allard, P., Bardin, O., Barthélémy, C., Pailhès, S., & Picon, B. (2001). Eaux, poissons et pouvoirs. Un siècle de gestion des échanges mer-lagune en Camargue. *Nature Sciences Sociétés*, 9, n°1, 5-18.
- Arnaud-Fassetta, G. (1998). *Dynamiques fluviales holocènes dans le delta du Rhône*. Thèse de doctorat en géographie physique. Université Aix-Marseille I.
- Chauvelon, P. (1996). *Hydrologie quantitative d'une zone humide méditerranéenne aménagée : le bassin du Fumemorte en Grande Camargue, delta du Rhône*. Thèse de doctorat en hydrologie, Université Montpellier II.
- Chauvelon, P. (1998). A wetland managed for agriculture as an interface between the Rhône river and the Vaccarès lagoon (Camargue, France): transfers of water and nutrients. *Hydrobiologia*, 373/374, 181-191.
- Chauvelon, P., Sandoz, A., Heurteaux, V., & Berceaux, A. (2001a). *Satellite remote sensing and GIS used to quantify water input for rice cultivation (Rhône delta, France)*. *Remote Sensing and Hydrology 2000*. Proceedings of a symposium held at Santa Fe, New Mexico, April 2000. Edited by M. Owe, K. Brubaker, J. Ritchie & A. Rango. IAHS Publ. no 267, 446-450.

- Chauvelon, P., Tournoud, M.G., Sandoz, A., Berceaux, A., & Heurteaux, V. (2001b). *Modélisation du fonctionnement hydrologique d'un hydrosystème côtier méditerranéen fortement anthropisé: l'île de Camargue*. UNESCO, PHI-V/ Documents techniques en hydrologie/ n°51, p 217-224.
- DDAF (1998). Eléments pour la gestion des eaux en Camargue. *Rapport DDAF 13*, Arles.
- Gindre, D., Heurteaux, P., & Vianet, R. (1999). Les infrastructures d'irrigation et de drainage sur le territoire du Parc naturel régional de Camargue. *Courrier du Parc n°48/49*, 44-83.
- Godin, L. (1990). *Impact de l'irrigation pour la riziculture sur l'hydrologie et la chimie des eaux de Camargue. Approche à partir du bassin d'irrigation de l'Aube de Bouic*. Thèse de doctorat en sciences de la Terre. Université de Franche-Comté Besançon, Université d'Avignon et pays de Vaucluse.
- Heurteaux, P. (1992). Modifications du régime hydrique et salin des étangs du système Vaccarès (Camargue, France) liées aux perturbations anthropiques des cinquantes dernières années. *Annales de Limnologie*, 28, 157-174.
- Heurteaux, P. (1994). Essai de quantification des termes du bilan hydrique des étangs du système Vaccarès (Camargue, France). *Annales de Limnologie*, 30, 131-144.
- Heurteaux, P. (1996). *L'eau et la riziculture en Camargue. L'irrigation et le drainage : pourquoi ? Comment ?* CFR, CNRS & CHV, Arles.
- Heurteaux, P., Crombé O., & Toni C. (1992). Essai de quantification de l'eau d'irrigation introduite en Grande Camargue, notamment pour la riziculture. *Ecologia mediterranea*, 18, 31-48.
- Mathevet, R., Mesléard, F., & Lucchesi, J-L. (2000). Camargue orientale : vers une gestion collective des zones humides ? *Revue de l'Economie Méridionale*, 48, n°191, 267-281.
- Picon, B. (1988). *L'espace et le temps en Camargue*. Arles : Ed. Actes Sud.
- Rivière-Honegger, A. (1990). *L'eau en Camargue, contribution de la géographie culturelle à la définition de paramètres pour une gestion optimale de l'espace de l'eau*. Thèse de Doctorat " Espace et Société ". Université P. Valéry, Montpellier III.
- Suanez, S. (1997). *Dynamiques sédimentaires actuelles et récentes de la frange littorale orientale du delta du Rhône*. Thèse de doctorat en géographie physique. Université Aix-Marseille I.