

Photo une de couverture : © Jean E. Roché 2017

*Rizière à Méjanas en bordure nord de l'étang du Vaccarès. Prise de vue en autogyre, octobre 2017*

Photo quatrième de couverture : © Élodie Séguier 2016

*Libellule sur épi de riz*

Édition, maquettes et mise en pages : Cardère éditeur

L'édition de cet ouvrage a été cofinancée par



Aux termes du Code de la propriété intellectuelle, toute reproduction ou représentation, intégrale ou partielle, de la présente publication, faite par quelque procédé que ce soit (reprographie, microfilmage, scannérisation, numérisation...) sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. L'autorisation d'effectuer des reproductions par reprographie doit être obtenue auprès du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) - 20 rue des Grands Augustins 75006 Paris - Tél. 0144 07 4770 / Fax 0146 34 6719.

© Cardère éditeur/Educagri éditions, 2018  
ISBN (Cardère éditeur): 978-2-37649-003-6  
ISBN (Educagri éditions): 979-10-275-0154-0  
ISSN: 1768-2274

Educagri éditions  
BP 87999 - 21079 Dijon cedex  
Tél. 03 80 77 26 32 - Fax 03 80 77 26 34  
[www.editions.educagri.fr](http://www.editions.educagri.fr) [editions@educagri.fr](mailto:editions@educagri.fr)

Cardère éditeur  
19 rue Agricole Perdiguier - 84000 Avignon  
Tél. 06 03 17 85 65 - Fax 09 72 13 11 11  
[cardere.fr](http://cardere.fr)

# Le Riz et la Camargue

VERS DES AGROÉCOSYSTÈMES DURABLES

Jean-Claude **MOURET**  
*coordination scientifique*

Bernadette **LECLERC**  
*coordination éditoriale*



## SOMMAIRE

<i>Remerciements</i> .....	5
<i>Préface</i> – Alfred Philippe Conesa, président honoraire d’Agropolis international.....	11
<i>Introduction</i> – Jean-Claude Mouret, Bernadette Leclerc.....	17

### **PARTIE I – LA CAMARGUE, LA RECHERCHE AGRONOMIQUE ET LA FORMATION**

<i>Le riz et la Camargue: une coexistence nécessaire mais fragile</i> Jean-Claude Mouret.....	35
<i>Un diagnostic agronomique régional pour expliquer la variabilité des rendements du riz et programmer des actions de recherche</i> – Jean-Claude Mouret, Jean-Marc Barbier, Roy Hammond, Sylvestre Delmotte, Françoise Ruget.....	55
<i>Le point de vue des riziculteurs camarguais sur la durabilité</i> Ronan Le Velly, Roy Hammond, Jean-Claude Mouret.....	73
<i>La Camargue rizicole: un laboratoire à ciel ouvert pour former des ingénieurs agronomes</i> Isabelle Michel, Jean-Marc Barbier, Jean-Claude Mouret.....	85
<i>La Camargue: un terrain d’apprentissage pour l’agroécologie dans un territoire</i> Jean-François Vian, Nathalie Cassagne, Caroline Mazaud.....	97

### **PARTIE II – LES CONDITIONS AGRONOMIQUES DE LA CULTURE DU RIZ**

<i>Les exigences de la conduite d’une rizière en Camargue</i> – Jean-Claude Mouret.....	109
<i>La germination et la levée: des phases très critiques pour l’élaboration du rendement du riz</i> – Jean-Marc Barbier.....	125
<i>La gestion des adventices du riz: une préoccupation agronomique majeure</i> Pascal Marnotte, Cyrille Thomas.....	145
<i>Améliorer l’efficacité de la fertilisation azotée des rizières</i> Jean-Marc Barbier.....	161
<i>Pour une gestion économe de la fertilisation phosphatée des rizières</i> Mamadou Ari Tchougoune, Jean-Claude Mouret.....	177

<i>La silice, un élément essentiel à gérer pour le riz</i>	
Fabienne Trolard, Kamran Irfan, Tanvir Shahzad, Guilhem Bourrié.....	185
<i>Dynamiques biogéochimiques en rizière. Les apports du monitoring in situ</i>	
Fabienne Trolard, Guilhem Bourrié, Lise Cary, Muhammad Farrakh Nawaz.....	193
<i>Amélioration variétale du riz en Camargue: sélection pour les caractères climato-dépendants</i>	
Axel Labeyrie, Arnaud Boissard, Guy Clément, Didier Louvel, Jean-Louis Seguy.....	207

### **PARTIE III - LA GESTION TECHNIQUE DES EXPLOITATIONS RIZICOLES**

<i>Comprendre et modéliser les décisions d'assolement des riziculteurs</i>	
Jean-Marc Barbier, Florine Mailly, Sylvestre Delmotte, Noémie Schaller, Jean-Claude Mouret, Santiago López Ridaura.....	225
<i>Associer des céréales et des légumineuses à bas niveau d'intrants: un atout pour les agroécosystèmes rizicoles en Camargue</i>	
Santiago López Ridaura, Jean-Claude Mouret, Philippe Hinsinger.....	239
<i>Les récents progrès de la mécanisation en riziculture camarguaise</i>	
Gilbert Lannes.....	253
<i>La place de l'élevage dans les exploitations rizicoles en Camargue</i>	
Anne Vadon.....	263
<i>La paille de riz en Camargue: du sous-produit au coproduit</i>	
Christelle Monier, Jean-Claude Mouret, Anne Vadon, Christophe Soulard.....	273

### **PARTIE IV - LES FILIÈRES RIZICOLES EN CAMARGUE**

<i>Riz de Camargue: la construction fragile mais prometteuse de filières de qualité et d'origine</i> – Jean-Marc Touzard.....	297
<i>Les firmes rizicoles en Camargue: origine, diversité et évolution</i>	
Geneviève Nguyen, François Purseigle.....	315
<i>Impacts économiques des politiques publiques sur la dynamique de développement de la riziculture</i> – Mélanie Jaeck.....	331

## PARTIE V – DES DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX POUR LA RIZICULTURE CAMARGUAISE

<i>La faune aquatique des rizières de Camargue</i> – François Mesléard.....	349
<i>Importance des rizières pour la conservation des oiseaux d'eau en Camargue</i>	
Claire A. Pernollet, François Mesléard, Matthieu Guillemain.....	363
<i>Les systèmes rizicoles face au changement climatique: quels impacts et adaptations en Camargue?</i> – Laure Hossard, Simone Bregaglio, Rémi Resmond, Jean-Claude Mouret, Jean-Marc Barbier, Françoise Ruget, Sylvestre Delmotte.....	
	377
<i>Réduire les émissions de gaz à effet de serre dans les systèmes de culture camarguais</i>	
Vincent Couderc, Sylvestre Delmotte, Laure Hossard, Jean-Claude Mouret, Jean-Marc Barbier.....	389

## PARTIE VI – LA RIZICULTURE BIOLOGIQUE: UN MODÈLE DE PRODUCTION AGRICOLE DURABLE

<i>La dynamique des recherches conduites en riziculture biologique camarguaise</i>	
Jean-Claude Mouret.....	405
<i>Freins et opportunités pour le développement de systèmes rizicoles biologiques en Camargue</i> – Sylvestre Delmotte, Vincent Couderc, Laure Hossard, Camille Lacombe, Florine Mailly, Jean-Claude Mouret, Santiago López Ridaura, Jean-Marc Barbier.....	
	421
<i>La gestion des adventices en riziculture biologique</i>	
Jean-Claude Mouret, Gatien Falconnier.....	437
<i>Une formation professionnelle au service de la riziculture biologique en Camargue</i>	
Mathieu Bayot.....	451
<i>Stimuler les échanges internationaux pour innover en riziculture biologique</i>	
Jean-Claude Mouret.....	467

---

<i>Postface. La riziculture en Camargue, un laboratoire d'innovation</i>	
Christophe-Toussaint Souldard, Jean-Marc Meynard.....	483
<i>Références bibliographiques de l'équipe Camargue du Lecsa et de l'UMR Innovation (1983-2017)</i> .....	
	487
<i>Les auteurs et coauteurs</i> .....	
	497

# Introduction

Jean-Claude MOURET, Bernadette LECLERC

## LA RIZICULTURE, ENTRE VALORISATION ET PRÉSERVATION DES RESSOURCES

Avec ses 178 000 hectares, la Camargue est l'une des plaines deltaïques les plus grandes du pourtour méditerranéen. Vue du ciel, elle se présente sous la forme d'une mosaïque colorée, changeante d'une saison à l'autre, et même au cours d'une même journée. Cette palette de couleurs révèle à la fois la diversité des écosystèmes et des agroécosystèmes présents et la gestion parcimonieuse et complexe dont elle fait l'objet. Une telle diversité de milieux est aussi le fruit des lourds aménagements qui progressivement ont permis l'exploitation de ce delta fragile et en perpétuelle évolution sous l'effet conjugué de phénomènes hydrologiques et géomorphologiques. L'endiguement du Rhône qui s'est achevé au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, empêchant les crues dévastatrices du fleuve et les entrées maritimes, a permis une sédentarisation des populations sur l'ensemble du territoire. D'un écosystème totalement naturel, la Camargue est ainsi devenue un écosystème entièrement anthropisé.

### Valorisation économique et préservation des espaces naturels

Mais de tels aménagements, axés prioritairement sur la maîtrise et la gestion territoriale de l'eau, vont faire naître des divergences d'objectifs et d'intérêts, créant des tensions, voire des conflits, entre les tenants d'une valorisation économique des ressources naturelles du territoire et les défenseurs de leur préservation, au nom de la sauvegarde de la biodiversité. Au fil du temps, cette ambivalence entre valorisation et préservation sera plus ou moins marquée, au gré des conjonctures économiques, des politiques publiques et de la demande sociale.

Il résulte de cette situation un certain nombre de paradoxes qu'illustrent bien les différents attributs associés à la Camargue. Citons-en quelques-uns : a) la Camargue est considérée comme « espace naturel » bien qu'elle soit totalement artificialisée depuis 1865<sup>1</sup> ; b) elle

<sup>1</sup> Année où la construction des digues, de part et d'autre de chacun des bras du Rhône et le long du littoral méditerranéen, a été achevée.

est reconnue comme « zone humide » par la convention de Ramsar<sup>2</sup>, tout en étant la région la plus sèche de France, au regard de son déficit hydrique<sup>3</sup> moyen annuel qui atteint 850 mm; c) elle bénéficie, au titre de son exceptionnelle biodiversité, de nombreuses mesures de protection mises en œuvre dans plusieurs périmètres (une réserve de biosphère, une réserve nationale naturelle, une réserve volontaire privée, et un parc naturel régional), tout en intégrant sur une partie de son territoire des activités qui peuvent impacter négativement la biodiversité (activités agricoles consommatrices d'intrants chimiques, activités intensives de chasse et de pêche et un tourisme de masse); d) enfin, quand le sel est l'ennemi de l'activité agricole qui cherche à l'évacuer, il est à la base de l'activité salicole qui gère 20 000 ha!

La conjonction de ces paradoxes, si elle constitue une réelle originalité, ne s'oppose pas à une perspective de développement durable du territoire camarguais. L'existence de complémentarités entre les différentes activités humaines qui exploitent les ressources naturelles du territoire et celles qui sont en charge de leur protection s'inscrit dans cette perspective.

Tous ces usages sont liés à la gestion de l'eau. À l'échelle du territoire, celle-ci conditionne à la fois la mise en valeur agricole, l'activité salinière, les activités de chasse et de pêche et la préservation des zones humides. Cette gestion de l'eau repose sur un réseau hydraulique complexe constitué de stations de pompage, de canaux d'irrigation et de canaux d'assainissement qui exigent des frais d'entretien et de fonctionnement. Une grande partie de ces dépenses sont prises en charge et amorties par la riziculture, grosse consommatrice d'eau<sup>4</sup>. Le corollaire est que le réseau hydraulique peut être délaissé si cette activité rizicole diminue trop fortement, avec des conséquences graves sur les autres activités, comme ce fut le cas à la fin des années soixante-dix quand la riziculture a quasiment disparu de Camargue suite aux conséquences économiques de la mise en place du premier marché commun agricole. L'abandon du réseau hydraulique a provoqué une salinisation des sols, une désertification de l'espace et un déclin de l'agriculture et de l'ensemble des activités, à l'exception de la saliculture. On comprend alors toute l'importance que revêt le maintien de l'activité rizicole pour l'avenir de la Camargue.

---

<sup>2</sup> Convention de Ramsar: convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau. Ramsar, Iran, 02-02-1971.

<sup>3</sup> Différence entre l'évapotranspiration de l'ordre de 1500 mm/an et la pluviométrie moyenne de 650 mm/an.

<sup>4</sup> La riziculture consomme annuellement entre 20 000 et 30 000 m<sup>3</sup> d'eau par hectare.

## La riziculture, pilier majeur de la mise en valeur agricole du territoire

Depuis l'endiguement de la Camargue, la riziculture constitue un élément essentiel de régulation et de durabilité des agroécosystèmes. L'irrigation du riz avec de l'eau douce du Rhône permet le lessivage du sel et garantit ainsi le maintien de la fertilité des sols et leur mise en valeur agricole par des systèmes de production dont le riz constitue le pivot. Cette fonction de culture « améliorante » est renforcée par l'effet de l'irrigation qui permet de lutter naturellement de manière efficace contre les adventices qui ne tolèrent pas la submersion. La riziculture assure aussi la maintenance d'un réseau hydraulique fonctionnel qui contribue à l'approvisionnement des zones humides et au maintien de la biodiversité. Ce dernier point est en effet essentiel et fait référence au statut donné par l'Unesco en 1977 de « réserve de biosphère », qui définit ainsi les objectifs de développement : « Placées sous la juridiction de l'État où elles se situent, les réserves de biosphère constituent des territoires spécifiques de mise en œuvre d'un programme engageant un développement économique et social basé sur la conservation et la valorisation des ressources naturelles dans une perspective de développement durable et de préservation de la biodiversité »<sup>5</sup>. Limitée à l'origine à la réserve nationale de Camargue, la réserve de biosphère s'est élargie en 2006 et concerne aujourd'hui les 178 000 hectares du delta du Rhône.

## La riziculture fragilisée par des crises économiques et technico-écologiques successives

Le développement de la riziculture camarguaise a été fortement marqué par des crises successives d'origine à la fois économique et technique. Soumises à la concurrence européenne, aux fluctuations des cours mondiaux du riz et aux normes environnementales, les exploitations rizicoles camarguaises ont vu régulièrement leur pérennité menacée. Ces difficultés de la riziculture ont eu et continuent à avoir un fort impact, à la fois économique, social et écologique, sur l'ensemble du territoire camarguais. Pour résister, les riziculteurs ont mis en œuvre des stratégies individuelles et collectives, à différentes échelles. Au niveau du système de culture, ils ont intensifié leurs techniques culturales, utilisé plus efficacement les intrants et diversifié leurs assolements. Au niveau de l'exploitation agricole, de nouvelles activités comme l'élevage et l'accueil touristique sont venues compléter la riziculture, entraînant une réorganisation du travail ; certaines exploitations se sont converties partiellement ou totalement à l'agriculture biologique. À l'échelle de la filière, les organisations professionnelles ont élaboré un plan de relance, développé des actions de valorisation de la production, sensibilisé les pouvoirs publics et sollicité les instituts de recherche. C'est ainsi qu'en 1983, le Laboratoire d'études

<sup>5</sup> PNRC, 2009. *Mieux connaître la réserve de biosphère de Camargue*. Coédition parc naturel régional de Camargue - Syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue gardoise, 32 p.

comparées des systèmes agraires (Lecsa), unité nouvellement créée sur le centre Inra de Montpellier<sup>6</sup>, décide, à l'initiative de son directeur Alfred Conesa, de consacrer une partie de ses activités de recherche aux questions posées par la profession rizicole afin de garantir la pérennité des exploitations agricoles camarguaises. Comme A. Conesa le rappelle lui-même dans la préface de cet ouvrage, la Camargue offre alors aussi un terrain d'étude privilégié pour mettre en œuvre des approches globales de situations complexes : « C'est un écosystème deltaïque très répandu dans le monde et source de nombreux enjeux, qu'il s'agisse de la biodiversité, du partage de l'eau et des risques d'inondation ou encore de la capacité à nourrir des populations importantes. »

Confiées à l'équipe Camargue<sup>7</sup> de l'unité, les activités de recherche ont eu deux objectifs qui sont restés constants au cours de la période 1983-2016 : a) produire des connaissances agronomiques sur le fonctionnement des agroécosystèmes rizicoles camarguais, b) accompagner les riziculteurs dans leur décision de mise en œuvre d'une riziculture durable.

## L'ÉVOLUTION DES ACTIVITÉS DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE SUR LES SYSTÈMES RIZICOLES

Depuis 1983, les thèmes étudiés et les moyens mis en œuvre par l'équipe Camargue ont fortement évolué, en phase avec les nouvelles problématiques auxquelles était confrontée la riziculture camarguaise, mais aussi en fonction des priorités de la recherche. Avec le recul de ces trente-trois ans d'investissement, nous pouvons aujourd'hui distinguer quatre phases majeures dans cette trajectoire et souligner l'importance du dispositif pérenne qui les a portées : la « plateforme Camargue ».

### Quatre phases structurent les activités de recherche mises en œuvre

#### PHASE 1 : 1983-1991. S'INSCRIRE DANS LE PLAN DE RELANCE DE LA RIZICULTURE ET RÉALISER UNE ANALYSE AGRONOMIQUE GLOBALE À L'ÉCHELLE DU SYSTÈME DE CULTURE

En 1980, le plan de relance de la riziculture française élaboré par les représentants des riziculteurs au sein de leur syndicat comporte une demande explicite : produire des références agronomiques pour augmenter les rendements du riz et ainsi rendre la riziculture

---

<sup>6</sup> Le Laboratoire d'étude comparée des systèmes agraires (Lecsa) a changé de statut en 2002, année de la création de l'Unité mixte de recherche « Innovation et développement dans l'agriculture et l'agroalimentaire » (UMR Innovation).

<sup>7</sup> L'équipe Camargue comprenait, lors de sa création, un directeur de recherche agronome à temps partiel, un ingénieur de recherche en agronomie et deux techniciens.

camarguaise plus compétitive au regard de ses concurrents européens. L'équipe Camargue traduit cette demande par un projet de recherche sur le fonctionnement du système de culture rizicole. Quatre objectifs sont affectés à ce projet : a) élaborer un dispositif de recherche en partenariat avec les riziculteurs et les organisations de développement agricole locales ; b) identifier et hiérarchiser les principaux facteurs d'explication de la variabilité interparcellaire et interannuelle du riz ; c) mesurer l'impact des pratiques culturales sur les facteurs de fertilité du milieu physique ; d) produire des références agronomiques pour améliorer la conduite de la culture. Cette phase a permis de hiérarchiser les facteurs en cause dans la gestion technique de la culture et d'apporter des premières réponses pour optimiser la date de semis, ajuster la fertilisation azotée et lutter contre les adventices.

## PHASE 2 : 1992-1999. DU SYSTÈME DE CULTURE À L'ORGANISATION DU TRAVAIL, UNE ÉVOLUTION SIGNIFICATIVE DE L'OBJET D'ÉTUDE

Les résultats de la phase précédente avaient clairement mis en lumière l'importance de reconsidérer l'organisation du travail au sein de l'exploitation. En effet, les pratiques culturales, les itinéraires techniques mis en œuvre, les assolements et la rotation culturale dépendent à la fois des objectifs de production du riziculteur et de ses ressources et contraintes organisationnelles et structurelles. Comprendre le fonctionnement de cet ensemble du système de production apparaissait indispensable pour déterminer les freins et les leviers affectant le processus de production et *in fine* la viabilité de l'exploitation agricole. Cette mutation thématique a aussi été facilitée par l'évolution des structures impliquées. D'une part, en 1993, l'équipe Camargue, rattachée jusqu'alors au département Environnement et agronomie de l'Inra, rejoint le département Systèmes agraires et développement (Sad<sup>8</sup>) dont les thématiques sont alors centrées sur le fonctionnement systémique des exploitations agricoles. D'autre part le Centre français du Riz, institut technique, assurait depuis 1987 des expérimentations sur la conduite technique du riz à l'échelle de la parcelle.

Une des premières conséquences de ce saut vers la prise en compte de la dimension systémique de la production rizicole a été l'implication des économistes aux côtés des agronomes. Les principaux résultats de cette phase concernent l'optimisation de l'organisation du travail au cours de la phase d'installation de la culture du riz, l'amélioration de l'efficacité des intrants et la diminution des coûts de production.

---

<sup>8</sup> Le Sad deviendra en 2003 le département « Sciences pour l'action et le développement ».



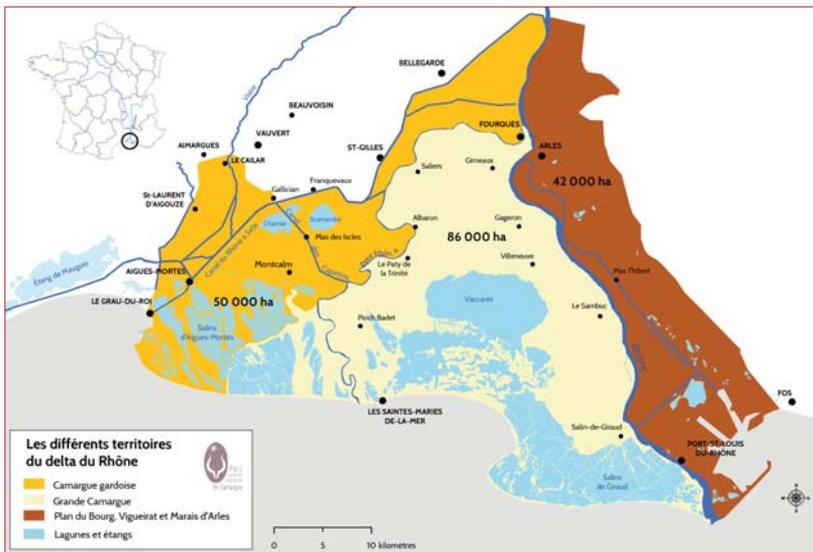
**PARTIE I**  
**LA CAMARGUE, LA RECHERCHE AGRONOMIQUE**  
**ET LA FORMATION**

## LA CAMARGUE : MISE EN VALEUR AGRICOLE D'UN TERRITOIRE D'EXCEPTION

### Des limites administratives en inadéquation avec les limites géographiques du delta...

Le territoire camarguais regroupe plusieurs unités géographiques (fig.1). La Camargue *stricto sensu*, appelée grande Camargue ou île de Camargue, est délimitée par les deux bras du Rhône et le littoral méditerranéen. Avec une superficie de 80 000 ha, cette unité représente la moitié de la plaine deltaïque. À l'ouest de la grande Camargue, la Camargue gardoise ou petite Camargue correspond à l'espace compris entre le petit Rhône et le canal du Rhône à Sète. Enfin, à l'est du grand Rhône, en limite de la Crau et du bras du fleuve, se situe le Plan du Bourg.

Du point de vue administratif, le petit Rhône sépare le territoire en deux départements, le Gard à l'ouest et les Bouches-du-Rhône à l'est, lesquels sont rattachés à deux régions administratives : la région Occitanie-Pyrénées-Méditerranée et la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Ce découpage qui ne tient pas compte de l'homogénéité géographique du delta induit des disparités, par exemple aux niveaux des subventions régionales qui peuvent impacter les stratégies décisionnelles des agriculteurs.



**Figure 1. Les différentes entités spatiales et les limites administratives de la Camargue**  
 Les limites administratives séparent le territoire camarguais en 2 départements : les Bouches-du-Rhône à l'est et le Gard à l'ouest, appartenant chacun à une région propre : la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et la région Occitanie-Pyrénées-Méditerranée. Les couleurs dessinent les périmètres des différentes unités géographiques (conception : PNRC-pôle évaluation et prospective - source : PNRC)

## ... et des périmètres de protection de l'environnement gérés par des statuts différents

Un deuxième découpage concerne le périmètre des différents espaces protégés (cadre ci-dessous). La réserve naturelle nationale de Camargue, créée en 1927, couvre la quasi-totalité de l'étang du Vaccarès, les étangs adjacents et une partie du territoire maritime. Le parc naturel régional (PNR) délimité à l'ouest par le petit Rhône a été créé en 1972. En 1977, l'Unesco classe le périmètre de la réserve nationale de Camargue en réserve de biosphère. Celle-ci sera étendue à l'ensemble du delta du Rhône en 2006. De son côté, le Conservatoire du littoral acquiert régulièrement des espaces à haute valeur agroenvironnementale majoritairement situés dans le département des Bouches-du-Rhône. Enfin la station biologique de la Tour du Valat, propriété acquise en 1948 par la famille Hoffman, est devenue en 1974 une fondation scientifique privée. En 2008, cette propriété, qui couvre 1845 ha, a été classée réserve naturelle régionale. Ces différents périmètres délimitent des espaces dont la gestion est axée prioritairement sur des objectifs de protection et de conservation de la nature définis dans une charte spécifique à chacun des organismes auxquels ils sont rattachés. Cette spécificité ajoute de la complexité dans la gestion des exploitations agricoles et en particulier celles qui exploitent des espaces situés à cheval sur deux régions et/ou *a fortiori* sur deux périmètres de protection de la nature.

### Un espace « naturel » à préserver

Une spécificité de l'agriculture camarguaise réside dans le fait qu'elle s'exerce dans un milieu « naturel » emblématique, haut lieu de la préservation de la nature en Europe. Aujourd'hui, ce sont près de 26 000 hectares qui sont soumis à une forte protection environnementale réglementaire ou foncière :

- une grande partie de la grande Camargue se situe dans le périmètre du PNR créé en 1970 ;
- au cœur du territoire, l'étang du Vaccarès et une partie des étangs adjacents sont classés réserve naturelle nationale depuis 1927. Ils couvrent une superficie de 13 117 hectares ;
- à l'ouest du Vaccarès, la réserve départementale des Étangs impériaux couvre 2 777 hectares ;
- à l'est du Vaccarès, la réserve privée de la Tour du Valat occupe une superficie de 1 800 hectares.

Pour insister sur l'enjeu environnemental de ce territoire, on notera qu'il existe un empilement de zonages à objectifs de préservation : le dispositif européen « Natura 2000 » couvre la quasi-totalité du delta qui est lui-même totalement intégré depuis 2006 dans le périmètre de la réserve de biosphère. Ce dispositif est complété par 16 zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (Znieff).



**PARTIE II**  
**LES CONDITIONS AGRONOMIQUES**  
**DE LA CULTURE DU RIZ**

- **le surfaçage** est une opération essentielle qui a pour objectif de niveler la rizière. Il est fait avec un tracteur équipé d'une lame niveleuse hydrauliquement assujettie à un rayon laser afin de réaliser une surface du sol parfaitement plate (ph.3). Cette condition est indispensable pour réguler parfaitement la hauteur de la lame d'eau en fonction des conditions climatiques, du stade du riz et de la nature des interventions réalisées en cours de culture;
- **l'épandage de la fertilisation** se fait quelques jours après le surfaçage avec un épandeur centrifuge;
- **l'enfouissement de l'engrais** est réalisé immédiatement après son épandage avec une herse rotative associée à un rouleau. Ces deux outils combinés permettent d'obtenir un sol dont la surface est constituée de terre fine et de petites mottes légèrement compactées, prêt pour être semé (lit de semences);
- **le rigolage** est la dernière intervention culturale réalisée avant la mise en eau (ph.4). Cette pratique consiste à effectuer deux ou trois microrigoles dans la parcelle dans le but d'homogénéiser l'irrigation sur l'ensemble de la parcelle et de favoriser le drainage lorsque celui-ci est nécessaire.

## AIGUADIER<sup>7</sup> : UN MÉTIER DÉDIÉ À LA GESTION DE L'EAU EN RIZICULTURE INONDÉE

Au début du mois d'avril, la préparation du sol étant terminée, le moment est venu d'irriguer les rizières, en particulier pour les rizières qui se situent en 2<sup>e</sup> année (ou plus) de riz et qui exigent la réalisation d'un faux semis chimique<sup>8</sup> pour lutter contre les adventices avant le semis, (Marnotte & Thomas, ce volume p. 145) (fig.3). Il s'agit d'une irrigation gravitaire qui consiste à submerger totalement les rizières. Au préalable, l'aiguadier aura pris soin d'amener l'eau (dont il aura aussi vérifié le taux de salinité<sup>9</sup>) par les canaux principaux et secondaires d'irrigation jusqu'à l'entrée des rizières (ph.5). La submersion va jouer trois fonctions déterminantes au cours du cycle cultural du riz : un lessivage du sel présent dans la couche superficielle du sol, une régulation de la température au moment

<sup>7</sup> Aiguadier (du mot *aigue* qui signifie eau en provençal) : personne spécialisée pour assurer la gestion de l'eau dans les rizières. Sur les exploitations où la surface rizicultivée n'est pas trop importante, c'est l'agriculteur qui effectue lui-même cette fonction.

<sup>8</sup> Le faux semis chimique consiste à préparer le lit de semences, irriguer le sol, pour faire germer les graines des adventices, y compris les graines de riz sauvages adventices, puis d'appliquer un herbicide pour les éliminer.

<sup>9</sup> En 2013, le débit du Rhône exceptionnellement bas au printemps avait permis une entrée de l'eau de mer jusqu'à une dizaine de kilomètres en amont de son embouchure avec pour conséquence un pompage d'eau salée qui avait détruit 3 000 ha de rizières.



Photo 3. Surfaçage de la rizière avec une lame niveleuse assujettie à un rayon laser (cl. Jean-Claude Mouret)



Photo 4. Tracteur équipé d'une rigoleuse (cl. Jean-Claude Mouret)

de l'installation de la culture (Barbier, ce volume p. 125) et un contrôle des adventices qui ne tolèrent pas la submersion (Marnotte & Thomas, ce volume p. 145). Cependant, pour réaliser pleinement ces fonctions, l'aiguadier devra intervenir quotidiennement (ph.6) tout au moins pendant la période délicate qui va du semis du riz jusqu'à la montaison pour adapter la hauteur de la lame d'eau en fonction de l'état de développement du riz, des conditions climatiques, des attaques parasitaires et des interventions culturales. Lorsqu'un ensemble de rizières (îlot) est submergé, le semis peut être effectué sur une lame d'eau dont la hauteur est proche de 5 cm. Au-dessus de cette hauteur, les vagues provoquées par le passage du tracteur risquent de déplacer et d'enfouir les semences; en dessous, le volume d'eau n'est pas suffisant pour nettoyer les roues du tracteur qui risquent de s'enliser.



Photo 5. Canal d'irrigation équipé d'une vanne (martelière) (cl. Jean-Claude Mouret)



Photo 6. Intervention de l'aiguadier pour adapter la hauteur de la lame d'eau aux conditions de semis (cl. Jean-Claude Mouret)



**PARTIE III**  
**LA GESTION TECHNIQUE DES EXPLOITATIONS**  
**RIZICOLES**

## Un renouveau de l'élevage bovin et équin

Une nouvelle forme de pâturage est apparue avec le développement des élevages équins et bovins, offrant une diversification des exploitations vers les jeux taurins, la vente de chevaux et l'agritourisme. Ces élevages appelés « manades » pâturent en extérieur toute l'année, de jour comme de nuit, de manière extensive avec souvent moins d'un animal à l'hectare.

Les chevaux de Camargue sont élevés, sélectionnés, utilisés ou vendus pour le travail du bétail « sauvage » (manipulation du troupeau de vaches et de taureaux), et le loisir (équitation, attelage). La conduite des cheptels bovins se pratique à cheval, ce qui explique la concomitance fréquente entre élevages de chevaux et de taureaux. Les bovins sont quant à eux sélectionnés pour les jeux taurins, et valorisés par une viande sous signe de qualité : l'appellation d'origine protégée « Taureau de Camargue », dont le cahier des charges garantit un faible taux de chargement (actuellement au maximum un animal pour 1,5 hectare). Depuis une dizaine d'années, certains éleveurs bovins doublent leur atelier d'élevage en produisant des races domestiques allaitantes (Limousine, Aubrac et Angus notamment), afin de sécuriser une partie des revenus de l'exploitation.

Ce modèle de polyculture-élevage présente une complémentarité particulièrement intéressante aux points de vue agronomique et économique. Sur ce type d'exploitations, l'élevage entre en effet pleinement dans le système de rotation en lien avec la production céréalière et notamment rizicole.

## LA PLACE DE L'ÉLEVAGE DANS LA PRODUCTION DU RIZ AUJOURD'HUI

### Des chaumes de céréales pour le pâturage

Les chaumes de céréales (comme le blé) peuvent être pâturés après la moisson d'été (fin juin-début juillet). Une mise en eau des parcelles moissonnées, avec les températures clémentes de cette période, permet en effet de faire pousser des plantes adventices du riz (en particulier les riz crodos). Ces dernières pourront alors être consommées par le bétail avant de grainer, ce qui limitera leur potentiel de développement dans les années qui suivront. Les animaux peuvent être des brebis restées sur l'exploitation durant la période estivale, des chevaux, des vaches ou des taureaux.

Pour les chevaux, vaches et taureaux, le pâturage des chaumes peut aussi se faire dès l'automne sur les rizières moissonnées. Les animaux restent alors l'hiver sur ces parcelles, avec un complément fourrager, produit la plupart du temps sur l'exploitation. Les animaux



Photo 1. Chevaux pâturent des chaumes de riz  
(cl. Anne Vadon/PNRC)



Photo 2. Taureaux camarguais pâturent en été des chaumes de blé (cl. Anne Vadon/PNRC)

pâturent l'herbe des chemins, nettoient les fossés, consomment une partie des pailles, et apportent au sol un amendement naturel par leurs déjections.

Pour les éleveurs céréaliers, ce pâturage des chaumes représente une alternative particulièrement intéressante pour laisser reposer les prairies et ne pas les abîmer par piétinement en cas de pluie. Cependant il nécessite d'avoir des clôtures fixes et solides, pour les bovins notamment. Il faut également tenir à disposition des animaux un point d'eau, avec un risque de dégradation des berges provoqué par un abreuvement dans les roubines<sup>8</sup>.

## Des pâturages dans les successions de cultures

Pour bien gérer un atelier d'élevage dans une exploitation agricole, on intègre dans les cultures pour la vente celles pour l'alimentation du cheptel, affectant ainsi l'usage des surfaces. Ainsi, en dehors des milieux naturels pâturés et des prés destinés à la fauche et au pâturage, les surfaces consacrées aux cultures de céréales peuvent intégrer dans les rotations des céréales fourragères et des légumineuses pour la fauche et/ou le pâturage. Celles-ci représentent alors un intérêt certain pour diminuer la pression des adventices du riz et des maladies; elles permettent aussi d'enrichir le sol en matière organique (par l'enfouissement des résidus de pâturage), en particulier en azote par l'intermédiaire des légumineuses.

La luzerne est une culture très intéressante dans les rotations, avec une production moyenne de 15 tonnes de matière sèche à l'hectare. Bien que sensible au sel, elle peut être mise en place durant 3 à 4 ans (selon la pression saline sur la parcelle). Certains

---

<sup>8</sup> Roubine: canal de drainage des eaux.



**PARTIE V  
DES DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX POUR  
LA RIZICULTURE CAMARGUAISE**

## DES RIZIÈRES OCCUPÉES TOUTE L'ANNÉE PAR DIFFÉRENTES ESPÈCES D'OISEAUX

Pour les oiseaux, les rizières fournissent essentiellement des zones d'alimentation. Le cortège d'espèces concernées est vaste et fluctue au cours du cycle annuel selon que les parcelles sont inondées ou sèches, en été ou en hiver (Tourenq 2000) (fig.1). La valeur des rizières pour l'avifaune s'exprime donc essentiellement par leur complémentarité avec les espaces naturels environnants, selon des modalités qui évoluent au cours des saisons (Pernollet et al. 2015a). Toutes les espèces d'oiseaux n'utilisent pas les rizières camarguaises de la même manière, pour les mêmes raisons ou durant les mêmes périodes, mais il est notable que tout au long de l'année les rizières jouent un rôle important pour des communautés d'oiseaux qui se succèdent.

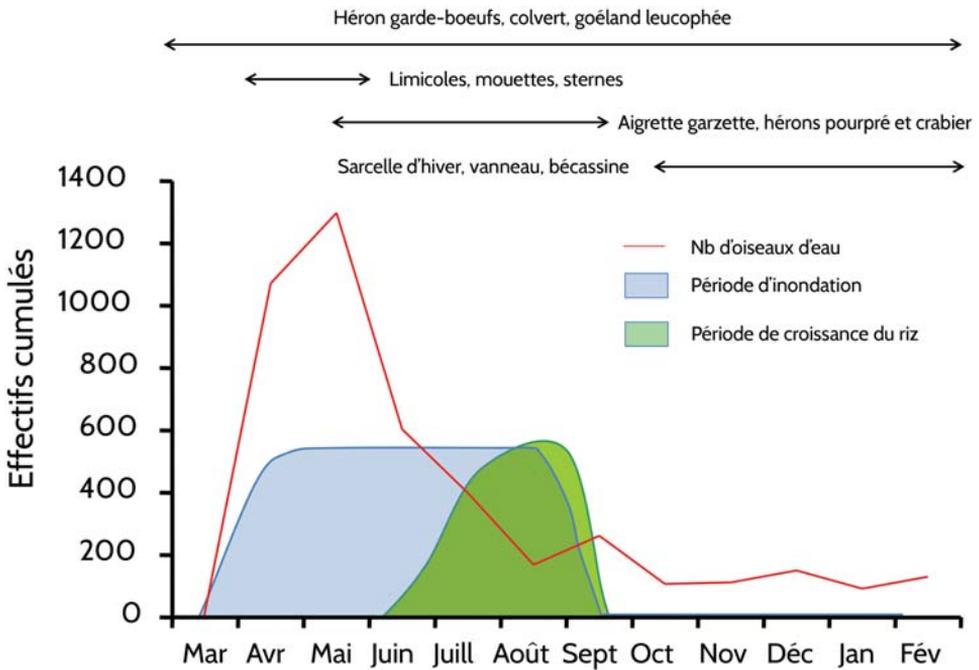


Figure 1. Évolution des effectifs d'oiseaux d'eau dans un échantillon de rizières de Camargue au cours d'une année (mars 1997 à février 1998) (d'après Tourenq 2000)

Le cortège d'espèces concernées est vaste et fluctue au cours du cycle annuel selon que les parcelles sont inondées ou sèches, en été ou en hiver

## LES PÉRIODES PRINTANIÈRE ET ESTIVALE : DES INVERTÉBRÉS DANS LES RIZIÈRES INONDÉES POUR LES OISEAUX D'EAU

Lorsque les rizières camarguaises sont inondées, du semis à la moisson, elles sont propices au développement des populations d'invertébrés (en particulier crustacés et larves d'insectes) dont se nourrissent certains oiseaux, ou de prédateurs intermédiaires tels que les amphibiens eux-mêmes proies d'une partie de l'avifaune (Mesléard, ce volume p. 349). De manière générale, les rizières accueillent moins d'espèces d'oiseaux que les zones humides naturelles, mais elles jouent un rôle majeur en Camargue au printemps et en été, lorsqu'elles sont inondées et que les marais méditerranéens peu profonds s'assèchent temporairement (Tourenq 2000). Les oiseaux fréquentant les rizières inondées sont souvent des espèces de passereaux insectivores chassant au-dessus des parcelles ou des espèces se nourrissant au sol telles que les hérons, les laridés (mouettes, goélands, sternes) et les ibis (ph.1) (Blondel & Isenmann 1981, Tourenq 2000). Les rizières ne sont pas suffisantes pour couvrir la totalité des besoins de ces espèces à cette saison, et n'ont d'intérêt en Camargue qu'en connexion avec les milieux naturels. En plus d'une tendance générale à l'expansion de certaines colonies d'oiseaux d'eau en Europe, l'accroissement des colonies de certains laro-limicoles (goélands, sternes) ou ardéidés (hérons, aigrettes) depuis les années 1950 en Camargue s'explique en partie par le développement de la riziculture, source importante d'alimentation pour ces oiseaux. La population camarguaise de hérons arboricoles nicheurs a particulièrement bénéficié des rizières dès lors que celles-ci ont été nivelées au laser, offrant des milieux inondés peu profonds et très homogènes, favorables aux invertébrés (fig.2). Les sites de nidification restent pour l'essentiel cantonnés aux habitats naturels (Blondel & Isenmann 1981) mais ils ne sont pas choisis indépendamment de leur localisation par rapport aux habitats agricoles: chez le héron

garde-bœufs (*Bubulcus ibis*), le héron crabier (*Ardeola*



Photo 1. L'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) fait partie des espèces patrimoniales d'oiseaux utilisant très largement les rizières comme site d'alimentation au printemps (cl. Marc Thibault)



**PARTIE VI**  
**LA RIZICULTURE BIOLOGIQUE : UN MODÈLE**  
**DE PRODUCTION AGRICOLE DURABLE**

### Intégration riziculture/élevage de canards dans les pays en développement d'Asie

Originaire du Japon (Furuno 2001), l'intégration des canards dans les exploitations rizicoles fait intervenir des canards *Aigamo*, un croisement entre canard domestique et sauvage. Cette intégration agriculture/élevage s'est rapidement développée comme alternative à la riziculture intensive dans de nombreux pays en développement d'Asie comme la Corée du Sud, la Malaisie et le Vietnam. Élevage de canards et riziculture sont complémentaires : les canards se nourrissent des adventices qui concurrencent le riz pour sa croissance, consomment certains insectes ravageurs et fertilisent le riz par leurs déjections. La main-d'œuvre supplémentaire nécessaire pour de tels systèmes (e.g. il faut clôturer les parcelles ou reconduire les canards à leurs abris la nuit pour éviter les dégâts de prédateurs tel que les renards, les chiens ou les aigles) constitue cependant un frein à son adoption par de nombreux riziculteurs conventionnels. Mais aujourd'hui, la mise en place de systèmes de certification en agriculture biologique dans ces pays d'Asie offre une opportunité pour le développement d'une telle intégration (Suh 2015).

En 2011, Bernard Poujol, riziculteur biologique camarguais, a souhaité tester cette technique sur son exploitation agricole. Intéressée par cette proposition, l'équipe Camargue de l'UMR Innovation a accompagné M. Poujol pour imaginer un dispositif et un protocole adapté afin d'évaluer les effets de l'intégration des canards sur l'infestation des adventices et sur le rendement du riz (cadre ci-contre). Cette partie détaille les conditions de mise en place de ce nouveau système de désherbage et les premiers résultats sur son efficacité.

pour empêcher les canards de s'enfuir. La modification la plus importante par rapport à un itinéraire technique classique a concerné le mode de semis. En effet le semis du riz enfoui en ligne avec submersion retardée (Barbier, ce volume p. 125) s'est imposé pour d'une part faciliter la circulation des canards et d'autre part éviter qu'ils ne se nourrissent des semences. Afin de faciliter l'accueil des canards, la rizière a été maintenue inondée sans interruption depuis la levée du riz jusqu'à la récolte.

#### GÉRER LE TROUPEAU DE CANARDS EN FONCTION DE L'ÉTAT DES RIZIÈRES...

Le canard mulard<sup>7</sup> a été choisi du fait de sa rusticité et parce qu'il ne vole pas. Trois semaines avant le semis du riz, M. Poujol a acheté 300 canetons âgés de trois jours qu'il a élevés dans un abri qui leur était réservé. Il les a ensuite conduits dans la rizière au stade plein tallage/début montaison du riz, lorsque les feuilles ont une moindre appétence pour eux (ph.6). Les canards ont pâturé les adventices jusqu'au stade du début du remplissage du grain. À ce stade ils ont été retirés pour éviter qu'ils ne consomment le riz. Ils avaient alors atteint un poids moyen de 3 kilogrammes. Une partie du troupeau a été vendue notamment à des restaurateurs particulièrement intéressés par ce produit « carné bio ». L'autre partie est restée sur l'exploitation puis reconduite dans les rizières remises en eau après la récolte afin de poursuivre son activité de consommation des graines et des pousses d'adventices et de destruction des chaumes de riz (ph.7).

<sup>7</sup> Hybride stérile issu du croisement de deux espèces de canards : *Cairina moschata* et *Anas platyrhynchos*.

## Recueil des informations effectuées sur la parcelle désherbée par les canards

Nous avons effectué deux types de relevés :

- l'itinéraire technique mis en œuvre par M. Poujol : il a été enregistré au fur et à mesure de son déroulement ;
- les mesures agronomiques :
  - l'ensemble des mesures ont été réalisées dans une station d'observation de 200 m<sup>2</sup> située au milieu de la parcelle pâturée par les canards ;
  - huit placettes de 0,25 m<sup>2</sup> ont été délimitées au sein de la station, dont 4 protégées par des cages grillagées pour empêcher le « pâturage » des canards (ph.5) ;
  - dans chaque placette, nous avons effectué plusieurs mesures :
    - \* au stade 2-3 feuilles du riz, un comptage des plantules de riz et des adventices ;
    - \* au stade de la maturité du riz, début octobre, la récolte des placettes a été réalisée. Le grain, les pailles de riz et les adventices ont été pesés séparément après avoir séché durant 72 heures à l'étuve à 90 °C.



Photo 5. Positionnement des placettes de mise en défens dans la rizière pâturée par les canards (cl. UMR Innovation)



Photo 6 et 7. Troupeau de canards pâture les adventices dans la rizière au stade du tallage du riz sous la vigilance de M. Poujol (à gauche, cl. Sylvie Curty) et après la récolte (à droite, cl. UMR Innovation)