



**Master 2<sup>ème</sup> Année Pro**  
**Biodiversité – Écologie - Environnement**

**CARACTÉRISATION DES SERVICES RENDUS  
PAR LES ECOSYSTEMES  
D'UNE ZONE HUMIDE MÉDITERRANÉENNE :  
L'EXEMPLE DE LA CAMARGUE**

**Stage effectué par Marie THOLLON**

**à la Tour du Valat**  
*Centre de recherche pour la conservation  
des zones humides méditerranéennes*

**Le Sambuc – 13200 ARLES**



**Sous la responsabilité de Coralie BELTRAME**

**Année Universitaire 2011-2012**



## **Remerciements**

Je tiens à remercier le centre de recherche de la Tour du Valat pour son accueil, à la fois professionnel et convivial, et pour m'avoir permis de participer à de nombreuses activités en lien avec la protection de la nature.

Je remercie également Emmanuelle Cohen-Shacham, chercheuse au département de zoologie de l'Université de Tel-Aviv, pour ses remarques et ses conseils qui m'ont permis de beaucoup progresser dans la vision de mon sujet d'étude.

J'adresse mes sincères remerciements à ma responsable de stage, Coralie Beltrame, chef de projet au département suivi-évaluation et politiques zones humides à la Tour du Valat, pour son appui à la fois constant, rigoureux et sympathique. J'ai beaucoup appris à son contact et pas seulement au sujet des services écosystémiques!

Je remercie également l'ensemble des acteurs du territoire qui ont bien voulu répondre à mes questions et pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon étude. Je me suis efforcée de rapporter leurs propos avec fidélité dans cette étude.

Enfin, un grand merci à toutes les personnes avec qui j'ai partagé de très bons moments et qui m'ont soutenu pendant cette période.



## Table des matières

1. Introduction.....	1
1.1. Contexte de l'étude.....	1
1.2. Etat de l'art .....	2
1.3. Objectif.....	4
2. Matériel et méthodes.....	4
2.1. Méthodologie développée.....	4
2.1.1. Choix de la zone d'étude.....	4
2.1.2. Identification et caractérisation des services.....	4
2.1.3. Proposition d'indicateurs et localisation géographique.....	5
2.1.4 Etude des interrelations entre services.....	5
2.2. Le site d'étude.....	6
2.2.1. Géographie du site.....	6
2.2.2. Caractéristiques physiques.....	6
2.2.3. Les principaux écosystèmes présents sur la zone d'étude.....	8
2.2.4. De nombreux espaces protégés.....	9
2.2.5. Quelques éléments du contexte socio-économique.....	10
3. Résultats.....	12
3.1. Les services rendus par les écosystèmes en Camargue.....	12
3.1.1. Services d'approvisionnement .....	12
3.1.1.1 Production d'aliments: la pêche professionnelle.....	12
3.1.1.2 Production d'aliments: l'agriculture.....	13
3.1.1.3 Production de matières premières: le sel et les roseaux.....	15
3.1.1.4 Alimentation en eau potable.....	17
3.1.1.5 Ressources médicales.....	17
3.1.2. Services de régulation.....	17
3.1.2.1 Régulation du climat local et de la qualité de l'air.....	17
3.1.2.2 Capture et stockage du carbone - Régulation du climat global.....	18
3.1.2.3 Atténuation des phénomènes extrêmes: inondations d'origine fluviale et maritime.....	19
3.1.2.4 Traitement des eaux usées - Influence sur la qualité de l'eau.....	21
3.1.2.5 Protection contre l'érosion des sols.....	23
3.1.2.6 Pollinisation.....	24
3.1.2.7 Contrôle biologique.....	24
3.1.3. Services de soutien.....	24
3.1.3.1 Habitats des espèces.....	24
3.1.3.2 Maintien de la diversité génétique.....	25
3.1.4. Services culturels.....	27
3.1.4.1 Le tourisme.....	27
3.1.4.2 Divertissement et bien-être mental et physique.....	28
La chasse.....	28
La pêche de loisirs.....	29
Les loisirs de pleine nature.....	30
3.1.4.3 Appréciation esthétique et inspiration pour la culture, l'art et la création.....	31
3.1.4.4 Expérience spirituelle et relation aux paysages.....	32
3.2 Les indicateurs de production des services.....	33
3.3 Interrelations entre services.....	34
4. Discussion - Conclusion.....	35
4.1 Les limites de l'étude générale sur les services écosystémiques.....	35
4.2 Les apports de l'étude.....	37
4.3 Conclusion: intérêt pour la gestion du territoire .....	38
Bibliographie – webographie.....	39
Table des figures.....	41
Table des tableaux et encadrés.....	43
Annexes.....	44



# 1. Introduction

La question de l'évaluation des services rendus aux êtres humains par les écosystèmes est aujourd'hui d'une grande actualité. Ces services dits « écologiques » ou « écosystémiques » sont définis comme « **les bienfaits que procurent les écosystèmes à l'humanité** » (Daily, 1997; MEA, 2005). Ils sont variés, allant de la fourniture de nourriture (poissons, plantes cultivées ou non), de matières premières (bois, fibres), d'eau potable, au bien-être procuré par les paysages naturels ou l'air pur par exemple. Les zones humides ont été identifiées comme des zones particulièrement importantes pour la production de services, notamment sur le littoral où les eaux salées rencontrent les eaux douces (MEA, 2005). Mais les zones humides sont aussi parmi les écosystèmes les plus menacés au monde à cause du besoin toujours croissant de surfaces foncières nouvelles, du drainage agricole ou de la pollution. Dans le bassin méditerranéen, la moitié des zones humides a disparu depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle (OZHM, 2012). Si les surfaces des zones humides diminuent ou si leur état écologique se dégrade, elles ne seront plus à même de rendre les services qu'elles délivraient. Il est donc crucial d'évaluer les services rendus par ces zones afin d'apporter des éléments complémentaires aux décideurs et sauvegarder ces zones d'une richesse exceptionnelle.

## 1.1. Contexte de l'étude

Cette étude s'inscrit dans un projet franco-israélien d'étude comparative des services rendus par deux zones humides : celle de la Hula en Israël et la Camargue en France. La Tour du Valat et l'Université de Tel-Aviv sont les structures coordinatrices de ce projet. La Tour du Valat est un organisme privé de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes. Elle est reconnue d'utilité publique depuis 1978 et elle est financée en grande partie par des fonds privés. Sa mission principale est d'améliorer la connaissance et la compréhension du fonctionnement des zones humides méditerranéennes afin de mieux les gérer.

Le programme quinquennal, débuté en 2011, a un volet portant sur l'amélioration des connaissances sur les valeurs, les fonctions et les services rendus par les zones humides méditerranéennes. L'objectif est de capitaliser et de diffuser les modes de gestion adaptative permettant de mieux conserver, utiliser et gérer ces zones humides.

Pour cela, cet organisme développe des projets avec de nombreux partenaires du bassin méditerranéen. Ainsi, le projet Hula-Camargue est basé sur une collaboration scientifique avec le département de zoologie de l'Université de Tel-Aviv et le département de géographie de l'Université Hébraïque de Jérusalem.

L'étude menée se base sur la comparaison de la Camargue, vaste zone humide côtière avec un delta ouvert sur la mer, et la Hula, zone humide intérieure. Ces deux territoires sont notamment marqués par un développement important de l'agriculture et la mise en place de systèmes de protection et de gestion des espaces naturels. La gestion de l'eau est une composante clé de ces milieux et des services écosystémiques associés.

Coralie Beltrame et Thomas Galewski, chefs de projet au département suivi-évaluation et politiques zones humides à la Tour du Valat, coordonnent les études sur les services écosystémiques d'une part et la biodiversité d'autre part. Emmanuelle Cohen-Sacham, chercheuse au département de zoologie de l'Université

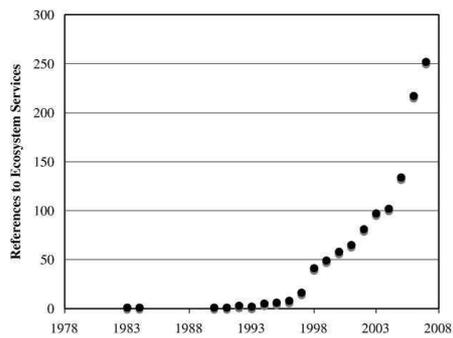


Figure 1.1: Nombre de publications utilisant les termes « services écosystémiques » ou « services écologiques » dans une recherche ISI Web of Science en 2007. Ce graphe est indicatif et très certainement sous-estimatif (source: Fisher et al., 2009).

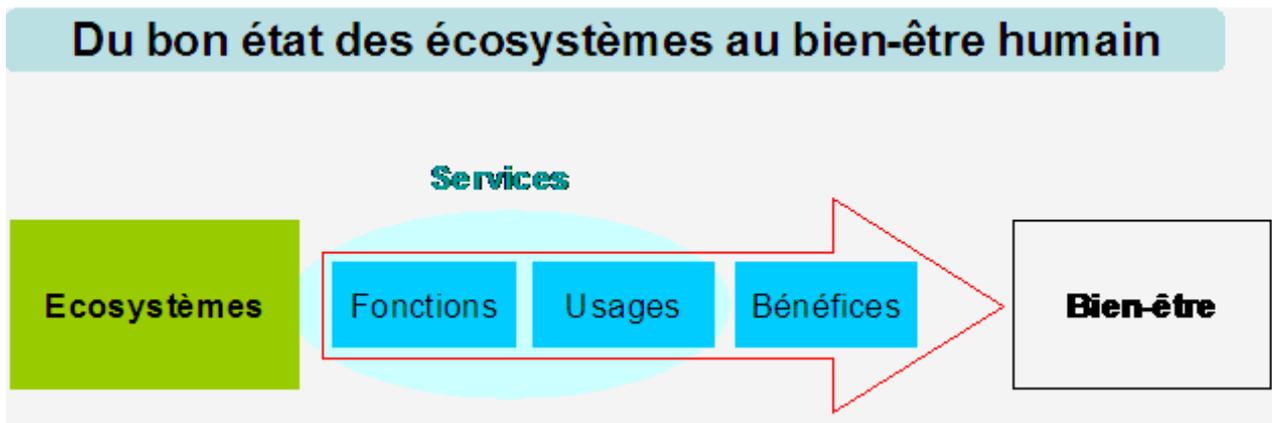


Figure 1.2: Conception des services écosystémiques dans le MEA adapté à la France (source: CREDOC, 2009).

de Tel-Aviv, étudie les services écosystémiques sur le territoire de la Hula. Un premier travail a porté sur l'évolution temporelle de la fourniture de ces services (Cohen-Sacham et al., 2012).

La présente étude s'inscrit dans la continuité de ces travaux et consiste à produire une synthèse sur les services rendus par les écosystèmes de Camargue.

## **1.2. Etat de l'art**

La notion de services rendus par les écosystèmes est relativement récente. Elle est apparue dans les années 1970 sous l'impulsion d'économistes qui voulaient souligner le fait que le développement et la durabilité des activités socio-économiques doivent nécessairement s'appuyer sur le bon fonctionnement et la stabilité des écosystèmes dont elles dépendent ( Costanza et al., 1997; Teyssède, 2010).

Ce concept s'est développé fortement depuis la fin des années 1990. De nombreux efforts de mise en pratique ont été produits et le nombre de travaux scientifiques sur les services écosystémiques et leur évaluation a augmenté de façon quasi exponentielle (figure 1.1) (Daily et Matson, 2008 ; Gomez-Baggethun et al., 2010 ; De Groot et al., 2006 ; De Groot et al., 2010; Fisher et al., 2009).

Le Millennium Ecosystem Assessment (MEA), ou Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire a fortement contribué à la diffusion de ce concept. Lancé en 2001, il a rassemblé plus de 1 300 experts provenant de 95 pays et correspond au premier audit mondial des écosystèmes de la planète. L'objectif du MEA est de mettre en évidence aux yeux des décideurs publics et privés l'importance de la protection environnementale pour le maintien de l'activité économique et le bien-être des populations, d'une part en recensant les services rendus par les écosystèmes et d'autre part, en les quantifiant pour évaluer leur contribution au bien-être humain (Maresca et al., 2011). Cette approche est totalement anthropocentrée et justifie la protection de l'environnement dans la mesure où celle-ci répond à des besoins des êtres humains et de leurs générations futures. Elle se détache d'une conception biocentrée mettant en avant la valeur en soi de la protection de la biodiversité.

Le MEA a mis en évidence une accélération de la perte et de la dégradation des écosystèmes ces 50 dernières années, à un rythme inédit dans l'histoire de l'humanité. D'après ses conclusions, si cette dégradation n'est pas maîtrisée, elle mettra en péril non seulement la biodiversité mondiale mais également les activités économiques de la planète (MEA, 2005; WRI, 2008).

La notion de service écosystémique se veut donc une synthèse des approches écologique, économique et sociale (CGDD, 2010). Elle met en relation deux pôles : le fonctionnement de l'écosystème qui peut être considéré comme la base du service, et les bénéfices que les populations humaines en retirent, qui peuvent être considérés comme l'aboutissement du service (figure 1.2).

Le débat est important, encore aujourd'hui, sur la définition du concept et la classification des services de façon à ce qu'ils soient quantifiables de manière cohérente (De Groot et al., 2010).

**Tableau 1.1: Différentes classification des services écosystémiques et leur correspondance (source: De Groot et al., 2010).**

(1) principalement basé sur Costanza et al. (1997) et De Groot et al. (2002)

	<b>Classification TEEB</b>	<b>Millennium Ecosystem Assessment (2005)</b>	<b>Daily et al. (2008)</b>	<b>Sources variées (1)</b>
	<b>Services d'approvisionnement</b>	<b>Services d'approvisionnement</b>	<b>Services d'approvisionnement</b>	<b>Services d'approvisionnement</b>
1	Nourriture	Nourriture	Produits de la mer, gibiers	Nourriture (poissons, gibiers, fruits)
2	Matières premières	Fibres	Fibres, bois	Matières premières (ex:bois)
	Combustibles de la biomasse	?		Carburants et énergies (ex: bois de chauffage, matière organique)
	Fourrages	?		Fourrages et fertilisants
3	Eau	Eau douce		Disponibilité en eau
4	Ressources médicinales	Produits biochimiques	Produits pharmaceutiques	Médicaments et produits pharmaceutiques
	Produits industriels	?		Modèles et organismes de test
	Ressources génétiques	Ressources génétiques		Matériel génétique utile
	Ressources ornementales	Ressources ornementales	?	Ressources pour la mode, l'artisanat, la décoration, etc.
	<b>Services de régulation</b>	<b>Services de régulation</b>		<b>Services de régulation</b>
5	Purification de l'air	Régulation de la qualité de l'air	Purification de l'air	Régulation des gaz/ qualité de l'ai
6	Régulation du climat (incluant stockage du C)	Régulation du climat	Stabilisation du climat	Climat favorable (incluant stockage du Carbone)
7	Modération ou prévention des perturbations	?	Modérations des événements extrêmes	Protection contre les orages
	Atténuation des inondations	Régulation de l'eau		Prévention contre les inondations
	Régulation des flux d'eau	Régulation de l'eau	Atténuation des sécheresses	Drainage et irrigation naturelle (prévention des sécheresses)
8	Traitement des déchets (particulièrement purification de l'eau)	Régulation de l'eau	Purification de l'eau	Propreté de l'eau (traitement des déchets)
9	Prévention de l'érosion	Régulation de l'érosion	Protection contre l'érosion	Prévention de l'érosion
	Maintien de la fertilité des sols	Formation des sols (service de support)	Régénération et préservation des sols	Maintien de sols productifs et « propres »
10	Pollinisation	Pollinisation	Pollinisation	Pollinisation
11	Contrôle biologique	Dispersion des graines		Contrôle biologique
	Lutte contre les ravageurs	Régulation des ravageurs		Lutte contre les maladies et les ravageurs
				Régulation des maladies humaines
	<b>Services habitat</b>	<b>Services de soutien</b>		<b>Services d'habitat/ soutien</b>
12	Maintien des cycles de vie (habitats pour les espèces)	Photosynthèse, production primaire, cycle des éléments		Service de nurserie
13	Protection du pool génétique (maintien de la diversité génétique)	Maintien de la biodiversité		Maintien de la biodiversité
	<b>Services culturels</b>	<b>Services culturels</b>		<b>Services culturels (équipements)</b>
14	Information esthétique	Valeurs esthétiques	Beauté esthétique	Paysages appréciables (incluant la tranquillité des lieux)
15	Récréation et tourisme	Récréation et éco-tourisme		Récréation et tourisme
16	Inspiration pour l'art, la culture et le design	?		Inspiration pour l'art, etc.
		Diversité culturelle		Patrimoine culturel
	Information pour le développement cognitif	Systèmes de connaissances valeurs éducatives	Stimulation intellectuelle	Usage en science et éducation
17	Expérience spirituelle	Valeur spirituelle et religieuse		Usage spirituel et religieux

Les définitions diffèrent principalement sur le positionnement du curseur entre les deux pôles écologiques et sociaux représentés sur la figure 1.2. Les notions satellites de « fonctions », « biens », « avantages » ou « bénéfiques » peuvent être incluses ou non dans la notion de service (CREDOC, 2009). Il existe donc aujourd'hui plusieurs classifications (tableau 1.1).

Néanmoins, on distingue toujours **quatre grandes familles de services**:

- ✦ les **services d'approvisionnement** qui correspondent à la production matérielle ou énergétique des écosystèmes (aliments, matières premières, eau douce et ressources médicales);
- ✦ les **services de régulation** qui correspondent à l'action régulatrice des écosystèmes (régulation du climat local ou global, influence sur la qualité de l'air, modération des événements extrêmes, prévention contre l'érosion, influence sur la qualité de l'eau, pollinisation et contrôle biologique)
- ✦ les **services de soutien** qui sont nécessaires à la production de la quasi-totalité des autres services (habitats pour les espèces; maintien de la diversité génétique);
- ✦ les **services culturels** qui correspondent aux avantages non matériels que retirent les personnes qui sont au contact des écosystèmes. Ils comprennent les avantages esthétiques, spirituels et psychologiques (divertissement et santé mentale et physique, tourisme, appréciation esthétique, inspiration pour la culture, l'art et le design, expérience spirituelle et relation aux paysages)

Dans notre étude, nous utiliserons **la classification du TEEB** (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) (TEEB, 2010). Ce groupe de travail, coordonné par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), a travaillé au développement et à la mise en pratique du concept de services écosystémiques auprès de différentes catégories d'utilisateurs : écologistes, économistes, décideurs, entreprises et grand public. La classification adoptée par ce groupe diffère légèrement de celle du MEA, essentiellement concernant les services de soutien (ces derniers ont été traduits par deux services considérés comme fondamentaux: « habitats pour les espèces » et « maintien de la diversité génétique ») (tableau 1.1).

Cette classification décompose les quatre grandes catégories de services en **17 services qui servent de base à notre étude** (encadré 1.1).

La caractérisation des services rendus par les écosystèmes a pour objectif d'apporter des éléments complémentaires aux décideurs dans leurs choix de gestion. Certaines de leurs décisions peuvent encourager au développement ou à la préservation de tel ou tel service mais il est fondamental que ces choix soient éclairés par la connaissance des conséquences possibles. Ainsi, **l'étude des interrelations** existantes entre les services apparaît donc comme un **complément indispensable** à leur caractérisation.

Les services écosystémiques produits sur une zone donnée ne sont pas isolés les uns des autres (MEA (b), 2005). **Les écosystèmes ne fonctionnent pas comme des « usines à service unique »**. Les **interrelations entre les services** sont nombreuses, complexes, dynamiques et souvent imprévisibles. On parle de « **trade-offs** » et de « **synergies** » entre services (MEA (b), 2005).

### **Les services d'approvisionnement décrivent la production matérielle ou énergétique des écosystèmes :**

- **Aliments** : les écosystèmes fournissent les conditions nécessaires à la production d'aliments dans des habitats sauvages ou dans des agro-écosystèmes gérés.
- **Matières premières** : les écosystèmes fournissent une grande diversité de matériaux pour la construction et la fourniture d'énergie.
- **Eau douce** : les écosystèmes fournissent de l'eau tant en surface que par les nappes phréatiques.
- **Ressources médicales** : de nombreuses plantes sont utilisées comme médicaments traditionnels ou comme ingrédients pour l'industrie pharmaceutique.

### **Les services de régulation sont les services fournis par les écosystèmes par l'intermédiaire de leur action régulatrice :**

- **Régulation du climat local et de la qualité de l'air** : les arbres fournissent de l'ombre et filtrent les polluants de l'atmosphère. Les forêts régulent les précipitations.
- **Capture et stockage du carbone** : en poussant, les arbres et les plantes éliminent le dioxyde de carbone de l'atmosphère et l'emprisonnent dans leurs tissus.
- **Atténuation des phénomènes extrêmes** : les écosystèmes et les organismes vivants créent des effets-tampons contre les catastrophes naturelles telles que les inondations, les tempêtes et les glissements de terrain.
- **Traitement des eaux usées** : les micro-organismes présents dans le sol et les zones humides décomposent les déchets d'origine humaine et animale.
- **Prévention de l'érosion et maintien de la fertilité des sols** : l'érosion du sol est un facteur clé dans le processus de dégradation des terres et la désertification.
- **Pollinisation** : sur 115 cultures vivrières importantes dans le monde, 87 dépendent de la pollinisation animale, y compris d'importantes cultures d'exportation comme le cacao et le café.
- **Contrôle biologique** : les écosystèmes sont importants pour la régulation des parasites et des maladies vectorielles.

### **Les services de soutien ou d'habitat sous-tendent la quasi totalité des autres services :**

- **Habitats des espèces** : les habitats procurent tout ce qui est nécessaire à une plante ou un animal particulier pour survivre. Les espèces migratrices ont besoin d'habitats appropriés le long de leurs itinéraires de migration.
- **Maintien de la diversité génétique** : la diversité génétique consiste en la diversité des espèces et des races. Elle constitue la base pour l'évolution de variétés cultivées bien adaptées localement ainsi qu'un patrimoine génétique en vue du futur développement de cultures commerciales et d'animaux d'élevage.

### **Les services culturels incluent les avantages non matériels que les personnes retirent du contact avec les écosystèmes :**

- **Divertissement et bien-être mental et physique** : le rôle des paysages naturels et des espaces verts urbains pour le maintien du bien-être mental et physique est de plus en plus reconnu.
- **Tourisme** : le tourisme vert engendre des bénéfices économiques considérables et représente une source de revenus vitale pour de nombreux pays.
- **Appréciation esthétique et inspiration pour la culture, l'art et la création** : langage, savoir et appréciation de l'environnement naturel sont intimement liés depuis les débuts de l'histoire de l'humanité.
- **Expérience spirituelle et relation aux paysages** : la nature est un élément commun à la plupart des grandes religions. Les paysages naturels représentent également une identité locale et donnent un sentiment d'appartenance.

**Encadré 1.1: Définition et classification des services écosystémiques à partir de TEEB, 2010 (source: OZHM, 2012).**

\* Les synergies existent lorsque les services interagissent les uns avec les autres en démultipliant leurs effets respectifs indépendamment de l'aspect positif ou négatif de ces effets. Ainsi, les synergies peuvent être bénéfiques aux populations ou non (MEA (b), 2005).

\* Les *trade-offs*, au contraire, existent quand la production d'un service est réduite du fait de l'augmentation d'un autre. Les *trade-offs* apparaissent souvent comme inévitables et de nombreux scientifiques estiment déjà aujourd'hui que **certaines *trade-offs* seront des considérations critiques pour les décideurs politiques dans les 50 prochaines années** (MEA (b), 2005).

### **1.3. Objectif**

L'objectif principal de cette étude est de caractériser les services rendus par les écosystèmes présents sur le territoire camarguais. L'identification d'un indicateur du niveau de production est également recherchée ainsi que la localisation géographique des services. Leurs principales interrelations sont également étudiées. L'évaluation économique des services n'est pas envisagée dans ce travail.

## **2. Matériel et méthodes**

### **2.1. Méthodologie développée**

La méthodologie proposée pour cette étude s'articule autour de quatre étapes principales.

- (1) définir les limites de la zone d'étude,
- (2) identifier et caractériser les services rendus par les écosystèmes sur le territoire d'étude,
- (3) proposer un ou des indicateurs et une carte de localisation pour chaque service écosystémique concerné,
- (4) identifier les interrelations existantes entre les services.

#### **2.1.1. Choix de la zone d'étude**

Deux paramètres ont été pris en compte :

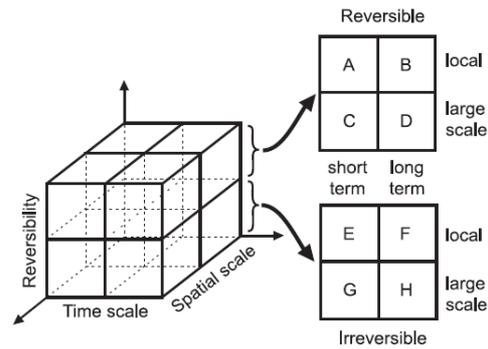
- (1) la cohérence entre l'échelle choisie pour l'analyse et celle des prises de décisions (politique, de gestion...),
- (2) la disponibilité des données, souvent en lien avec des découpages administratifs, techniques ou culturels (région, département, zone d'appellation, réserve naturelle, etc.).

Ceci nous a conduit à mener notre étude sur le territoire du Parc Naturel Régional de Camargue (PNRC).

#### **2.1.2. Identification et caractérisation des services**

L'identification et la caractérisation de chacun des services nécessitent la compréhension du fonctionnement des zones humides du territoire d'étude ainsi que l'analyse des activités économiques, récréatives et culturelles de cette même zone.

Tout d'abord, une revue de la littérature spécifique sur les zones humides et les services écosystémiques en général a été réalisée. Puis une revue approfondie de la littérature scientifique et de la littérature grise spécifique au PNRC a été faite. La compréhension du fonctionnement des zones humides de Camargue, des services rendus et des usages associés s'est également appuyée sur des entretiens avec des acteurs clés du site



**Figure 1.3 : Catégories de trade-offs ou synergies entre services écosystémiques, classées selon les échelles spatiale, temporelle et de réversibilité (source : MEA (b), 2005).**

*L'échelle spatiale ou « spatial scale » fait référence à la localisation locale ou lointaine des éventuels effets des synergies ou des trade-offs.*

*L'échelle temporelle ou « temporal scale » traduit la rapidité ou la lenteur de leur mise en place.*

*L'irréversibilité ou « irreversibility » exprime la possibilité que le service rendu par l'écosystème perturbé puisse revenir à son état initial ou non.*

(cf. liste en annexe 1). Ces entretiens ont permis une meilleure connaissance de la zone d'étude, la collecte d'informations complémentaires et l'identification des enjeux stratégiques locaux.

Une réunion d'experts scientifiques s'est également tenue au début de l'étude dans l'objectif principal d'établir les priorités entre les différents services en fonction de leur importance relative. Des pistes de recherche de données ont été ensuite discutées pour chaque service.

### 2.1.3. Proposition d'indicateurs et localisation géographique

Un indicateur est un résumé d'une information complexe qui permet à différents acteurs de prendre des décisions et d'en évaluer les conséquences (Barbault et Chevassus-au-Louis, 2005). C'est donc avant tout un **outil qui doit être facilement interprétable par ses utilisateurs**. Ses variations doivent refléter les variations de l'ensemble qu'il est censé représenter sans qu'il ne réduise ou ne déforme la complexité de la réalité.

A cela s'ajoutent des particularités propres aux services écosystémiques. En effet, l'indicateur doit pouvoir traduire deux notions importantes : **la quantité de service produite par l'écosystème** et **la durabilité de l'exploitation que l'homme en fait**. Pour cela, De Groot et al. (2010) propose d'utiliser deux types d'indicateurs pour suivre chaque service: un indicateur d'état décrivant et quantifiant les processus ou les composants de l'écosystème à l'origine du service et un indicateur de performance décrivant quelle quantité de service peut être utilisée de façon durable (i.e sans détérioration de la ou des fonctions écologiques qui sont à son origine).

Chaque service étudié a fait l'objet d'une proposition d'un « indicateur idéal » correspondant à ce qu'il faudrait mesurer pour prendre en compte ces deux dimensions puis d'un ou plusieurs « indicateur(s) possible(s) en fonction des données collectées » correspondant à la réalité des résultats des recherches.

### 2.1.4 Etude des interrelations entre services

L'identification et la classification des interrelations entre services permettent aux décideurs politiques de comprendre les effets à long terme de la préférence d'un service écosystémique par rapport à un autre et les conséquences de se focaliser seulement les bénéfices actuels d'un service plutôt que sur ceux du futur (MEA (b), 2005).

Toutefois, la seule existence d'une synergie ou d'un *trade-off* ne suffit pas. L'importance des conséquences est également à considérer. C'est pourquoi **une échelle combinant une graduation temporelle, une échelle spatiale et le degré de réversibilité des phénomènes** a été proposée par les experts du MEA pour décrire et classer ces interactions (figure 1.3).

Les synergies et les *trade-offs* ont aussi souvent des effets non prévus sur des services secondaires et pas seulement sur les services écosystémiques que les décideurs pensaient faire évoluer. Il s'agit d'une véritable **cascade de conséquences**.

Ces différents aspects des interrelations sont présentés dans notre étude à travers deux exemples détaillés qui concernent le service approvisionnement « riziculture » et le service culturel « tourisme ». Des tableaux synthétiques, présentant les conséquences de l'augmentation d'un service sur chacun des autres, ont également été réalisés pour chaque service identifié sur le PNRC.

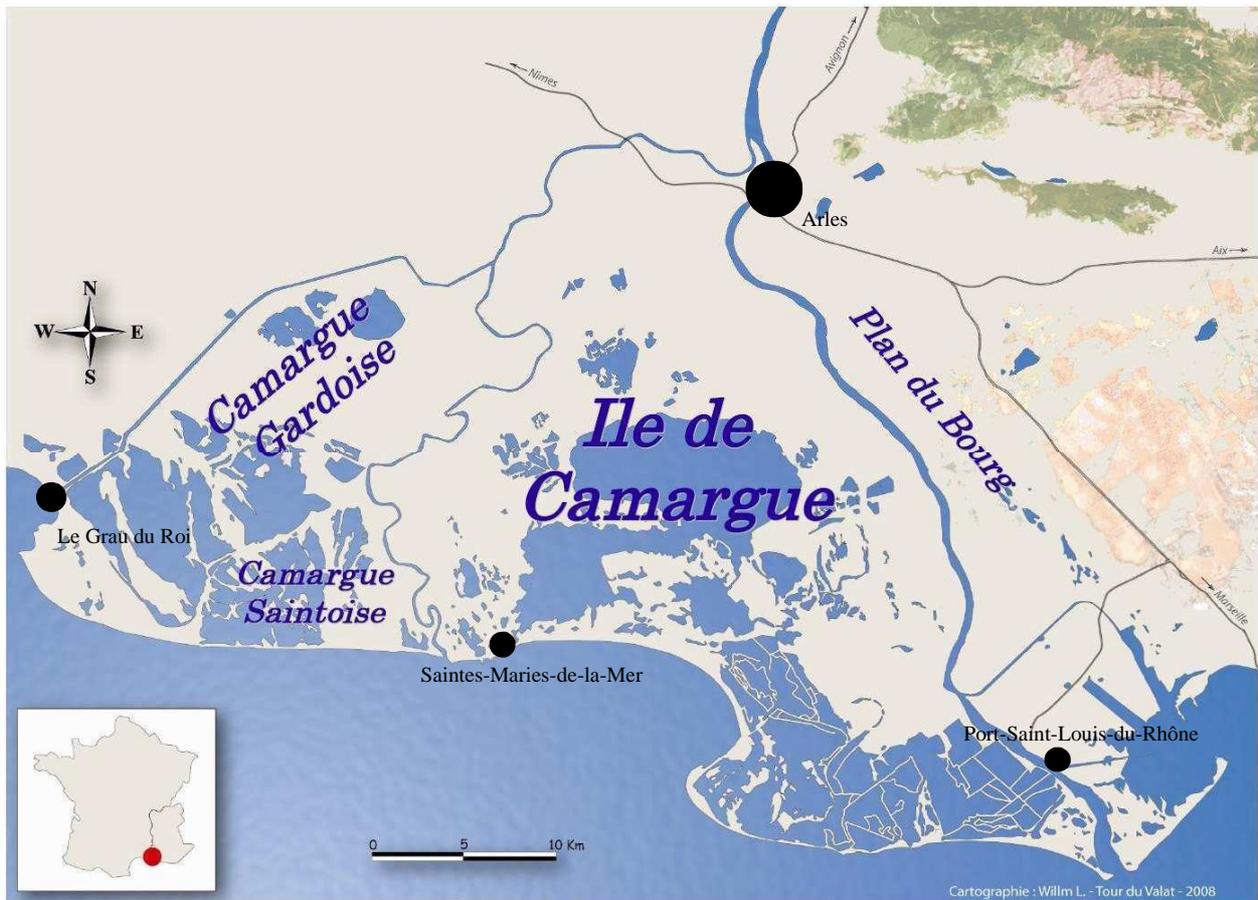


Figure 2.1: Présentation de la Camargue (source: Tour du Valat, 2008)



Figure 2.2: Présentation du territoire du Parc Naturel Régional de Camargue (PNRC) (Source: IGN, 2012)

## **2.2. Le site d'étude**

Dans ce chapitre, nous apporterons les éléments de description essentiels à la compréhension des processus écologiques qui se déroulent sur le territoire du PNRC.

### **2.2.1. Géographie du site**

La Camargue est un territoire constitué par le delta du Rhône au sens géomorphologique. C'est une vaste plaine de 145 000 ha constitués de milieux humides allant de doux à salés. Elle est le résultat du combat permanent entre les eaux du Rhône chargées d'alluvions et la mer Méditerranée. Elle se présente comme un triangle presque isocèle de 80 km de côté dont les sommets sont la ville d'Arles au nord, de Port-Saint-Louis-du Rhône à l'est et du Grau-du-Roi à l'ouest (figure 2.1 et 2.2).

La Camargue est constituée de trois blocs qui sont d'est en ouest :

- ▲ le Plan du Bourg, d'une superficie de 31 000 ha, compris entre la plaine de la Crau et le Grand Rhône
- ▲ La Grande Camargue ou île de Camargue comptant 78 000 ha à l'intérieur des deux bras du delta
- ▲ La Petite Camargue d'une superficie de 35 900 ha est située à l'ouest du petit Rhône jusqu'à la limite du Vidourle. On distingue parfois à l'intérieur de ce bloc, la Camargue gardoise (27 600 ha) dans le Gard et la petite Camargue saintoise (8 300 ha) dans les Bouches du Rhône.

Ce complexe deltaïque ne correspond à aucune entité administrative. Ainsi, à l'est du Petit Rhône, le delta fait partie du département des Bouches du Rhône et de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) tandis que la partie occidentale (Camargue gardoise) est rattachée au département du Gard et à la région Languedoc-Roussillon.

Le territoire d'étude, le PNRC, concerne la majeure partie du delta située dans les Bouches du Rhône, soit la Petite Camargue Saintoise, la Grande Camargue et le Plan du Bourg. C'est une zone d'une superficie de 101 245 ha. Deux communes sont particulièrement concernées : Arles (la commune la plus étendue de France) et les Saintes-Maires-de-la-Mer. Les communes de Fos-sur-Mer et Port-Saint-Louis sont touchées mais de façon marginale.

### **2.2.2. Caractéristiques physiques**

#### ***Géomorphologie***

Le Rhône a bâti son delta actuel en apportant des sédiments et en remblayant progressivement la mer pendant des milliers d'années. Pendant longtemps, la Camargue était caractérisée par des engraisements considérables : au Moyen-Age, le trait de côte était nettement plus au nord qu'aujourd'hui et l'étang du Vaccarès faisait encore partie de la Méditerranée. Les bras du Rhône se modifiaient souvent au fil du temps et des grandes crues (PNRC, 2009) (figure 2.3).

Aujourd'hui, la Camargue se présente comme une **vaste plaine subhorizontale** avec une pente moyenne d'Arles à la mer de 0,017%. Elle compte de nombreux micro-reliefs entraînant une grande diversité de conditions de milieux. Les anciens bourrelets alluviaux se comportent comme de véritables digues souterraines, surtout dans la moitié nord du delta et définissent six sous-bassins versants (Mathevet, 2000) (figure 2.4).

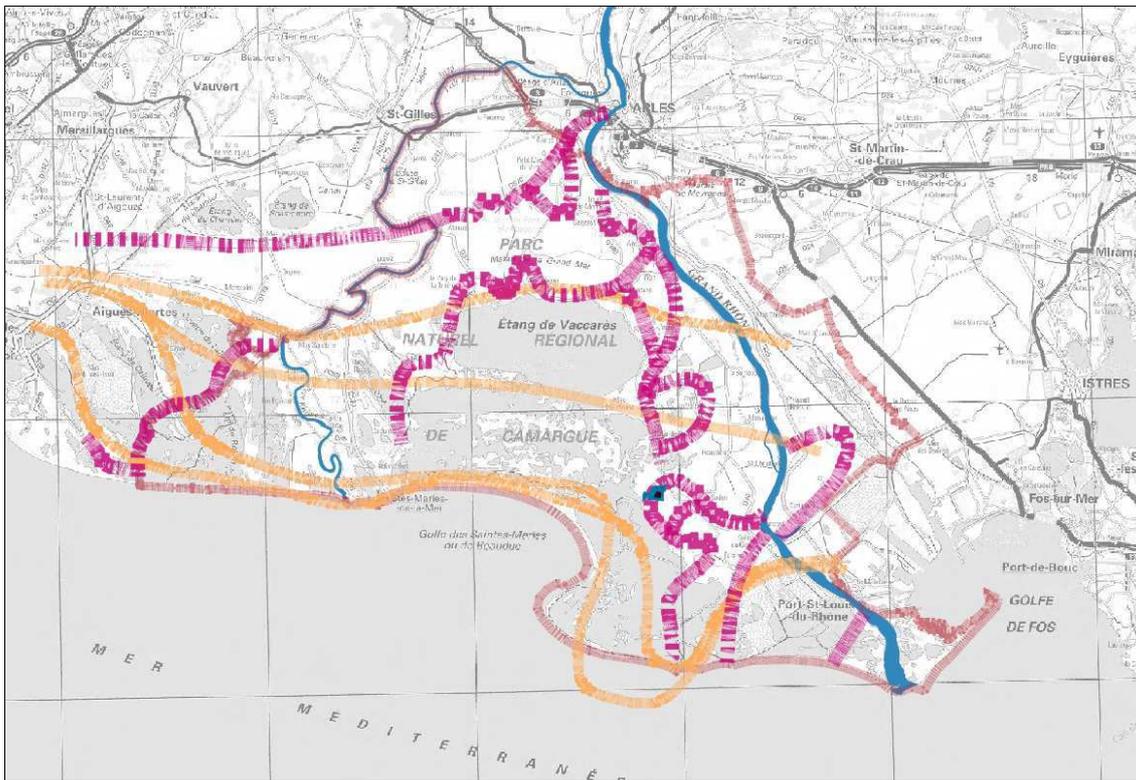


Figure 2.3: Carte des anciens bras du Rhône (en fushia) et des anciens traits de côte (orange) sur le territoire du PNRC (en rouge)(source: site PNRC 2012).

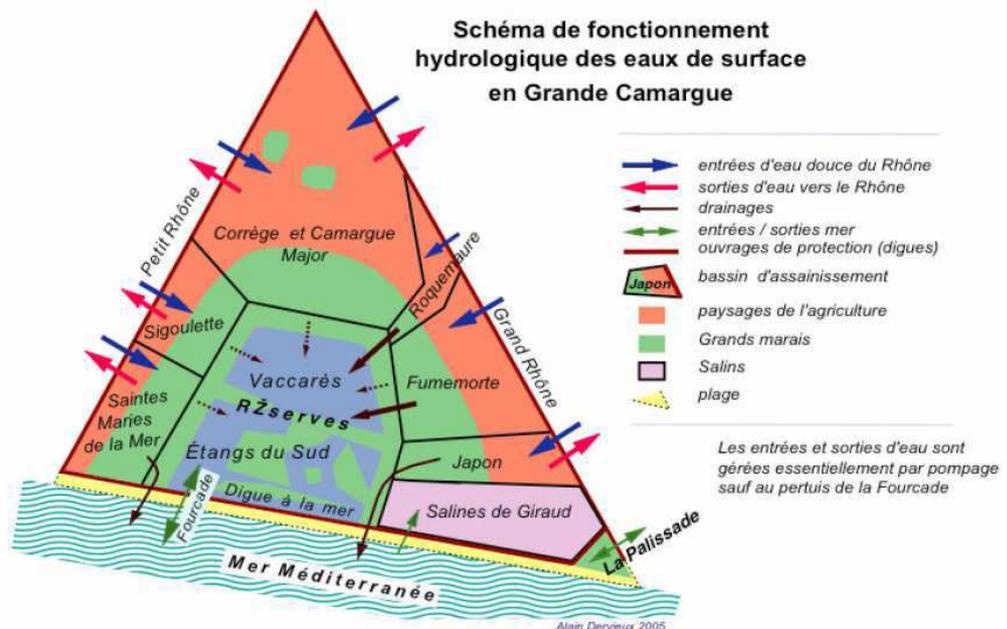


Figure 2.4: Modèle général de fonctionnement hydrologique des eaux de surface en Grande Camargue en fonction des six sous-bassins versants; les flèches montrent l'orientation des flux. Seuls les bassins hydrologiques du Fumemorte et de Roquemaure ne sont pas poldérisés (source: Dervieux, 2005).

L'eau a diverses origines : fluviale ou maritime, douce ou salée, par affleurement ou non de la nappe. Elle entraîne des variations brutales de conditions de milieu qui participent à la grande diversité des habitats écologiques. Le sel suit, grosso modo, un gradient positif du nord au sud.

### ***Le climat***

**Le climat est de type méditerranéen**, avec un été long, chaud et sec, des hivers doux, un ensoleillement important et des précipitations concentrées en automne et au printemps (Mathevet, 2000). Les précipitations sont assez faibles avec une moyenne de 600 mm/an avec des écarts importants : ainsi, 50 à 60% des précipitations annuelles ont lieu de septembre à décembre (épisodes cévenols) et 25 à 30% de janvier à avril. Le reste de l'année est donc très sec (PNRC, 2009).

**Les vents soufflent plus de 300 jours par an**, accentuant ainsi le déficit hydrique (700 mm en moyenne) en favorisant l'évaporation qui atteint une moyenne annuelle de 1 300 mm. Le mistral (vent de secteur nord-nord ouest ou ouest-nord ouest) est prédominant, il souffle souvent à plus de 50 km/h balayant les nuages et diminuant les températures. Il a également une influence considérable sur l'écoulement des plans d'eaux : par exemple, il peut occasionner des différences de niveaux de la masse d'eau, sur le Vaccarès, de plus d'un mètre entre le nord et le sud (Chérain Y, *com. pers.*).

Les vents marins apportent au contraire nébulosité et hygrométrie (épisodes d'entrées maritimes).

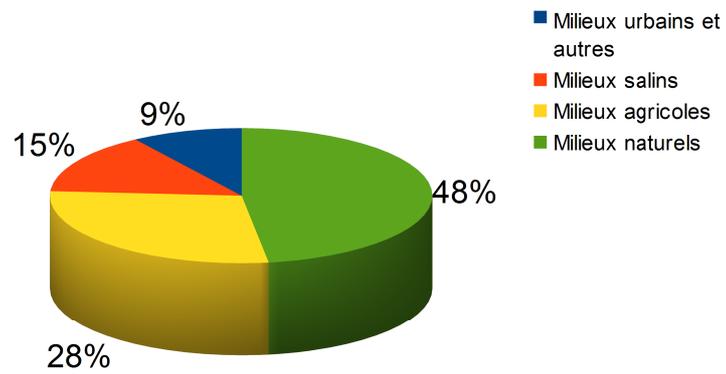
Les températures moyennes sont douces : 6,3°C au minimum en janvier et au maximum de 22,8°C en juillet. Cela n'exclut pas l'existence de vagues de froid intense comme nous l'avons connu cet hiver avec une dizaine de jours au cours desquels les températures peuvent être négatives et occasionner le gel des plans d'eau.

### ***Hydrologie – gestion de l'eau***

Bien que la Camargue soit généralement perçue comme un espace « naturel » et « sauvage » (Picon, 1988), les facteurs qui contrôlent l'évolution du delta sont aujourd'hui largement anthropiques. Le développement des activités humaines n'a été rendu possible que par la réalisation au fil des siècles de nombreux aménagements hydrauliques. Des digues ont été élevées pour se protéger des crues et des tempêtes marines. Des canaux ont été creusés, d'abord pour assainir les zones palustres, puis pour apporter, depuis le fleuve, l'eau douce nécessaire à l'agriculture.

Avant l'endiguement total du Rhône, principalement réalisé entre 1850 et 1870, les inondations fluviales fournissaient les apports d'eau douce essentiels aux écosystèmes. Ils sont maintenant assurés par le réseau d'irrigation et de drainage. On compte aujourd'hui plus de 300 km de canaux primaires (Boulot, 1991), près du double si on y ajoute les canaux secondaires. Le système hydraulique actuel a été mis en place en 1975 à la suite du développement de la riziculture, culture inondée, et a relativement peu évolué depuis (figure 2.4) (Dervieux, 2005).

Ainsi, de nos jours, ce sont **300 à 400 millions de m<sup>3</sup> d'eau douce** qui sont introduits pour les besoins de l'irrigation à partir du fleuve dans l'île de Camargue, principalement d'avril à septembre. Les eaux de drainage sont soit renvoyées au Rhône par pompage, soit elles s'écoulent vers le système Vaccarès (environ 60 millions de m<sup>3</sup>) (figure 2.4) (RNC, 2012) .



**Figure 2.5: Proportions des différents milieux sur le territoire du PNRC (source: occupation du sol 2006, PNRC).**

Cette arrivée d'eau douce à une période de l'année où la plupart des milieux s'asséchaient auparavant contribue à une homogénéisation des milieux camarguais.

### **2.2.3. Les principaux écosystèmes présents sur la zone d'étude**

La Camargue abrite plusieurs types d'écosystèmes qui interagissent et constituent la diversité des paysages. Cette grande diversité d'écosystèmes permet à de nombreuses espèces de coexister.

Il est difficile d'établir une classification satisfaisante des écosystèmes camarguais du fait de leurs contours imprécis et fluctuants en lien principalement avec la circulation d'eau (Blondel, 1975; Mathevet, 2000).

Les milieux naturels ou semi-naturels sont les plus vastes avec 48 336 ha soit 48% de la superficie du PNR Camargue (figures 2.5 et 2.6). Ils peuvent être distingués selon la fréquence de leur inondation.

*Remarques: chacun des écosystèmes est décrit en détail en annexe 2.*

*L'ensemble des chiffres concernant les surfaces est basé sur les données de l'occupation du sol 2006 établie par le PNR Camargue*

#### **Les écosystèmes terrestres: pinèdes, ripisylves et pelouses**

Les formations forestières (ripisylve, pinèdes, bois de genévriers) occupent 4 101 ha et sont très morcelées (photo 2.2 et figure 2.6). Les pelouses et les prairies complètent ces milieux terrestres. Ils occupent ainsi **14% des milieux naturels soit environ 6 700 ha.**

#### **Les écosystèmes temporairement en eau: des steppes salées aux mares temporaires**

Les sansouires sont de vastes étendues en milieu salé et sont composées de formations végétales ligneuses basses dominées par les salicornes (*Arthrocnemum spp.*) (Mathevet, 2000). Ces zones sont immergées en hiver et lors de fortes pluies. Elles constituent l'un des paysages les plus typiques de la Camargue (photo 2.3). **Ces milieux temporairement en eau s'étendent sur 10 000 ha soit 21% des milieux naturels** et 10% de la surface totale du PNRC.

#### **Les écosystèmes en eau de façon permanente ou semi permanente : étangs et marais**

##### ***Les marais permanents et leur périphérie***

Ils occupent les zones dépressionnaires des bassins naturels disposés autour du Vaccarès et sont souvent inondés plus de six mois par an. Ces milieux occupent **29% des surfaces naturelles** du territoire du PNRC avec 14 036 ha.

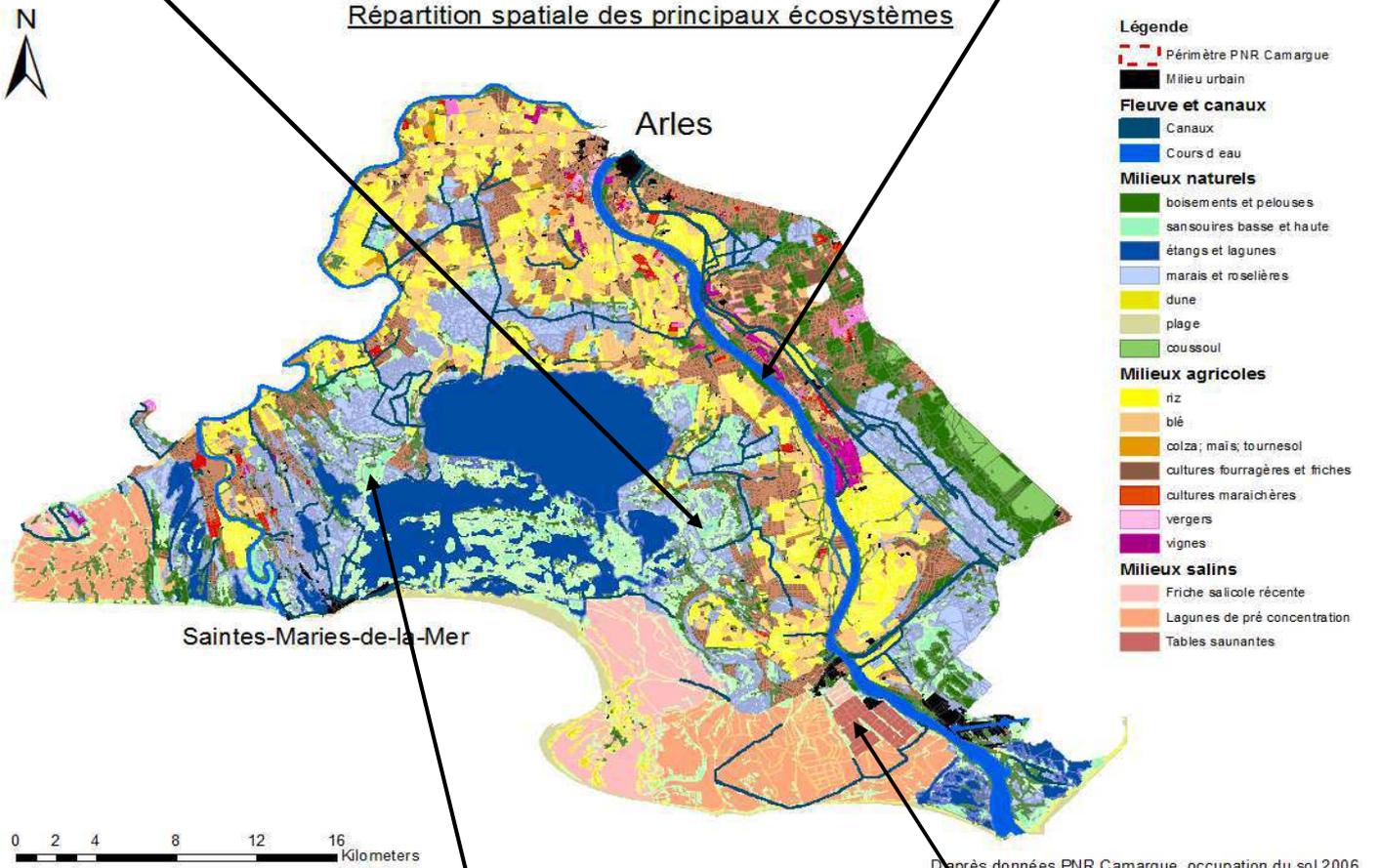
##### ***Les milieux lagunaires et les étangs***

Ils sont représentés par l'étang du Vaccarès et les étangs et lagunes qui bordent le littoral.

Ces milieux sont les plus étendus du territoire étudié après les salins avec 14 540 ha, soit **30% des milieux naturels** (d'après occupation du sol 2006, PNRC). Plus de 70% de la surface en eau libre (étangs et lagunes) se trouve en espaces protégés.

##### ***Les dunes marines et montilles***

Le cordon dunaire est plus ou moins développé en arrière des plages et il est surtout présent vers la plage de Beauduc. La surface occupée par les dunes avoisine les 615 ha.



**Figure 2.6:** carte des écosystèmes du PNR C (source: occupation du sol 2006, PNR C)



La diversité des milieux naturels du territoire du PNRC est telle que cette région offre à toute saison des habitats favorables aux populations les plus variées qui, suivant l'époque de l'année, recherchent soit un milieu favorable pour hiverner, soit de quoi séjourner quelques temps pour muer et se restaurer avant de poursuivre leur migration, soit enfin pour nicher.

### ***Les milieux naturels fortement anthropisés : les principaux agrosystèmes et les salins***

Les espaces agricoles et les milieux saliniers occupent une superficie considérable avec 43 437 ha en 2006 soit **43% de la superficie du PNRC** (d'après occupation du sol 2006, PNRC).

### ***Les grandes cultures et les rizières...zones humides occasionnelles ?***

La culture la plus répandue sur le delta est celle du riz (photo 2.2) avec **11 175 ha en 2006 soit 39% des surfaces agricoles** du PNRC. Le plus souvent, cette culture est en rotation avec du blé dur (6 565 ha en 2006). Ces deux cultures à elles seules occupent 62% des surfaces dédiées à l'agriculture du PNRC et 18% de sa superficie totale (figures 2.5 et 2.6). Les autres grandes cultures (colza, maïs, tournesol) sont beaucoup plus anecdotiques et occupent au total seulement 402 ha (en 2006).

### ***Les autres surfaces cultivées : vigne, maraîchage et vergers***

Les vignes subsistent en Camargue avec 633 ha dont 446 sur le Plan du Bourg malgré les arrachages massifs des années 1960. Les cultures maraîchères sont essentiellement développées au nord du delta près d'Arles et occupent environ 435 ha. Les vergers ne concernent que 245 ha.

### ***Les surfaces consacrées à l'activité d'élevage***

Les surfaces naturelles en marais, pelouses et sansouires et les friches agricoles servent de support aux activités d'élevage de taureaux et de chevaux, réalisées de manière très extensive sur la zone d'étude (cf. § 3.1.1.2 agriculture).

### ***Les surfaces consacrées aux activités salinières***

**Les milieux saliniers sont**, par leur étendue, **les plus vastes du territoire du PNRC avec 14 763 ha**. On distingue les bassins de concentration et les tables saunantes dans lesquelles se produisent la cristallisation puis la récolte du sel. Les bassins ont une profondeur faible (de 30 à 50 cm) et sont aménagés sur d'anciennes lagunes. L'eau de mer y est pompée de mars à septembre puis elle y circule en se concentrant en sel pour arriver jusqu'aux tables saunantes (cf. § 3.1.1.3 production de sel pour le fonctionnement détaillé).

## **2.2.4. De nombreux espaces protégés**

La grande diversité des écosystèmes est en lien avec une biodiversité remarquable (PNRC, 2009). La zone d'étude bénéficie de nombreuses protections (figure 2.7):

- la **protection réglementaire forte** représentée par les Réserves Naturelles. Elles constituent un ensemble couvrant environ 16 000 ha avec deux statuts différents. Le premier est celui de **Réserve Naturelle Nationale (RNN)**. Il concerne deux entités: la RNN de Camargue et celle des Marais du Vigueirat. La première couvre 13 117 ha et est située au coeur du delta. Créée en 1927, elle englobe l'un des plus grands étangs de Camargue, le Vaccarès qui s'étend sur environ 6 000 ha. La seconde a été classée en 2011 et occupe 918 ha sur le Plan du Bourg.

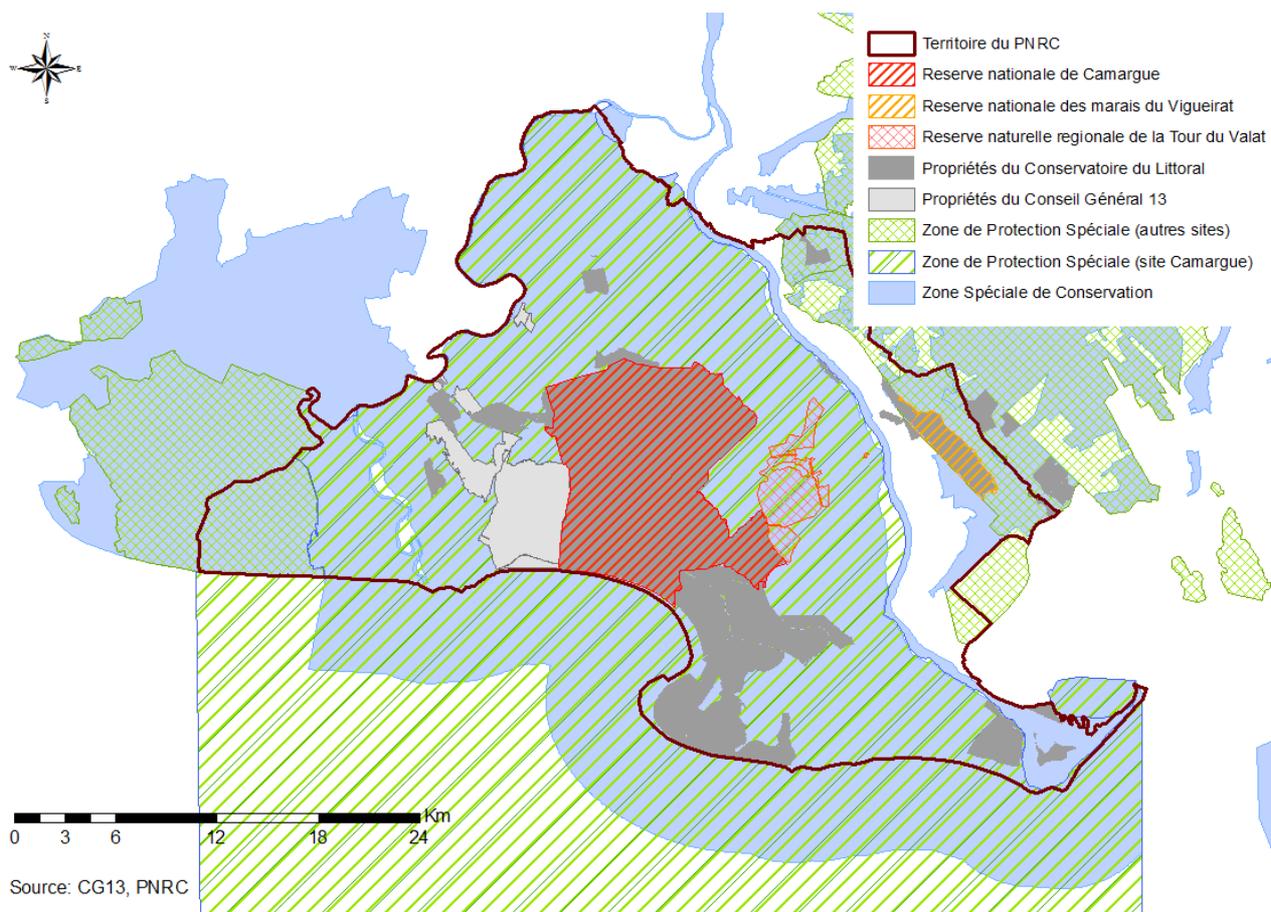


Figure 2.7: Carte des territoires protégés dans le PNRC en 2011 (source: site PNRC 2012 et site Conseil Général 13, 2012).

Le second statut est celui de la **Réserve Naturelle Volontaire** de la Station Biologique de la Tour du Valat. Elle couvre 1 844 ha et est née de la volonté de son propriétaire de mettre sous protection intégrale une partie de son territoire abritant des espèces d'intérêt patrimonial.

- La **protection par l'acquisition foncière** est également bien présente sur le territoire avec 3 605 ha en propriété du département des Bouches-du-Rhône et 2 889 ha au Conservatoire du Littoral. La gestion de ces propriétés est confiée aux communes ou à des organismes reconnus compétents en matière de gestion d'espaces naturels.
- La **protection par engagements** et reconnaissance de l'importance du site: la Camargue est un **site RAMSAR**, c'est une zone humide d'importance internationale pour laquelle l'Etat français a signé la convention internationale du même nom le 1er octobre 1986. Cette signature engage l'Etat à maintenir les caractéristiques écologiques de la zone humide et à planifier « l'utilisation rationnelle » ou durable des zones humides du site.

La Camargue bénéficie également d'une reconnaissance par l'UNESCO comme **Réserve de Biosphère** au sein du programme Man And Biosphere (MAB) comme 10 autres sites en France. Au niveau européen, la zone d'étude fait partie des sites d'intérêts communautaires (SIC) rassemblant les Zones Spéciales de Conservation, directive Habitats (ZSC) et les Zones de Protection Spéciales, directive Oiseaux (ZPS) au sein du réseau **Natura 2000**.

Le **Parc Naturel Régional** de Camargue avec sa mission de mise en oeuvre d'une politique de gestion concertée entre l'ensemble des activités humaines dans un souci de protection du patrimoine naturel, économique et social, contribue également à la protection du territoire.

La zone d'étude bénéficie donc d'un panel important de statuts de protection qui traduisent bien l'intérêt exceptionnel de ce territoire.

## **2.2.5. Quelques éléments du contexte socio-économique**

### *Aspects socio-démographiques*

La zone d'étude se présente comme un espace peu peuplé, caractérisé par l'existence de quelques villages et hameaux dispersés (EDATER, 2006). Sa population évolue peu et comptait, au recensement de 1999, 7 403 personnes dans le delta (hors Trinquetaille, un quartier excentré de la ville d'Arles, qui représente environ 3 000 personnes) (PNRC, 2009).

Le milieu urbain se répartit essentiellement entre Salin-de-Giraud (2 100 hab.) et les Saintes-Maries-de-la-Mer (2 500 hab.) auxquels s'ajoutent les principaux hameaux du delta (Le Sambuc, Albaron, etc.). L'urbanisation diffuse des mas est faible, leur nombre étant estimé à environ 300. La densité moyenne est de 10 habitants/km<sup>2</sup> soit 10 fois moins que la moyenne nationale (EDATER, 2006). La densité humaine varie beaucoup en fonction des saisons du fait du tourisme. La fréquentation peut atteindre 100 000 personnes par jour dans le delta en plein été.

En Camargue, les propriétés privées occupent de grandes superficies (500 ha et plus ne sont pas rares) et ceci contribue à l'image de grands espaces préservés de l'urbanisation bien que ceinturés par des zones à forte densité de population (Montpellier, Nîmes, Arles, Aix-en-Provence, Marseille) (Dervieux, 2005).

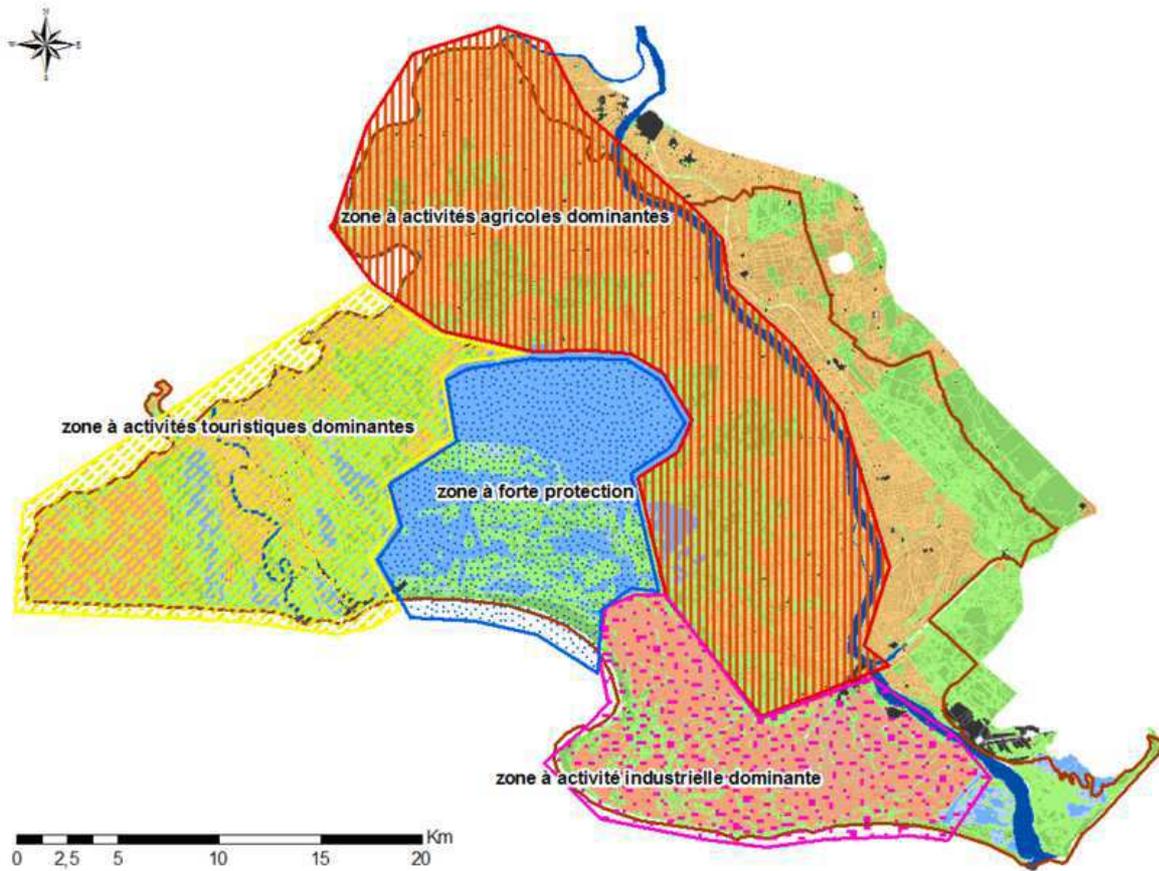


Figure 2.8: Carte des zones d'activités économiques dominantes dans le PNRC (adaptée de Etude Touristique TEC PNRC)

### ***Culture et histoire***

La Camargue s'est construite lentement à travers les âges dans une interrelation constante entre l'homme et la nature (Picon, 1988). La mise en place de la structure foncière agricole actuelle a débuté au 17<sup>ème</sup> siècle lorsque la commune d'Arles vend son vaste domaine foncier. Jusqu'au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle, le groupe social dominant devient alors les propriétaires terriens qui exploitent de très vastes surfaces en lien avec la difficulté de leur mise en valeur et la faible productivité du terroir. Cultures céréalières et élevage de moutons dominant, la priorité est donnée à l'eau douce sur l'eau salée et les terres alluviales du nord sont exploitées alors que les terres salées du sud sont laissées à l'abandon (PNRC, 2009).

Mais cette tendance est bouleversée par l'arrivée de Péchiney puis de Solvay qui développent l'exploitation du sel pour l'industrie chimique. Le hameau de Salin-de-Giraud se développe alors avec toutes les caractéristiques des cités industrielles du nord de l'Europe. Cette activité entre en opposition avec l'agriculture surtout entre 1880 et 1930 à cause de la viticulture irriguée née de la crise du phylloxera qui « reverse » des quantités considérables d'eau douce dans le delta et dans l'étang du Vaccarès alors propriété des Salins (Picon, 1988).

Cette situation va engendrer des conflits sociaux importants et un équilibre écologique très particulier dans les étangs centraux du delta qui va intéresser les naturalistes. En 1927, naît la Réserve Naturelle de Camargue destinée à protéger ces milieux « naturels ».

L'installation de la culture gardianne et des élevages de taureaux et de chevaux date de la même époque (début du 20<sup>ème</sup> siècle) et s'est développée avec le mythe de la Camargue « sauvage et poétique » porté par des artistes comme le marquis de Baroncelli (cf § 3.1.4.4 services culturels).

### ***Les activités économiques***

Le tourisme et l'agriculture sont les principales activités économiques du territoire (figure 2.8) (Calvet et al., 2011).

Environ un million de touristes visitent la Camargue (au sens large) chaque année (EDATER, 2006). Ceci engendre une activité importante dont l'accueil (hôtellerie de plein air ou non), la restauration et les activités de loisirs (promenades à cheval, en bateau, etc.). L'emploi lié au tourisme représente une part considérable de l'emploi total. La commune des Saintes-Maries-de-la-Mer bénéficie d'un secteur de l'hôtellerie-restauration dynamique ainsi qu'une bonne présence d'activités commerciales contrairement au reste du delta.

L'agriculture occupe environ le tiers des surfaces (cf. § 3.1.1.2). Elle est concentrée pour l'essentiel sur les bourrelets alluviaux plus nombreux et plus étendus dans la moitié nord du delta qui sont cultivés principalement en riz et autres céréales. Au sud, les nombreux terrains bas et halomorphes sont associés à l'élevage des taureaux et des chevaux. Autrefois terre d'élevage de moutons, la Camargue abrite aujourd'hui essentiellement un élevage bovin en lien avec les jeux taurins. Une Appellation d'Origine Protégée (AOP) a été obtenue en 1996 pour la viande de taureaux, jusqu'alors peu valorisée. L'élevage équin a également connu une embellie depuis la reconnaissance officielle de la race Camargue en 1978.

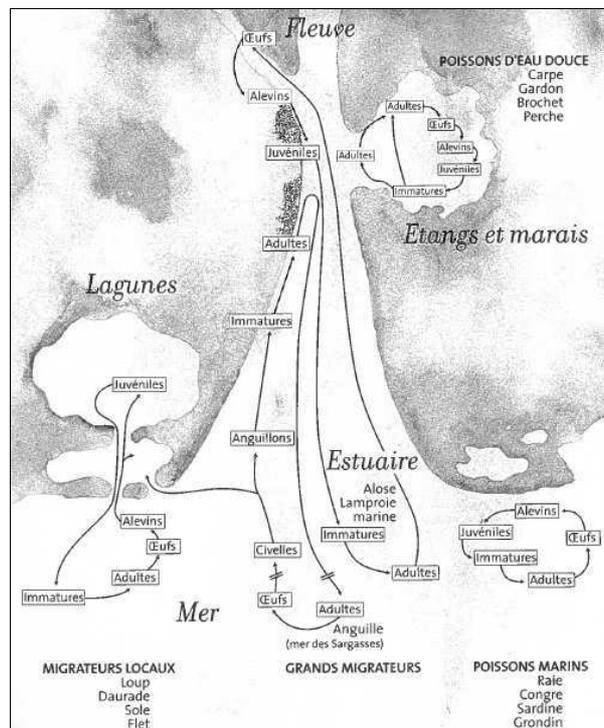


Figure 3.1: Exemples d'utilisation des différents milieux aquatiques de Camargue par les poissons (source: Barthélémy et Roché, 2002).

L'activité industrielle est peu représentée sur la zone d'étude. Elle est beaucoup plus développée sur les territoires environnants celui du PNRC comme par exemple les zones industrialo-portuaires qui s'étendent sur plus de 7 000 ha entre Fos-sur-Mer et Port-Saint-Louis à l'est du delta.

### 3. Résultats

#### 3.1. Les services rendus par les écosystèmes en Camargue

Remarque : les références bibliographiques concernant les services sont recensées en annexe 8

##### 3.1.1. Services d'approvisionnement

###### 3.1.1.1 Production d'aliments: la pêche professionnelle

Les zones humides présentent un très fort intérêt pour la pêche professionnelle et l'aquaculture. En effet, de nombreuses espèces de poissons dépendent des différents types de milieux existants pour la réalisation de certaines étapes clés de leur cycle biologique (Ecosphere, 2006). Les lagunes méditerranéennes ont un rôle particulier car ce sont des interfaces entre eau douce et eau salée. Elles servent de nurseries pour de nombreuses espèces comme le loup (*Discentrarchus labrax*) ou la daurade royale (*Sparus aurata*) par exemple (Barthélémy et Roché, 2002). La pêche est basée sur l'exploitation des populations naturelles (poissons, coquillages, etc.) sans intervention sur les conditions de productivité contrairement à l'aquaculture. Il y a en Camargue une **grande diversité de milieux aquatiques** : fleuves, étangs, marais, canaux, lagunes et mer. Les degrés de salinité très variables ainsi que la forte productivité entraînent une grande diversité des peuplements de poissons rencontrés sur le territoire (plus de 40 espèces) (Mathevet, 2004).

Malgré son fort degré d'artificialisation, le delta continue de jouer un rôle de nurseries grâce notamment à l'abondance de ses ressources trophiques (figure 3.1) (Barthélémy et Roché, 2002 ; Mathevet, 2004).

Il y a différents types de pêche sur le territoire d'étude : la pêche en rivière (le Rhône), en mer, en étangs et la pêche à la telline sur les plages (figure 3.2).

- la pêche dans le Rhône : suite aux problèmes de pollution par les PCB<sup>1</sup> et à l'interdiction de consommer les poissons pêchés dans le fleuve (arrêté préfectoral du 07/08/2007), la dizaine de pêcheurs du Rhône a cessé son activité ou l'a reporté sur les étangs (Abdallah Y, *com. pers.*).

- la pêche en mer : elle est pratiquée par des chalutiers dont une trentaine fréquenterait la zone régulièrement (PNRC, 2009). On estime à 60 tonnes par an la quantité de poissons débarquée au port des Saintes-Maries-de-la-Mer. Toutefois, de nombreux pêcheurs viennent des territoires environnants (Gard, Hérault) et la quantité prélevée sur le secteur est donc très mal connue (Edater, 2006). Ce type de pêche repose sur l'exploitation d'une douzaine d'espèces dont quatre sont prédominantes : mullet (*Liza sp.*), loup (*Dicentrarchus labrax*), sole (*Solea vulgaris*) et turbot (*Psetta maxima*). En poids, les mullets représentent plus de 50% des pêches livrées aux Saintes-Maries-de-la-Mer (50 tonnes en 1993 contre 44 tonnes pour les autres espèces). En valeur commerciale, le loup et la sole constituent plus de 50% de la valeur marchande des pêches déclarées. Les pêcheurs commercialisent leurs prises via des mareyeurs pour l'essentiel. Quelques poissons nobles sont néanmoins vendus directement auprès des consommateurs ou restaurateurs locaux

<sup>1</sup> Polychlorobiphényles, polluants organiques persistants classés par l'ONU parmi la douzaine de substances chimiques les plus dangereuses pour l'homme

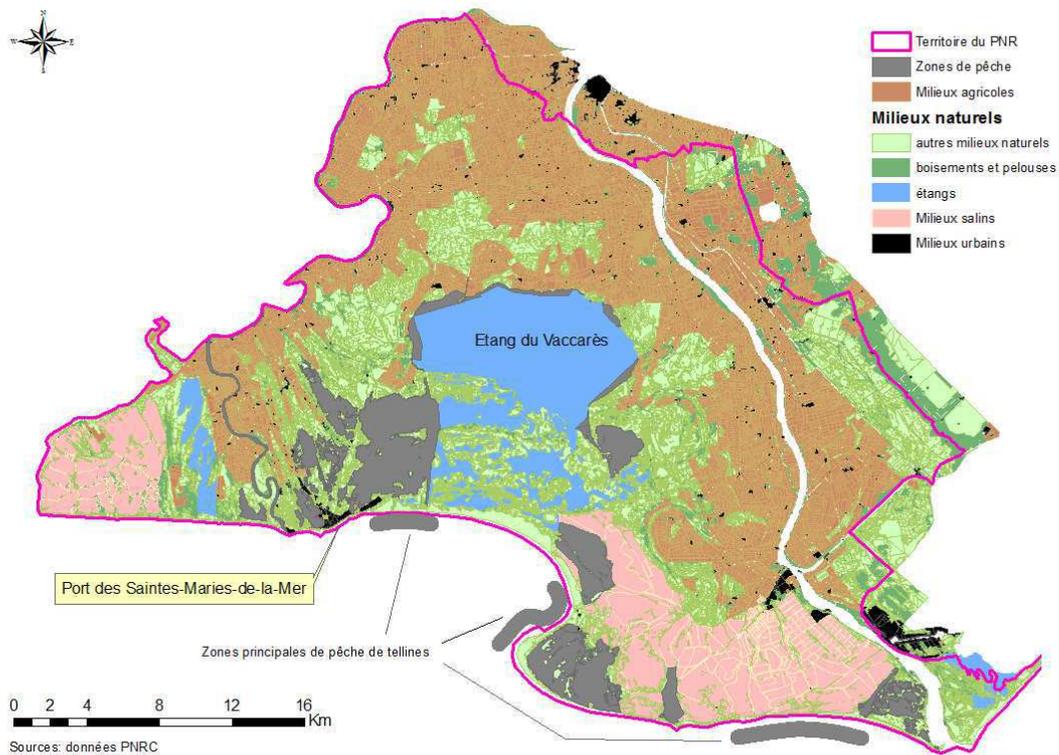


Figure 3.2: Carte des principales zones de pêche professionnelle dans le PNRC (source: site PNRC 2012).

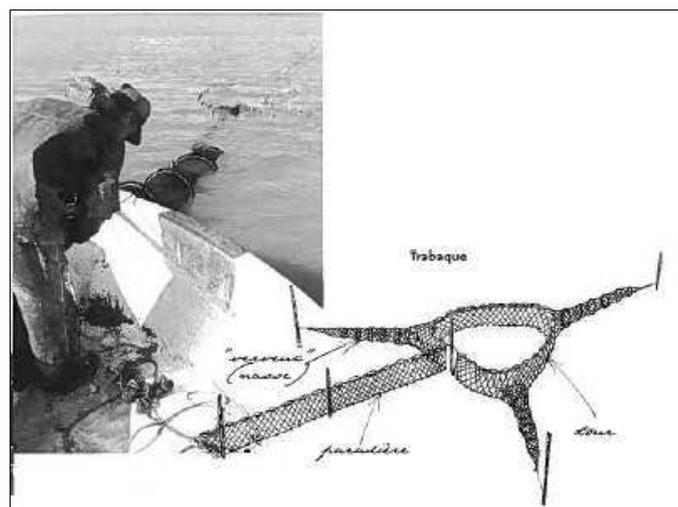


Figure 3.3: Filet « trabaque » (source : Barthélémy et Roché, 2002).

(Barthélémy et Roché, 2002).

- la pêche en étangs ou en lagunes : on y dénombre 20 à 30 pêcheurs (PNRC, 2009). Certains pratiquent la pêche au capétchade ou trabaque (filet « barrage » vertical disposé en fond d'étang et orientant les poissons vers trois ou quatre nasses disposées en étoile, cf. figure 3.3). C'est l'une des méthodes de pêche les plus typiques de Camargue. Les anguilles (*Anguilla anguilla*) et les athérines (*Atherina boyeri*) sont les principales espèces capturées, accompagnées de soles et de daurades. Les produits de la pêche suivent différents circuits de commercialisation: l'anguille est collectée par des mareyeurs en vue de son exportation vers les pays de l'Europe du Nord alors que les autres poissons sont livrés chez des grossistes ou vendus directement par le pêcheur (Barthélémy et Roché, 2002 ; Abdallah et al., 2009).

- la pêche à la telline : Cette pêche à pied est pratiquée sur les plages de Camargue depuis les années 60. Elle consiste à récolter dans le sable un coquillage bivalve très apprécié pour sa saveur, la telline (*Donax truncullus*). La vente est réalisée auprès des restaurateurs, sur les marchés locaux ou auprès de mareyeurs qui exportent vers l'Espagne ou l'Italie. On dénombre 90 telliniers en 2006 exerçant essentiellement sur Beauduc et Piémanson. Le prélèvement annuel a été estimé à 635 tonnes. En 2006, plus de 60% des telliniers professionnels interrogés s'accordaient à dire que la ressource avait diminué depuis quelques années sans que des mesures de gestion n'aient été mises en place (Glessier, 2006).

### **3.1.1.2 Production d'aliments: l'agriculture**

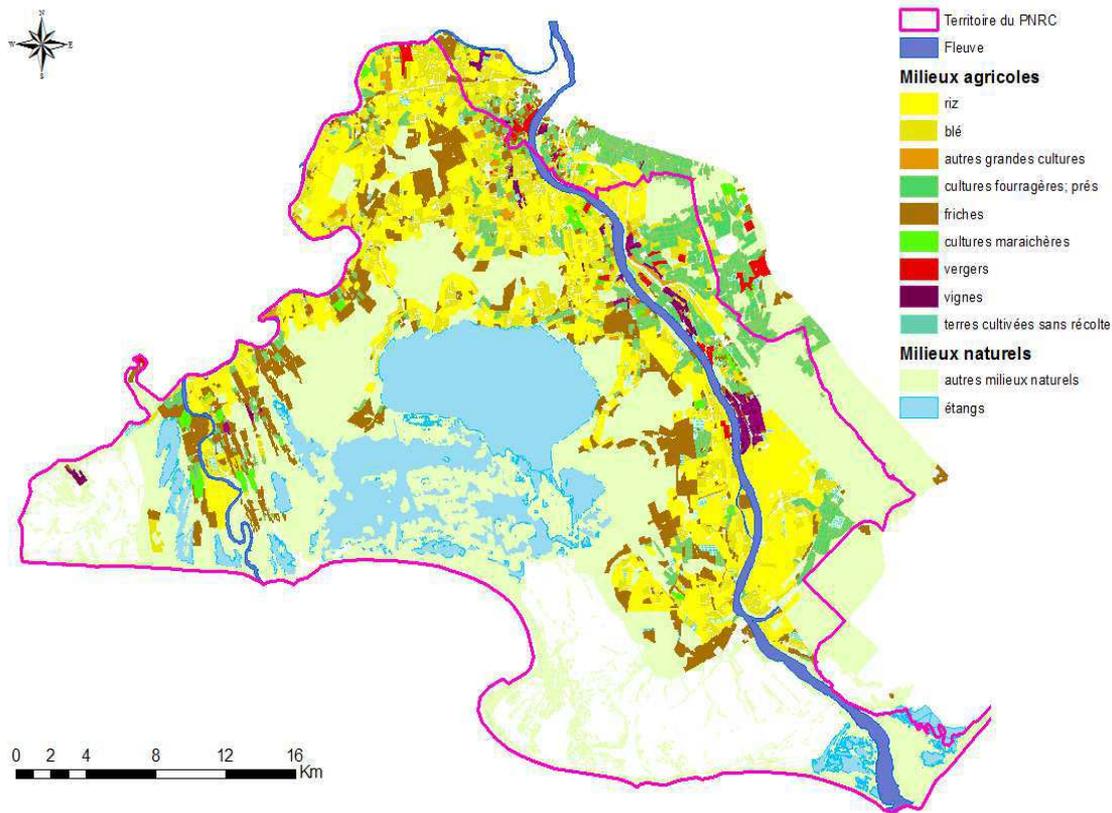
Les zones humides sont parmi les écosystèmes les plus productifs de la planète (MEA, 2005). Cette caractéristique a été utilisée par l'homme depuis des milliers d'années pour la culture de plantes et pour l'élevage d'animaux. L'agriculture, qui consiste à « exploiter » cette propriété naturelle des écosystèmes pour produire des ressources nutritionnelles en plus grande quantité que celles possibles dans les conditions naturelles, tient souvent une place importante dans ce type de milieu (De Groot et al., 2002).

Sur la zone d'étude, l'agriculture est l'activité humaine la plus importante en terme d'occupation du sol avec presque **un tiers des surfaces du PNRC** qui y sont consacrées (PNRC, 2006). Elle est également une activité économique importante avec une **marge brute globale<sup>2</sup> estimée à 26 220 000 € en 2008** (Calvet et al., 2011). Elle se partage entre des grandes cultures (riz, blé, maïs...) et un élevage extensif exploitant principalement les milieux naturels (sansouires et marais) (Edater, 2006). En 2000, on comptait 370 exploitations avec des surfaces importantes, la moyenne de Surface Agricole Utile avoisinant les 150 ha (Edater, 2006). Les systèmes de cultures représentés sur le PNRC sont : les céréaliers (52%), la monoculture de riz (21%), la polyculture avec fourrage (19%) et la polyculture sans fourrage (8%) (Calvet et al., 2011).

Au cours des siècles, l'anthropisation a eu pour objet d'exploiter les atouts de cette région (terrains plats et sols profonds, eau douce à volonté) et de minimiser les contraintes (nappe phréatique salée à faible profondeur, crues du fleuve, hydromorphie et déficit hydrique). Dans ce contexte, la riziculture, qui permet de valoriser l'eau nécessaire au dessalement du sol, joue un rôle de pivot dans le système de cultures camarguais (Mouret, 2004).

---

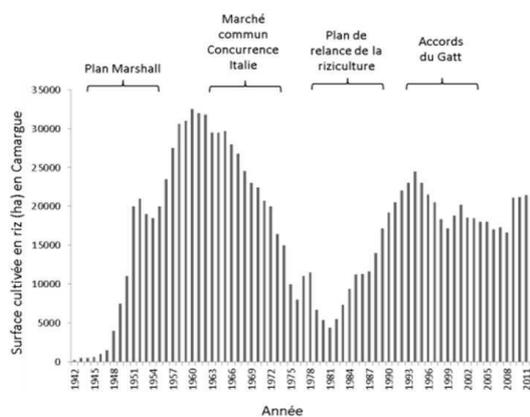
<sup>2</sup> Marge Brute Globale = Produits des activités moins les charges opérationnelles hors primes (engrais, semences, traitements, alimentation, frais vétérinaires)



**Figure 3.4: Carte de localisation et de répartition des surfaces agricoles dans le PNRC**  
 (source: occupation du sol 2006, PNRC)

**Tableau 3.1: Principales cultures dans le PNRC (sources: PNRC, 2009; Mouret, 2011).**

	Riz	Blé dur	Total
Surfaces cultivées en 2006	11 175 ha	6 565 ha	28 674 ha de surfaces agricoles sur le PNR Camargue
Rendement moyen	5 tonnes/ha	52 quintaux/ha (en irrigué)	
Nombre d'exploitations agricoles	130 cultivent du riz		370 exploitations
En agriculture biologique	20 en riz bio soit environ 770 ha		



**Figure 3.5 : Evolution des surfaces en riz en Camargue (source: Mouret, 2011).**

### ♣ *les cultures*

Ainsi, **la culture la plus emblématique et la plus représentée est sans aucun doute celle du riz**. Avec presque 40% des surfaces cultivées en 2006, elle est présente sur 57% des exploitations (figure 3.4)(PNRC, 2004). Cette production bénéficie d'une filière structurée et a obtenue une Indication Géographique Protégée (IGP) en 1998 qui concerne 95% des exploitations (PNRC, 2004). Quelques chiffres sont donnés dans le tableau 3.1. Cette culture, développée depuis les années 1945, nécessite d'importantes quantités d'eau : de 350 à 400 millions de m<sup>3</sup> sont pompés dans le Rhône selon les années (Mathevet, 2004). L'itinéraire technique moyen est décrit dans l'encadré en annexe 3. Les infrastructures qui y sont liées (réseaux de drainage et irrigation) ont atteint leur apogée dans les années 1970 avec 30 000 ha de riz en culture (Delmotte, 2011). Le contexte économique défavorable des années 1980 a entraîné une chute des surfaces cultivées (jusqu'à moins de 5 000 ha). En conséquence, des remontées fréquentes de sel sont apparues entraînant une chute de rendement des autres cultures. Un plan de relance de la filière a alors vu le jour avec la création d'un organisme technique, le Centre Français du Riz, et des mesures d'accompagnement. Depuis, les surfaces oscillent autour de 15 à 20 000 ha selon les années sur l'ensemble de la Camargue (figure 3.5). Le riz occupe aujourd'hui une place importante dans les systèmes de rotation en alternance avec des cultures sèches (essentiellement blé dur). Son mode de conduite est variable selon les exploitations allant de la culture biologique à la monoculture (figure 3.6). On constate sur cette carte que la monoculture de riz concerne essentiellement la partie nord du delta (source : parcellaire Tour du Valat).

La Camargue est également un lieu de production de légumes, fruits, vignes mais ces cultures restent très minoritaires et surtout localisées sur les bords du Grand Rhône et au nord du delta (Mathevet, 2004) (figure 3.4).

### ♣ *l'élevage*

La Camargue a toujours été une terre d'élevage et **cette activité reste importante aujourd'hui sur le plan économique et identitaire**. A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, l'élevage principal était celui des ovins (race Mérinos d'Arles réputée pour sa laine) qui comptait près de 80 000 têtes en hiver (PNRC, 2009). Les immenses bergeries, encore présentes au sein du bâti agricole, témoignent de cette époque. Les évolutions économiques et culturelles du 20<sup>ème</sup> siècle ont contribué à une baisse considérable de ce cheptel : aujourd'hui, il reste environ 7 000 brebis réparties dans une quinzaine d'élevages.

L'élevage bovin est, lui, en forte progression depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle en lien avec le développement des jeux taurins. Cet élevage traditionnel est présent dans plus d'une trentaine d'exploitations (Vianet et al., 2007). Il utilise des grandes surfaces notamment de marais et de friches et est conduit de façon extensive (encadré 3.1). Deux races principales sont élevées : la race locale dite « Raço di Biou », élevée principalement pour la course camarguaise (jeu taurin traditionnel) mais également valorisée pour sa viande (labellisée Appellation d'Origine Contrôlée Taureau de Camargue en 1996) et une race de taureaux de combat espagnol pour la corrida. Le cheptel total est estimé à 14 000 têtes dont 8 500 Raço di Biou (PNRC, 2002 ; Calvet et al., 2011).

L'élevage des bovins est souvent accompagné de celui de chevaux de race Camargue. Cette race a été

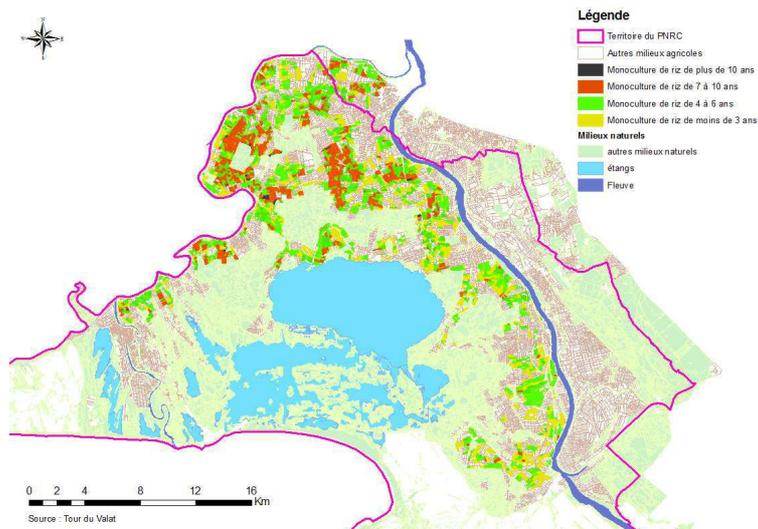


Figure 3.6: Carte de localisation des parcelles de monoculture de riz dans le PNRC (source: Tour du Valat, 2012).

L'élevage est très extensif avec un chargement maximum de l'ordre de 0,5 UGB/ha (Unité de Gros Bétail) en moyenne (parfois même inférieur à 0,33 UGB/ha sur certaines grandes propriétés menées de façon très extensive). Les bêtes sont dehors toute l'année, elles pâturent librement de grands clos de plusieurs dizaines d'hectares d'un seul tenant. Généralement, les éleveurs n'utilisent pas d'intrants, mais sont parfois amenés à apporter des compléments fourragers en hiver. L'élevage est organisé selon un rythme saisonnier lié à la sélection du bétail sur des critères visuels de l'aptitude des bêtes à concourir pour les jeux taurins.

Encadré 3.1 : Caractéristiques de l'élevage des bovins en Camargue (source: PNRC, 2002).

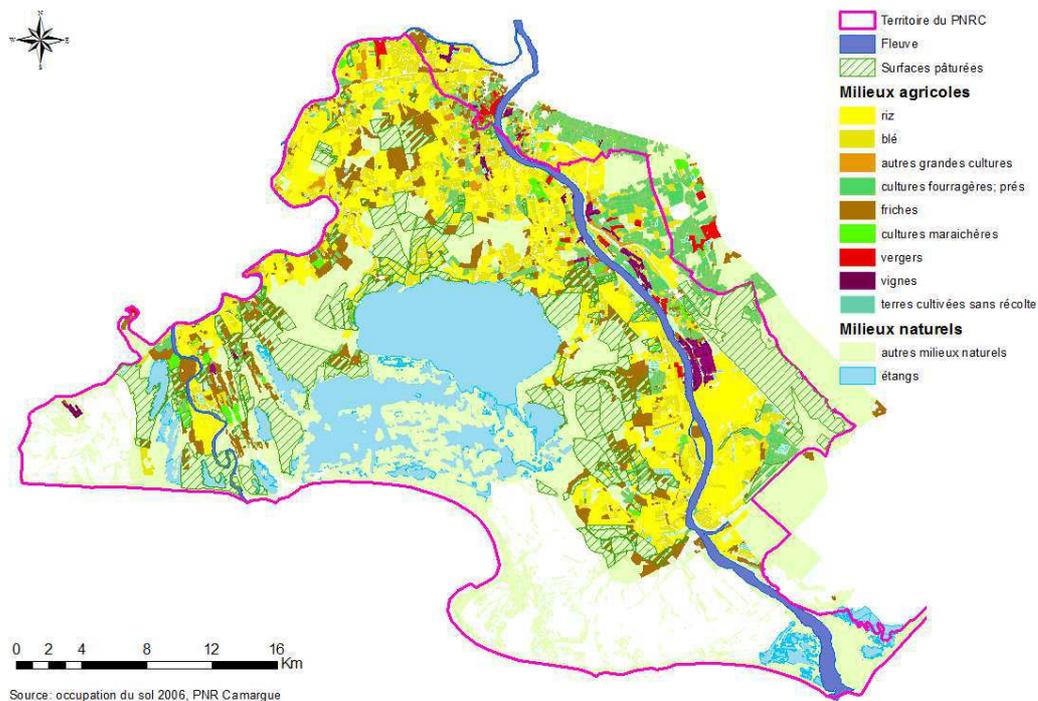
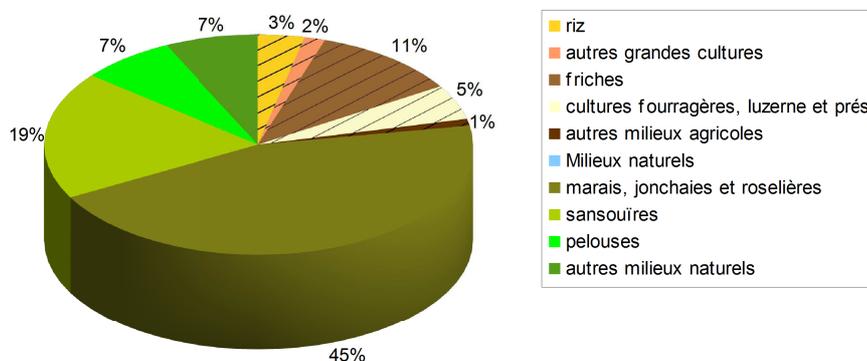


Figure 3.7: Carte de localisation des surfaces pâturées dans le PNRC (sources: occupation du sol 2006 PNRC; site PNRC 2012)

reconnue officiellement en 1977. Ces chevaux sont adaptés aux zones humides et sont utilisés pour la conduite des troupeaux bovins qui sont assez « sauvages » et élevés sur de grandes surfaces. L'effectif est estimé à 6 000 têtes en 2008 sur le territoire du PNRC (Calvet et al., 2011). Les surfaces pâturées occupent 14 175 ha dont 78% sont des milieux naturels avec principalement des marais et 22% sont des surfaces agricoles (surtout des friches) (figure 3.8) (PNR, 2009). Ces surfaces se concentrent sur la partie sud du delta sur le pourtour du Vaccarès et dans la partie Plan du Bourg (figure 3.7).



**Figure 3.8: Répartition des surfaces pâturées par type de milieu dans le PNRC : naturels (en vert) ou agricoles (hachurés) (source: Occupation du sol 2006, PNRC)**

#### ▲ *les activités de diversification*

Les exploitants agricoles pratiquent parfois des activités de diversification en complément des cultures et/ou de l'élevage. La principale est la location de surfaces pour la chasse. Les revenus qui y sont liés sont très mal connus (cf. § 3.1.4.2 « la chasse »). Des activités touristiques « d'accueil à la ferme » existent également valorisant ainsi les pratiques traditionnelles de l'élevage (ferrades, abrivades, etc.) et l'image de nature sauvage de la Camargue.

### **3.1.1.3 Production de matières premières: le sel et les roseaux**

#### **La production de sel**

La proximité de certaines zones humides au littoral marin en fait un lieu de collecte aisé des eaux salées. Ceci est à l'origine du service « production de sel ». Certaines zones s'y prêtent mieux que d'autres en fonction de leurs caractéristiques géomorphologiques (zones planes) et climatiques (évaporation intense et pluies faibles). Ces caractéristiques naturelles ont été utilisées par l'homme depuis des milliers d'année (MEA, 2005).

Les salins camarguais sont présents depuis l'antiquité et se sont fortement développés au début du 20ème siècle avec l'accroissement des besoins en sel de l'industrie chimique (PNRC, 2002). Ils sont ainsi devenus **les plus importants d'Europe avec 22 000 ha exploités** sur l'ensemble de la Camargue **dont 14 800 sur le territoire du PNRC** (Mathevet, 2004 ; PNRC, 2009(b)). Ces surfaces sont réparties en deux îlots (figure 3.9). Le plus étendu est situé sur les salins de Salin-de-Giraud et est actuellement consacré à la production de sel de déneigement. Le second est sur la commune des Sainte-Maries-de-la-Mer. Il est rattaché aux salins d'Aigues-Mortes et produit du sel de table (PNRC, 2012).

Ces salins correspondent à des marais intégralement endigués. L'eau est pompée directement dans la mer à

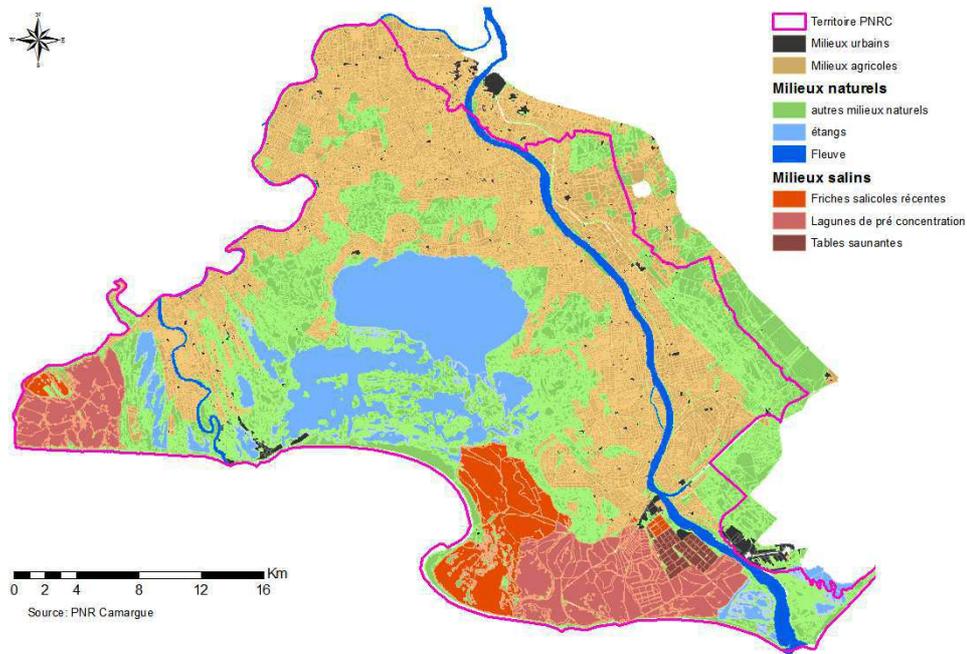


Figure 3.9: Carte de localisation des surfaces dédiées à la production de sel dans le PNRC (source : site PNRC, 2012).

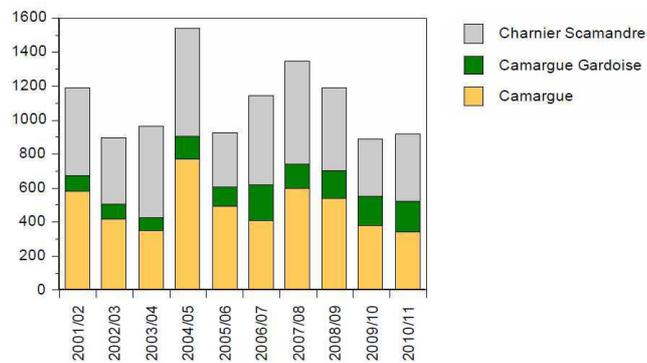


Figure 3.10 : Evolution des surfaces coupées en roseaux de 2001 à 2011 en Camargue (Poulin *et al.* 2011)

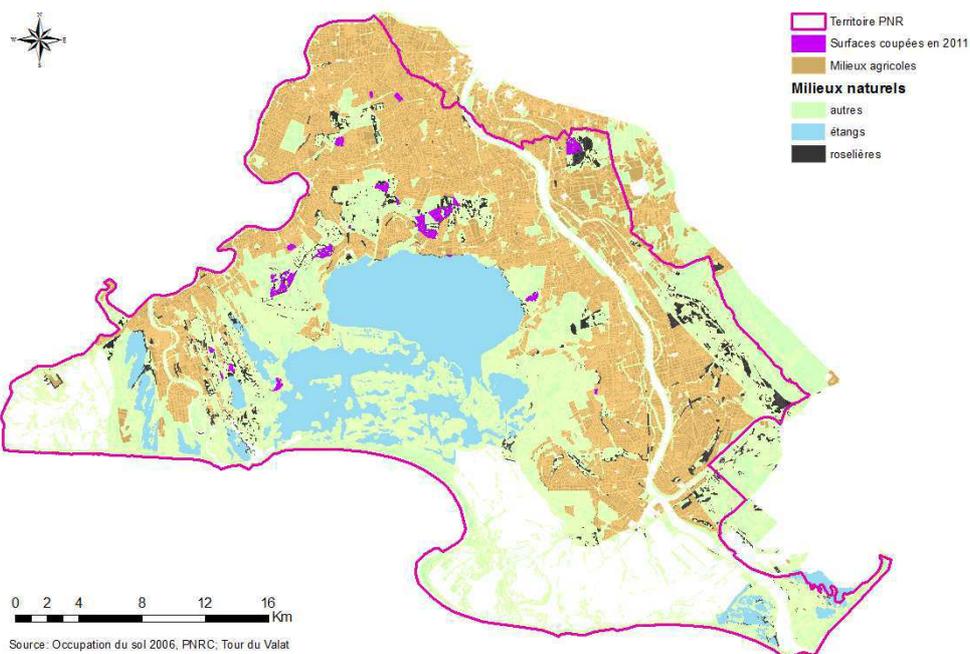


Figure 3.11 : Carte de localisation des roselières en 2006 et des surfaces coupées en roseaux en 2011 dans le PNRC (sources : Poulin *et al.*, 2011; occupation du sol 2006, PNRC)

une concentration d'environ 30 g/l. Ce sont ainsi 80 millions de m<sup>3</sup> qui sont pompés chaque année de septembre à mars (Picon, 1988 ; PNRC 2002). La circulation de l'eau à l'intérieur des lagunes de pré-concentrations est gérée par des vannes et des pompes afin de favoriser l'évaporation, concentrer le sel progressivement jusqu'à environ 300 g/l et l'amener ainsi à précipiter. Ce dépôt intervient dans les tables saunantes où la concentration avoisine les 320 g/l. Les tables sont ensuite asséchées pour récolter le sel (PNRC, 2009 (b)).

Cette activité employait 200 personnes dans les années 2000 et produisait en moyenne 900 000 tonnes de sel chaque année. Elle représentait alors incontestablement le « poumon économique » de l'est de la zone d'étude (PNRC, 2002). Aujourd'hui, après une période de restructuration liée à la perte de son client principal (350 000 tonnes) en 2006, seulement 55 salariés sont directement employés sur le site de Salin-de-Giraud et la production avoisine les 300 000 tonnes (La Provence, 2012 ; Bechet et al., 2011). Cette diminution de l'activité s'est accompagnée de cessions foncières par la Compagnie des Salins du Midi au profit du Conservatoire du Littoral. Depuis 2007, ce sont quelques 6 575 ha qui ont été acquis par le Conservatoire avec un accord prévu pour 3 000 ha supplémentaires d'ici 2015 (Fouchier, 2011). Cela correspond aux friches salicoles récentes (figure 3.9). La surface consacrée à la production de sel concerne aujourd'hui 9 500 ha sur le territoire du PNRC (PNRC, 2011).

Le contexte économique difficile pose la question de la pérennité de cette activité et donc du maintien des milieux très particuliers qui y sont associés.

### **La production de roseau**

Les écosystèmes produisent des matières premières renouvelables comme le bois ou des fibres solides souvent utilisés dans les constructions humaines. Les ressources abiotiques comme les minéraux, les combustibles fossiles, les énergies éolienne ou solaire ne sont pas prises en compte car elles sont habituellement non renouvelables et/ou ne peuvent pas être attribuées à des écosystèmes spécifiques (De Groot *et al.* 2002).

**Les roselières de Camargue couvrent 5 000 ha et sont les plus vastes de France.** De 1 000 à 1 500 ha sont récoltés selon les années sur l'ensemble de la Camargue (figure 3.10) (PNR, 2009 ; Poulin et al., 2011) dont environ 300 à 350 ha sur le territoire du PNRC en 2010 (figure 3.11). Exploités depuis le Moyen-âge, les roseaux étaient autrefois récoltés verts comme fourrage d'été pour les troupeaux. Aujourd'hui, ils sont coupés en hiver quand ils sont secs. Le roseau est principalement utilisé pour les couvertures de toits de chaume (90% de la production) dans les zones du Nord de la France ou de l'Europe, le reste étant destiné à la production de paillasons, balais et parasols (Mathevet, 2004).

Avec un million de bottes en 1997, la production camarguaise (Gard et Bouches du Rhône) représente **75% de la production française de roseaux de chaume**. La grande majorité vient des marais de la Petite Camargue (étangs du Charnier et de Scamandre). En plus de leur intérêt productif, rappelons que les roselières ont un intérêt patrimonial important puisqu'elles abritent une avifaune riche et variée. Elles constituent des habitats de reproduction essentiels à deux espèces rares comme le Butor étoilé (*Botaurus stellaris*) et le Héron pourpré (*Ardea purpurea*). Cette fonction a d'ailleurs fait l'objet d'une mesure agro-environnement (MAE) à destination des exploitants agricoles (cf. annexe 4).



#### **3.1.1.4 Alimentation en eau potable**

Les écosystèmes et plus particulièrement les zones humides ont une importance considérable dans les échanges avec les eaux souterraines en tant que zone d'exutoire ou de recharge des nappes (Fustec et al., 2000). En fonction du climat local, les eaux des précipitations ou de ruissellement vont s'infiltrer vers les nappes constituant ainsi des réserves, très souvent exploitées pour l'alimentation en eau potable des populations. Dans notre cas, **la nappe phréatique présente sous le delta camarguais est saumâtre** et elle n'est exploitable que très ponctuellement et en faible quantité. Ainsi, l'alimentation en eau potable des Camarguais est réalisée à partir de ressources situées à l'extérieur du delta, essentiellement dans la plaine de Crau sans influence salée mais sensible aux pollutions accidentelles (proximité des zones urbanisées et industrielles)(PNRC, 2012).

La dispersion de l'habitat rend difficile et coûteuse la réalisation d'un réseau de distribution en eau potable pour l'ensemble des habitants du delta. On estime qu'une centaine de mas n'ont pas encore accès à l'alimentation publique en eau potable.

La commune des Saintes-Maires-de-la-Mer exploite deux types de ressources : à l'ouest du Petit Rhône, l'eau vient de la nappe du Vidourle et à l'est, une station de pompage du Petit Rhône, au mas Sénébier, alimente la commune. Quelques mas isolés et éloignés ne sont pas alimentés.

#### **3.1.1.5 Ressources médicales**

La nature contribue au maintien de la santé humaine de différentes façons : en produisant des molécules chimiques qui peuvent être utilisées directement comme médicaments ou en fournissant un modèle à l'homme pour fabriquer ces molécules (Ecosphere, 2006).

Un certain nombre de plantes étaient cueillies en Camargue, jusqu'à la moitié du 20<sup>ème</sup> siècle (Yavercovski N, *com. pers.*). Par exemple, la Guimauve officinale (*Althaea officinalis*), fréquente sur les lévadons et aux bords des chemins en Basse Camargue était autrefois récoltée et vendue aux herboristes de Marseille. De nos jours, ces activités n'existent plus ou seulement à l'échelle de l'individu (Yavercovski N, *com. pers.*). Les recherches n'ont pas permis d'obtenir d'autres données à ce sujet.

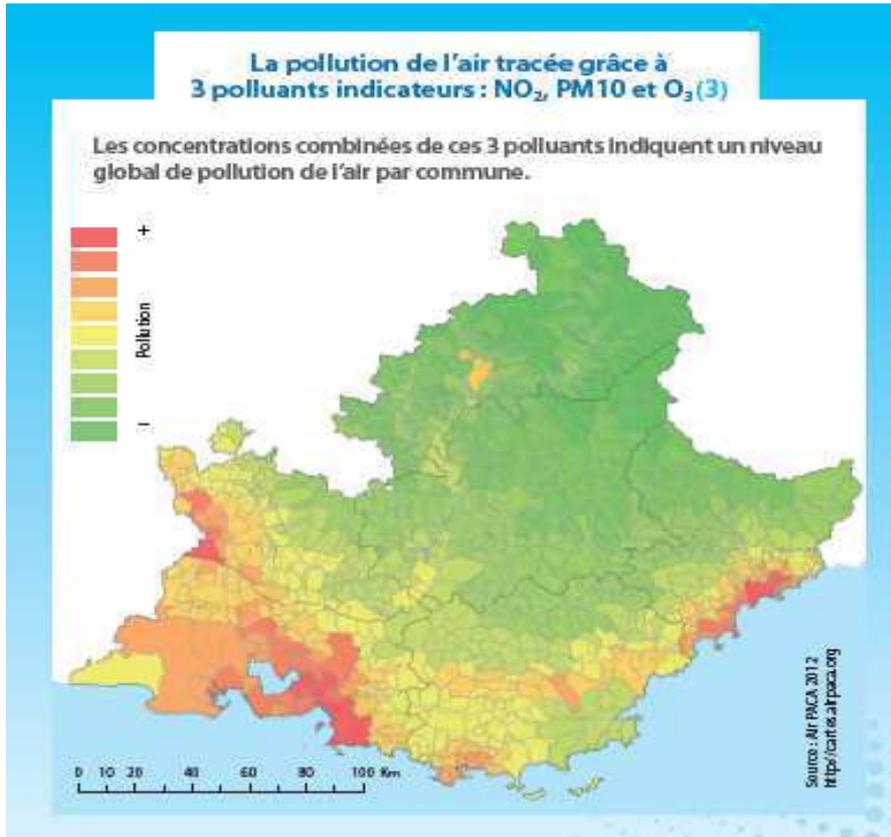
### **3.1.2. Services de régulation**

#### **3.1.2.1 Régulation du climat local et de la qualité de l'air**

##### **Régulation du climat local**

Les zones humides peuvent participer à la régulation du climat local. Les phénomènes d'évaporation intense d'eau au travers des terrains, des plans d'eau et de la végétation (évapotranspiration) peuvent ainsi tamponner les effets de sécheresse (Ecosphere, 2006 ; CGDD, 2010).

L'importante surface de la masse d'eau du système Vaccarès (14 500 ha) entraîne une évaporation considérable, principalement durant l'été. Le déficit hydrique moyen (différence entre les précipitations et l'évaporation) est égal à 700 mm (Loubet, 2012). Ceci devrait avoir une influence sur le climat local comme la formation de nuages et de précipitations dans des zones géographiques voisines. Toutefois, les recherches n'ont pas permis d'obtenir des données précises à ce sujet et notamment une distinction des effets de la zone



(3) Indicateur basé sur les niveaux de NO<sub>2</sub>, PM10 et O<sub>3</sub> (somme des concentrations de chaque polluant normalisées par leurs seuils réglementaires respectifs).

Figure 3.12 : Carte de la pollution de l'air en PACA tracée grâce à 3 polluants indicateurs : NO<sub>2</sub>, PM10 et O<sub>3</sub> en 2011 (source: site airpaca.org, 2012)

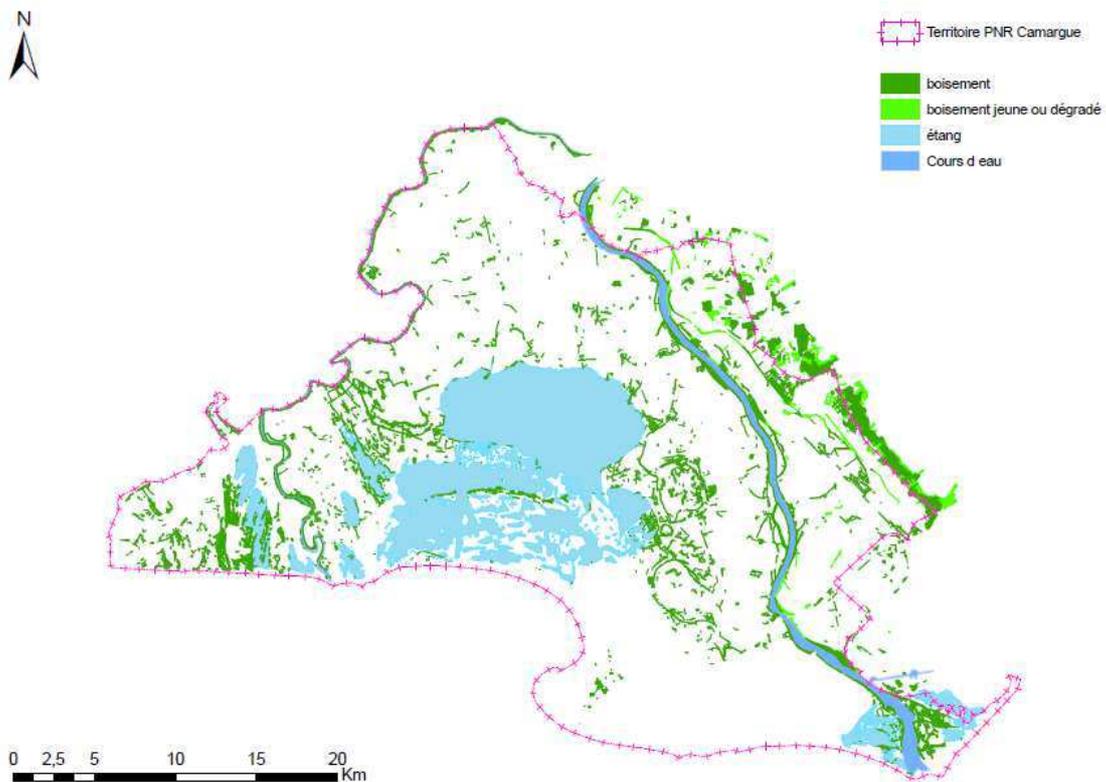


Figure 3.13 : Carte des surfaces occupées par les boisements dans le PNRC (Source : occupation du sol 2006, PNRC)

humide Camargue par rapport à l'influence d'autres éléments comme la mer par exemple. De la même façon, on peut supposer que les haies boisées présentes sur la zone ont également un effet sur l'influence des vents qui soufflent plus de 300 jours par an et donc sur le climat local. Toutefois, aucune donnée précise n'a été obtenue à ce sujet.

### ***Régulation de la qualité de l'air***

La vie sur terre existe dans une fourchette étroite d'équilibre chimique entre l'atmosphère et les océans. La composition chimique de l'atmosphère (et des océans) est maintenue par des processus bio-géochimiques qui sont influencés par de nombreux facteurs biotiques et abiotiques des écosystèmes naturels (De Groot et al., 2002). **Les échanges gazeux sont dominés par les échanges entre la végétation et l'atmosphère** (CGDD, 2010). Les principaux gaz impliqués sont le dioxygène (O<sub>2</sub>) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Ces échanges se réalisent au niveau des stomates, interface d'échange au niveau des feuilles, au cours des processus de photosynthèse et de respiration des végétaux. **Au cours de ces processus, une partie des polluants atmosphériques est absorbée.** Par ailleurs les plantes, et surtout leur feuillage, constituent un filtre naturel qui piège les particules de l'air et favorise leur dépôt en diminuant la vitesse des vents. Cette capacité à piéger des particules est à l'origine de « l'élimination » des polluants dans l'air et permet ainsi la fonction de purification et le maintien de la qualité (CGDD, 2010).

La capacité des écosystèmes camarguais à participer à la purification de l'atmosphère n'a pas fait l'objet d'étude spécifique. Sur le territoire du PNRC, il y a peu d'activités qui peuvent engendrer une pollution atmosphérique ayant un impact sur le fonctionnement des écosystèmes camarguais (hors trafic routier local, brûlages agricoles...) (CEDE, 2007). L'origine des pollutions potentielles ou constatées se situe en dehors du périmètre PNRC (avec le Port Autonome de Marseille principalement)(figure 3.12). En effet, des apports d'hydrocarbures dus à une pollution atmosphérique diffuse ont été constatés au sein de la Réserve Naturelle de Camargue (partie centrale du PNRC) (Roche et al., 2003). Ceux-ci résultent surtout du transfert de masses d'air polluées par un vent de sud-est qui balaye fréquemment la région, rabattant sur la Camargue les émissions d'aéro-polluants du complexe pétrochimique de Fos-sur-Mer et de l'agglomération marseillaise. Il n'y a pas de suivi régulier de la qualité de l'air en Camargue. De plus, un certain nombre d'éléments peut laisser supposer une augmentation des pressions dues à ce type de pollution à l'avenir (augmentation du transport routier en périphérie, incinérateur de Fos-sur-Mer..) (CEDE, 2007).

### ***3.1.2.2 Capture et stockage du carbone - Régulation du climat global***

La végétation et les sols stockent du carbone et limitent donc les teneurs en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère contribuant à la limitation de l'effet de serre (Ecosphere, 2006).

Les végétaux captent du CO<sub>2</sub> atmosphérique par la photosynthèse et l'intègrent à leur matière organique. Dans la plupart des écosystèmes, celle-ci est décomposée par les micro-organismes à la mort des végétaux libérant ainsi à nouveau le carbone dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub>. Certains écosystèmes comme les forêts permettent au contraire de piéger le carbone pendant des périodes relativement longues (dans les parties pérennes des arbres : troncs, branches). Ce carbone ne peut alors pas retourner dans l'atmosphère avant plusieurs dizaines voire centaines d'années (CGDD, 2010). En zones humides, les boisements sont notamment situés le long des cours d'eau où ils constituent les ripisylves.

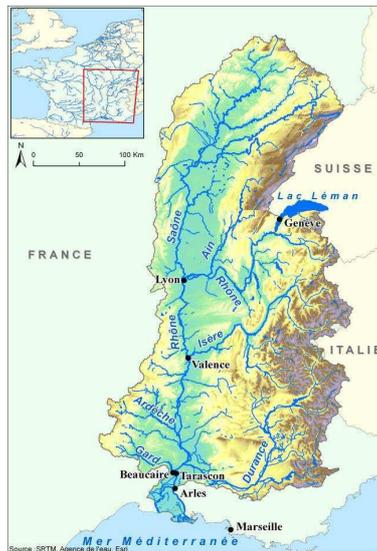


Figure 3.14: Le bassin versant du Rhône en aval du Lac Léman (source: Loubet, 2012)

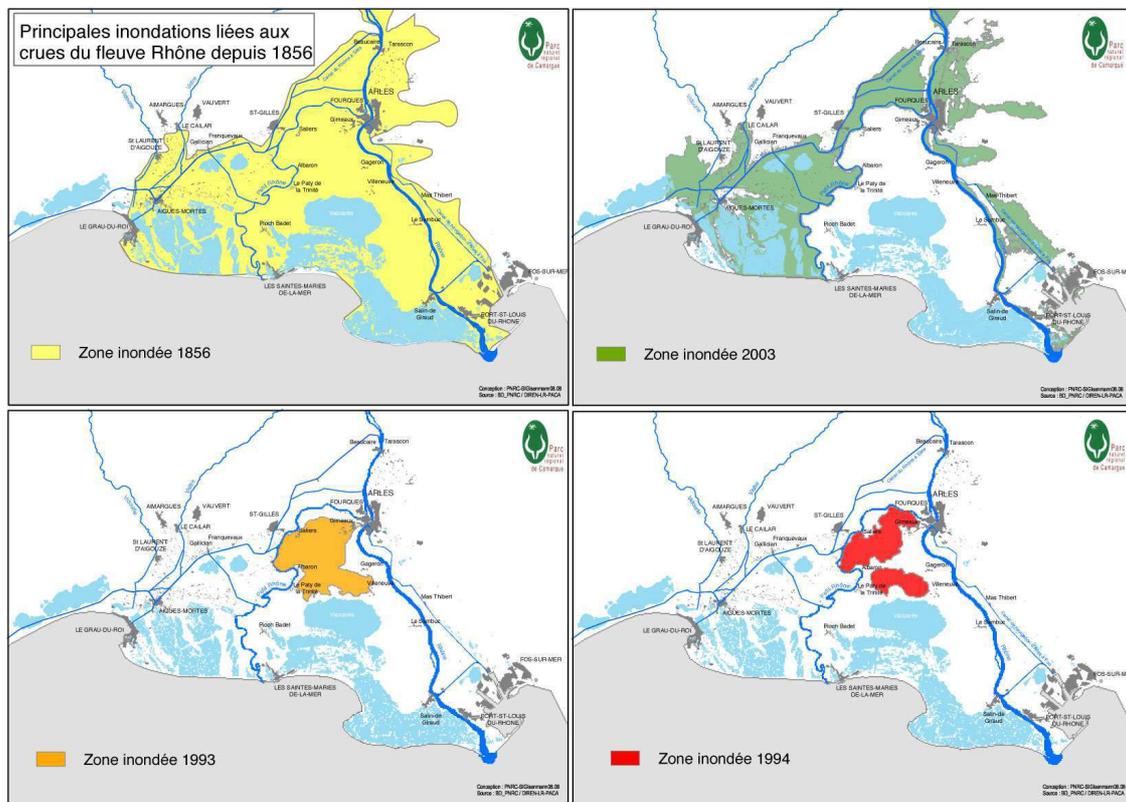


Figure 3.15: Cartes des principales inondations liées au crues du Rhône (source: PNR 2012)

**Principales orientations du Plan Rhône 2007-2013, volet « inondation »**

- éviter les ruptures de digues
- assurer la protection élevée pour les secteurs les plus sensibles
- ajuster le niveau de protection entre Beaucaire et Arles en fonction du débit capable dans la traversée d'Arles
- sur le Petit et le Grand Rhône, ajuster le niveau de protection pour limiter au maximum les risques de rupture et tendre vers une protection centennale au droit des agglomérations et si possible la majorité des secteurs d'habitats diffus
- optimiser la gestion des zones d'expansion des crues entre Montélimar et Beaucaire pour chercher à réduire les débits de pointe pour les crues dommageables pour les secteurs les plus sensibles
- gérer le comportement du système pour les crues entre le débit de protection et la crue millénaire : c'est à dire organiser le de venir des débits excédentaires sans risque de rupture de digue et en assurant le ressuyage rapide des terres inondées.

Encadré 3.2 : Principales orientations du Plan Rhône 2007-2013, volet « inondation » en aval de Viviers (source SYMADREM, 2010)

Concernant les sols, c'est la grande variabilité de conditions d'approvisionnement, de décomposition de la matière organique et de recyclage des éléments nutritifs qui leur confère la qualité de source ou de puits de gaz à effet de serre. Par exemple, lorsque la dégradation et la fixation de la matière organique dans les sols est importante, le sol est alors un puits de carbone. Des sols humides seront à l'origine de l'émission de méthane par fermentation de la matière organique, alors que des sols secs seront davantage puits de méthane par l'oxydation du méthane (CGDD, 2010). Les boisements occupent 3 789 ha d'après les données de l'occupation du sol en 2006 soit **3,7% de la surface du PNRC** (figure 3.13). Cette faible étendue laisse présager l'existence d'un service de stockage de carbone d'une intensité limitée. Les recherches n'ont pas permis d'obtenir de données plus précises à ce sujet.

### **3.1.2.3 Atténuation des phénomènes extrêmes: inondations d'origine fluviale et maritime**

Les écosystèmes ont la capacité d'atténuer certains risques naturels (De Groot et al., 2002). Par exemple, la présence d'une couverture végétale (notamment la surface importante de réception par le feuillage) ainsi que la structure et le développement des racines peuvent diminuer les effets potentiellement négatifs des orages ou des inondations en favorisant un écoulement lent de l'eau et ainsi l'infiltration de l'eau dans le sol (CGDD, 2010). Ceci conditionne la progression et l'avancée des crues et a donc son rôle dans la limitation des risques d'inondations.

La capacité de rétention d'eau du sol et la présence de micro-reliefs dans les zones humides (nombreuses cuvettes par exemple) contribuent aussi à augmenter la capacité de ces zones à héberger des apports d'eau supplémentaires (Ecosphere, 2006). Les principaux bénéfices pour les hommes sont essentiellement la protection des vies humaines, des constructions et des zones d'activités.

#### ***Les inondations d'origine fluviale***

Située à l'exutoire du bassin versant du Rhône qui s'étend sur environ 96 000 km<sup>2</sup> (figure 3.14), la Camargue originelle se présente comme une vaste plaine deltaïque soumise aux inondations du fleuve, aux submersions marines et à une forte dynamique sédimentaire littorale (PNRC, 2002). Ces très fortes contraintes naturelles ont longtemps limité le développement des activités humaines à l'intérieur du delta. Pour s'en affranchir, un endiguement intégral a été mis en place à partir des années 1850. Aujourd'hui, le delta compte 225 km de digue fluviale et 50 km de digue maritime (SYMADREM, 2010).

La zone d'étude n'en est pas pour autant exempte des risques d'inondations comme l'ont prouvé les épisodes des crues d'octobre 1993 (9700 m<sup>3</sup>/s, période de retour de 25 ans) et de janvier 1994 (11 000 m<sup>3</sup>/s, période de retour de 70 ans). La rupture des digues en plusieurs endroits (essentiellement sur le Petit Rhône) a entraîné un volume de 140 millions de m<sup>3</sup> d'eau chargée de limons à l'intérieur du delta en 1993 et de 67 millions quelques mois plus tard en 1994 (Loubet, 2012) (figure 3.15). La Camargue s'est alors transformée en un vaste bassin de rétention qui s'est lentement écoulé vers les dépressions centrales. L'étang du Vaccarès a ainsi servi de zone d'expansion des crues en recevant près de 90 millions de m<sup>3</sup> d'eau atteignant alors la côte de 0,5 m NGF. Les hauteurs de submersion sont restées modérées de l'ordre de 50 cm et les vitesses d'écoulement faibles sauf au niveau des brèches et dans les canaux de drainage (PNRC, 2002). L'évacuation des eaux a été très ralentie par le niveau exceptionnellement élevé de la mer (0,6 à 0,62 m NGF) empêchant l'ouverture du



Figure 3.16 : Programme de sécurisation des ouvrages de protection contre les crues du Rhône, du barrage de Vallabègues à la mer (source : SYMADREM, 2010)

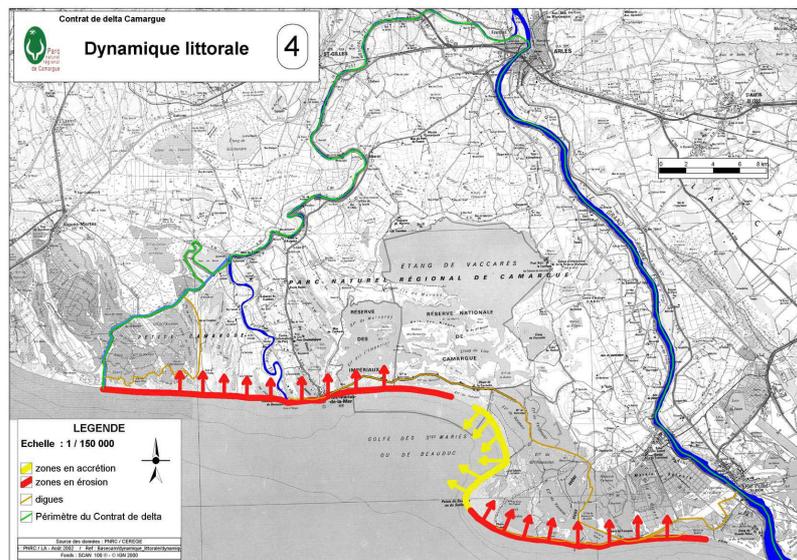


Figure 3.17: Carte de la dynamique du littoral sur les côtes du PNRC (source : site PNRC 2012)

pertuis de la Fourcade (connection à la mer). Le bon fonctionnement des stations de repompage des eaux vers le fleuve a également été empêché par le haut niveau des eaux du Rhône.

Le coût global des pertes liées à ces deux inondations a été estimé à 30 millions d'euros (Loubet, 2012).

En décembre 2003, le delta a également été inondé mais non par les eaux du fleuve. Ce sont les fortes précipitations qui ont submergé les marais (11 000 ha) et une bonne partie des milieux cultivés (23 000 ha) à cause de la combinaison de cet épisode pluvieux avec la montée du niveau du Rhône et celui de la mer (PNRC, 2002). Douze mille personnes ont alors été touchées et les dommages ont été évalués à plus de 700 millions d'euros (SYMADREM, 2010).

Du fait de l'endiguement, la plaine de Camargue ne remplit plus sa fonction de zone naturelle d'expansion des crues. Cette situation résulte des choix de gestion et d'aménagements anciens et actuels. Déjà, à la suite de l'inondation de 1856, « *le projet envisagé d'utiliser la Camargue comme zone d'expansion des crues (projet de l'ingénieur Kleitz) a provoqué une levée de bouclier de la part des propriétaires qui ont demandé la protection de la Camargue dans les mêmes conditions qu'une zone urbaine, c'est à dire avec des digues insubmersibles* » (Allard, 2011). Aujourd'hui, le volet « inondation » du Plan Rhône 2007-2013 (encadré 3.2) a défini un plan de gestion qui se traduit essentiellement par le renforcement des digues de protection (figure 3.16), une étude d'amélioration du ressuyage du delta (actuellement en cours) et un projet de décorsetage du Petit Rhône (Martin A.L, *com. pers.*). La situation particulière de la ville d'Arles et sa nécessaire protection est à l'origine de l'obligation de « décharger » le débit du fleuve en amont (digues avec zones de surverse en amont) ce qui modifie considérablement l'importance d'une zone d'expansion des crues en aval.

### ***Les inondations d'origine maritime ou submersion marine***

En sus des risques d'inondations par le fleuve, la Camargue est également soumise à un risque de submersion par les eaux de la mer (Sabatier et Provansal, 2002). Ce phénomène soudain est fortement lié aux conditions météorologiques, c'est à dire aux tempêtes marines. Il se conjugue à l'érosion du littoral, phénomène important et permanent en Camargue avec en moyenne un recul de 4 mètres par an entre 1930 et 1980 (Sabatier et Provansal, 2002).

Dans le delta, la submersion se manifeste lors de tempêtes caractérisées par des basses pressions, de forts vents de mer et des vagues importantes. On parle alors de marée de tempête (PNRC, 2012). Les derniers épisodes marquants ont eu lieu en janvier 1978, novembre 1982 (avec une surcôte de 1,36 m NGF au Pertuis de la Fourcade), décembre 1997 (1,45 m NGF) et novembre 2002. La bande côtière et les territoires en arrière du cordon littoral sont donc très vulnérables à la submersion marine (PNRC, 2012). Cette vulnérabilité augmente avec l'élévation du niveau de la mer (Ullmann et Sabatier, 2010). Cette dernière, deux fois plus rapide dans le delta qu'au marégraphe de Marseille, traduit l'existence de mouvements d'enfoncement du sol en Camargue, vraisemblablement par compaction des sédiments meubles accumulés par le fleuve (Sabatier et Provansal, 2002). L'endiguement du fleuve ne permet plus à la plaine deltaïque de se « défendre » contre la montée du niveau marin et l'érosion maritime (PNRC, 2012). L'apport sédimentaire qui recharge le littoral en matériau et permet son accrétion est en forte décroissance depuis un siècle. Il représentait alors environ 30 millions de tonnes par an alors qu'il n'atteint plus aujourd'hui que 8 à

Les zones humides jouent un rôle important dans la rétention et l'élimination de l'azote. Cette fonction a fait l'objet de nombreux travaux scientifiques dont certains menés en Camargue (Golterman, 1995). Deux processus majeurs sont impliqués : **l'absorption par la végétation et les micro-organismes du sol et la dénitrification**.

\* L'absorption de l'azote par les plantes est un processus de rétention temporaire qui stocke sous forme organique une partie de l'azote prélevé sous forme minérale durant la vie de l'organisme. A la mort de la plante, l'azote ainsi stocké retourne dans le pool organique du sol. Ce processus serait moins important en quantité que la dénitrification (Leonardson et al., 1994).

\*La dénitrification est donc le seul processus qui permet une élimination complète de l'azote puisqu'il transforme l'azote minéral dissous sous forme de nitrate en azote moléculaire gazeux. Les conditions d'anaérobie du sol, la présence de carbone facilement minéralisable et celle de nitrate sont les trois facteurs principaux, en complément de la température, qui influencent l'activité dénitrifiante des micro-organismes du sol (figure 3.8) (Fustec et al., 2000). Il est généralement admis que cette activité microbienne double lorsque la température augmente de 10°C (Fustec et al., 2000).

**Encadré 3.3 : Processus biologiques impliqués dans le cas de l'azote**

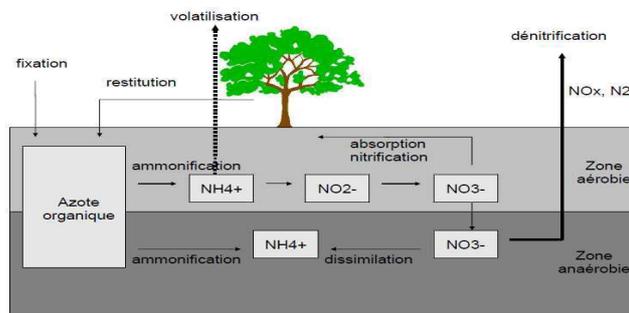


Figure 3.18: Le cycle de l'azote dans un milieu humide présentant un assèchement saisonnier en surface (d'après Barnaud et Fustec, 2007)

mg/l	Date	MST	COT	DBO5	N K	P Tot	NO2	NO3-	PO4	NH4
Vaccarès (point H26)	29/03/2011	22	4,7	2	<0,5	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	0,1
	14/04/2011	8	2,7	1	1,6	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	0,09
	28/04/2011	6	4	<1	1,1	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	0,06
	19/05/2011	27	3,9	1	0,9	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05
	07/06/2011	8	3,9	3	1,7	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05
	22/06/2011	22	4,8	1	1,6	<0,05	0,05	<0,5	<0,05	0,1
	07/07/2011	8	4,2	2	1,4	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05
	26/07/2011	35	3,8	1	1,3	0,09	0,09	<0,5	<0,05	0,11
	17/08/2011	4	4,5	1	1,3	0,06	<0,05	<0,5	<0,05	0,05
	13/09/2011	18	3,9	2	0,9	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05
Fumemorte	07/06/2011	8	5,1	2,9	4,4	0,3	0,19	1,1	0,07	1,2
	20/09/2011	8	3,2	1,2	<1	0,07	0,03	1,4	0,06	<0,05
Rhône à Arles	25/05/2011	3,2	1,8	1,3	<1	0,06	0,05	5,4	0,12	0,07
	07/06/2011	<2	1,5	0,8	1,7	0,07	0,07	5,1	0,2	<0,05
	06/09/2011	<2	1,5	0,7	<1	0,06	0,03	4,6	0,18	0,05
	20/09/2011	<2	1,4	<0,5	<1	0,06	<0,02	4,7	0,17	<0,05

Evaluation SEQ-eau/aptitude à la biologie  
Très bon Bon Passable Mauvais Très mauvais

Les données sont classées en fonction de deux grilles :

- la grille d'évaluation SEQ-eau (Système d'Evaluation de la Qualité –eau) proposant des classes d'aptitude à la biologie dans les cours d'eau (tableau 4)
- la grille RSL (Réseau de Suivi Lagunaire) utilisée par l'Agence de l'eau dans le cadre de la DCE qui évalue le risque d'eutrophisation de la lagune (tableau 5)

mg/l	Date	MST	N K	P Tot	NO2	NO3-	PO4	NH4
Vaccarès (point H26)	29/03/2011	22	<0,5	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	0,1
	14/04/2011	8	1,6	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	0,09
	28/04/2011	6	1,1	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	0,06
	19/05/2011	27	0,9	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05
	07/06/2011	8	1,7	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05
	22/06/2011	22	1,6	<0,05	0,05	<0,5	<0,05	0,1
	07/07/2011	8	1,4	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05
	26/07/2011	35	1,3	0,09	0,09	<0,5	<0,05	0,11
	17/08/2011	4	1,3	0,06	<0,05	<0,5	<0,05	0,05
	13/09/2011	18	0,9	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05
Fumemorte	07/06/2011	8	4,4	0,3	0,19	1,1	0,07	1,2
	20/09/2011	8	<1	0,07	0,03	1,4	0,06	<0,05

Grille RSL (eaux de transition DCE)/risque d'eutrophisation  
Très bon Bon Moyen Médiocre Mauvais  
 Pour l'azote Kjeldahl, utilisation des bornes azote total

MST	Matière en Suspension Totale
COT	Carbone Organique Total
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours
N K	Azote Kjeldahl (formes organiques et ammoniacales, hors nitrates et nitrites)
P Tot	Phosphore Total
NO2	Nitrites
NO3-	Nitrates
PO4	Phosphates
NH4	Ammonium

Figure 3.19 : Résultats nutriments grille SEG-eau et RSL (source: RNC, 2011)

10 millions de tonnes. Les aménagements des fleuves ont en effet considérablement réduit leurs apports en sédiments (Sabatier et Provansal, 2002).

Comme dans le cas des inondations fluviales, le service rendu par les écosystèmes concernant la protection contre le risque de submersion marine est quasi inexistant du fait de la priorité qui a été faite à la construction d'aménagements. La digue à la mer est l'ouvrage le plus ancien (1859) et elle relie les Saintes-Maries-de-la-Mer à Salin-de-Giraud (figure 3.17). Initialement construite en arrière du littoral, elle est maintenant par endroits un rempart direct à la mer (PNRC, 2012). De nombreux épis en enrochement (environ 120 (PNRC, 2012)) parsèment le littoral du delta. Bien que leur fonction première soit la protection contre l'érosion marine, ils interviennent également dans la lutte contre le risque de submersion.

D'autres méthodes dites « alternatives » participent à la protection du littoral camarguais comme la fixation des dunes par des ganivelles ou par des plantations, surtout au droit de la Réserve et à l'Ouest de la plage de Piémanson (PNRC, 2012).

#### **3.1.2.4 Traitement des eaux usées - Influence sur la qualité de l'eau**

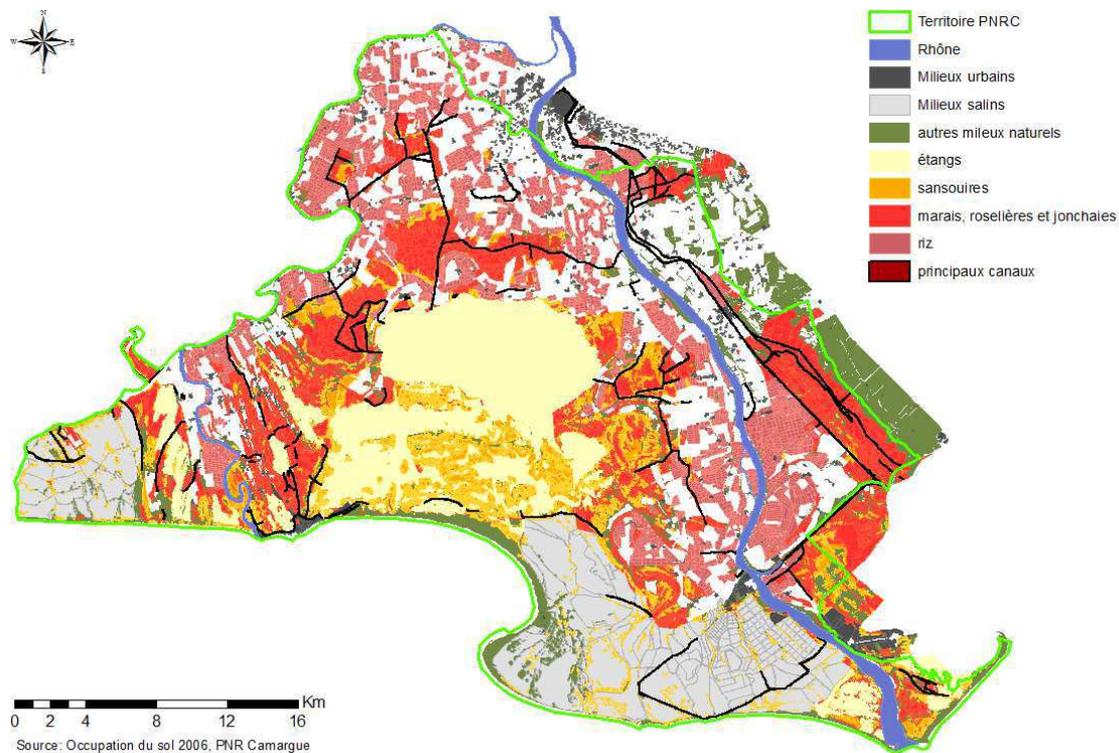
Les systèmes naturels sont capables de stocker et de recycler une certaine quantité de déchets organiques ou inorganiques d'origine humaine, d'une façon limitée, à travers la dilution, l'assimilation et la re-composition chimique au cours de la sédimentation. Les zones humides et plus généralement les écosystèmes aquatiques peuvent « traiter » de relativement grandes quantités de déchets organiques issus des activités humaines agissant ainsi comme une « station d'épuration gratuite » (De Groot et al., 2002). Ce service est lié à leurs capacités de rétention et d'épuration qui sont significatives, notamment pour les nutriments (azote et phosphore) (Ecosphere, 2006). Le ralentissement du courant par la présence de végétation permet la sédimentation des éléments fins minéraux ou organiques. Les éléments nutritifs sont alors puisés par les végétaux et les micro-organismes du sol, d'autant plus nombreux que le chevelu racinaire est dense, permettant ainsi la minéralisation de certains éléments. Toutefois, ces nutriments peuvent être relargués dans le milieu lorsque le sol en est saturé, en période végétative ou lors d'un remaniement du sol (labour, défrichage...) (Barnaud et Fustec, 2007 ; Ecosphere, 2006).

#### **Cas de l'azote :**

La description des processus biologiques est présentée dans l'encadré 3.3 et la figure 3.18.

En Camargue, les apports d'azote par les eaux agricoles (nitrates de l'eau d'irrigation du Rhône et ceux utilisés sur place) sont importants (PNRC, 2012). Mais **la dénitrification est très active dans les canaux, marais et étangs**. Ce processus biologique permet ainsi d'évacuer une grande partie de l'azote du système camarguais. Il en résulte des concentrations en azote modérées, mais non négligeables, dans les étangs et les lagunes (PNRC, 2012).

Les résultats des suivis de la qualité de l'eau (figure 3.19) montrent une concentration importante en azote en été dans le Vaccarès, l'ion ammonium entrant dans la catégorie « médiocre » et l'azote inorganique et total en « moyen ». Ces éléments, combinés au mauvais état de l'herbier en 2009, déclassent la qualité de la masse d'eau du Vaccarès qui devient « médiocre » (RNC, 2011).



**Figure 3.20: Approche concernant l'azote: représentation cartographique d'un gradient de capacité théorique de dénitrification des écosystèmes du PNRC: des « moins dénitrifiants » (jaune clair) aux « plus dénitrifiants » (rouge foncé) (le gradient a été constitué en attribuant à chaque type de milieu un « niveau » de capacité de dénitrification obtenu à partir des recherches bibliographiques)**

Le phosphore provient de l'altération des roches. Il circule à travers différents compartiments de la biosphère sous de nombreuses formes organiques ou minérales mais il n'adopte jamais de forme gazeuse (Barnaud et Fustec, 2007). Dans les milieux naturels, il reste peu abondant et constitue un facteur limitant de la production végétale. Lorsqu'il est présent en trop grande quantité, et notamment en zone humide, il est un facteur essentiel de l'eutrophisation du milieu (Ecosphere, 2006). Les apports se font surtout par les eaux de ruissellement et par des rejets directs dans les eaux de surface essentiellement consécutifs à l'intensification agricole (engrais phosphatés) et à la pression démographique croissante (excréments humains et nettoyants). Les zones humides jouent dans certains cas le rôle de piège à phosphore et notamment les zones alimentées par de faibles volumes d'eau (dites zones humides fermées). Les faibles vitesses d'écoulement entraînent une sédimentation du phosphore particulaire minéral (lié aux cations fer, aluminium et calcium) et de certaines formes organiques. Les autres formes organiques sont souvent consommées par les micro-organismes. Le transfert du phosphore dans les zones humides plus ouvertes est plus difficile à décrire. En effet, c'est l'hydrodynamique du système qui est déterminante en favorisant la sédimentation ou pas de cet élément (Fustec et al. 2000 ; Barnaud et Fustec, 2007).

**Encadré 3.4 : Processus biologiques impliqués dans le cas du phosphore**

La figure 3.20 représente une approche spatiale de l'importance de la dénitrification en fonction des écosystèmes concernés. Cette approximation se base sur les facteurs favorables à la dénitrification (alternance anaérobie/aérobie, immersion/émersion lente, présence de nitrates, température élevée, présence de Matière Organique).

### **Cas du phosphore :**

La description des processus biologiques est présentée dans l'encadré 3.4.

Le phosphore s'accumule principalement dans les sédiments sous forme minérale ou organique et les teneurs dans l'eau sont généralement très faibles. Cependant, à l'occasion des coups de vent, le sédiment brassé peut relarguer le phosphore dans la colonne d'eau où des valeurs élevées peuvent alors être mesurées (0,6 mg/l de P total) (figure 3.19) (PNRC, 2012). Les pratiques de gestion peuvent avoir des incidences comme l'assèchement d'un marais qui a conduit, par exemple, à une augmentation de l'adsorption du phosphate accompagnée d'une diminution de la capacité de dénitrification (Goltermann, 1995).

Globalement, concernant l'azote et le phosphore, le suivi scientifique de la Réserve Naturelle de Camargue montre une relation de causalité entre les pics phytoplanctoniques et l'arrivée de ces nutriments, soit par la riziculture, soit par brassage des sédiments du Vaccarès et le relargage lors d'épisodes pluvieux amenant à des sorties d'eaux à la mer (PNRC, 2012). Le Vaccarès présente une grande stabilité en phytoplancton, que ce soit au niveau de la Capelière (au nord) ou au niveau de Mornès (au sud). Les teneurs actuelles en azote et phosphore dans les eaux sont trop faibles pour provoquer une eutrophisation du milieu mais l'apport continu de ces nutriments par les canaux de drainage doit être surveillé (PNRC, 2012).

### **Cas des micro polluants :**

Concernant les polluants du type métaux lourds ou hydrocarbures, les zones humides présentent davantage un rôle de stockage qu'une réelle dégradation. Les différents polluants sont donc susceptibles de retourner dans le milieu naturel lors d'une remobilisation des sédiments (Fustec et al., 2000).

Concernant les phytosanitaires, les devenir varient en fonction des types de molécules. Une partie d'entre eux peut être dégradée photochimiquement, chimiquement ou biologiquement, donnant parfois naissance à des sous-produits (métabolites) dont la toxicité peut être supérieure à la molécule initiale (Fustec et al, 2000 ; Barnaud et Fustec, 2007).

Comme pour les nutriments, les pesticides en Camargue ont deux voies d'entrée principale : les eaux d'irrigation du Rhône et les pesticides épandus sur les rizières localement (PNRC, 2012). Il a été démontré que **la riziculture est la source principale de pesticides en Camargue avec plus de 55% des matières actives retrouvées dans les étangs** (Comoretto et al., 2007).

Les molécules les plus retrouvées en 2003-2004 dans la phase dissoute sont les herbicides de pré-levée (pretilachlore et oxadiazon) et les herbicides de post-levée (bentazone et 2,4 MCPA) avec des concentrations maximales comprises entre 1 et 5 g/l à l'exutoire des canaux de drainage (Roche et al., 2008).

Concernant les autres types de polluants (métaux lourds, hydrocarbures, etc.), les lagunes camarguaises sont particulièrement vulnérables du fait de leur situation de réceptacles des eaux d'irrigation des parcelles

Vaccarès suivi eau (données IPL)	9 points suivis pour 25 molécules	remarque
29/03/2011	pas de détection	interdit depuis 2007
14/04/2011	pas de détection	
28/04/2011	pas de détection	
19/05/2011	Pretilachlore sur 2 points (max 0,12 ug/l)	
07/06/2011	MCPA sur 6 points (max 0,57 ug/l)	
22/06/2011	MCPA sur 7 points (max 0,35 ug/l)      Bentazone sur 5 points (max 0,25 ug/l)	
07/07/2011	MCPA sur 8 points (max 0,34 ug/l)      Bentazone sur 8 points (max 0,17 ug/l)	
26/07/2011	Bentazone sur 2 points (max 0,08 ug/l)	
17/08/2011	Azoxystrobin sur 3 points (max 0,07 ug/l)	
13/09/2011	pas de détection	
Vaccarès suivi sédiment	9 points suivis pour 25 molécules 3 campagnes, pas de détection	problème des seuils de détection trop élevés

Figure 3.21 : Résultats des analyses Vaccarès (d'après RNC, 2011)

(µg/L)	07/06/2011 Fumemort	24/05/2011 Rhône	07/06/2011 Rhône	20/09/2011 Fumemort	06/09/2011 Rhône	20/09/2011 Rhône	remarque
3-4-dichloroaniline	2,325	<0,02	<0,02	0,025	<0,02	<0,02 (NQE 0,005ug/l)	métabolite Propanil et Diuron (interdits)
Propanil	0,099	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05 (NQE 0,1 ug/l)	interdit depuis 2010
Atrazine 2-hydroxy	0,028	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	? (NQE 0,6 ug/l)	interdit depuis 2001
Dimethenamide	0,096	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	interdit
AMPA	0,382	0,320	0,372	0,182	0,210	?	métabolite Glyphosate, interdit à proximité de l'eau
Bentazone	0,092	<0,02	<0,02	0,175	<0,02	?	
2-4 MCPA	0,483	<0,02	<0,02	0,025	<0,02	?	sera interdit en 2013 (dérogation en 2012)
Oxadiazon	0,440	<0,04	<0,04	0,088	<0,04	<0,04	
Triclopyr	0,156	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	?	
Azimsulfuron	0,137	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	?	(PNEC 0,08 ug/l)
Tebufenozide	<0,02	<0,02	<0,02	0,071	<0,02	?	
Azoxystrobine	<0,02	<0,02	<0,02	0,058	<0,02	?	

NQE : Norme de Qualité Environnementale (DCE)

PNEC : Predicted No Effect Concentration (concentration sans effet prévisible)

Figure 3.22 : Résultats des analyses du canal de Fumemorte (d'après RNC, 2011)

cultivées voisines. Pour définir la nature et la quantité de contaminants d'origine rizicole et/ou rhodanienne, des corbicules (*Corbicula fluminea*), organismes bio-indicateurs, ont été immergées en amont et en aval d'une zone de riziculture conventionnelle. La bio-accumulation de la plupart des molécules persistantes (PCB, pesticides organochlorés et métaux) est ainsi notablement plus élevée chez les corbicules encagées dans le canal d'irrigation des rizières, alimenté par l'eau du Rhône, que chez celles placées à l'aval, dans le canal de drainage. Cette prévalence est très marquée pour les PCB à haut niveau de chloration, très lipophiles et très bio-amplifiables. **Ces observations illustrent l'ambiguïté du rôle des cultures immergées dans la contamination des écosystèmes adjacents : à la fois pollution et remédiation** (Roche et al., 2008).

Publiés pour la première fois dans le compte-rendu scientifique de la Réserve Naturelle de Camargue 2011 (RNC, 2011), la liste de molécules détectées dans l'eau du Vaccarès à différentes dates d'échantillonnage fait apparaître la présence de molécules d'herbicides utilisées en riziculture (MCPA et bentazone) pendant les périodes de traitements ainsi qu'une molécule interdite depuis 2007, le pretilachlore (figure 3.21).

Dans le canal de drainage du Fumemorte, douze molécules ont été détectées dont trois interdites et deux métabolites de molécules interdites (figure 3.22).

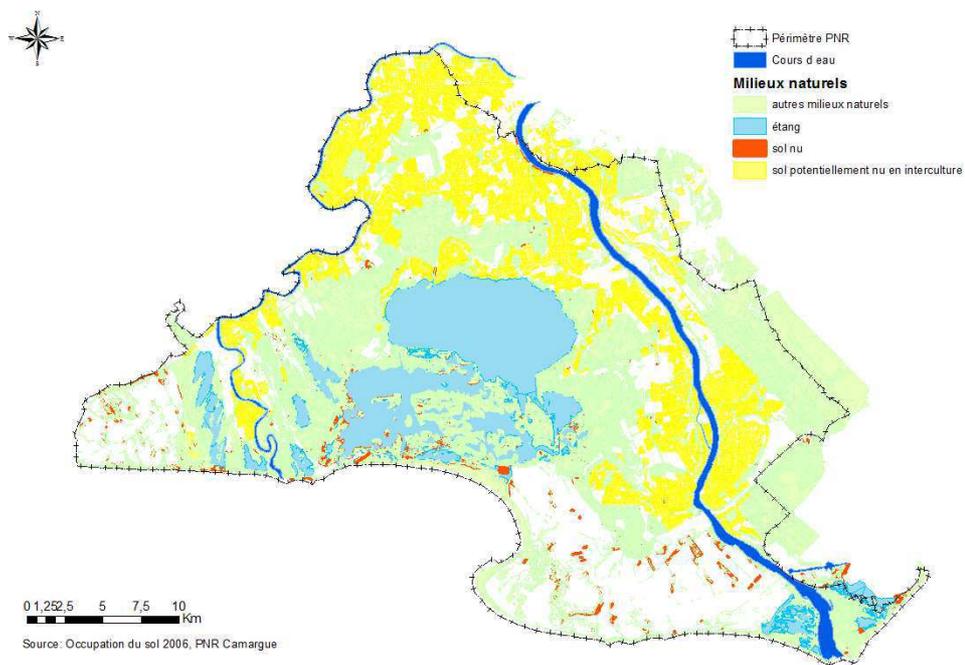
### **3.1.2.5 Protection contre l'érosion des sols**

En milieux non aquatiques, les matières solides sont transportées par l'eau de ruissellement ou le vent. **Les transports solides sont fortement limités par la présence d'un couvert végétal.** La végétation, les racines et les débris végétaux qui couvrent le sol interceptent l'eau, facilitent son infiltration et constituent également un coupe-vent naturel. Ils limitent ainsi la perte de matière et assurent la stabilisation du sol (Ecosphere, 2006). **En milieu aquatique**, de nombreuses études (Gomez-Baggethun et al., 2011 ; Garcia-Murillo et al., 2006) ont démontré **l'importance de la végétation et particulièrement celle des macrophytes dans la stabilisation du sol des marais.**

La sensibilité à l'érosion des sols camarguais n'a pas fait l'objet d'études particulières. Pourtant, l'importance du facteur éolien pourrait laisser penser qu'il existe un risque. On peut citer la présence de haies coupe-vents entourant les parcelles agricoles, essentiellement dans le nord du delta. Elles combinent des objectifs de réduction de l'évaporation, de protection des cultures (contre la verse par exemple) et la réduction d'une érosion du sol par le vent (Vadon A, *com. pers.*). **Les surfaces ayant un couvert végétal toute l'année représente 82 030 ha soit 80% de la superficie** du territoire étudié. On a retiré à la surface totale de la zone d'étude (1) les surfaces en sol nu (1 170 ha en 2006) et (2) les surfaces cultivées dont le sol est potentiellement nu en hiver (18 045 ha en 2006) (figure 3.23).

Cette forte proportion de surfaces ayant une couverture végétale peut expliquer que la zone d'étude ne rencontre pas de problème important d'érosion des sols. Le service écosystémique considéré serait donc rendu sans être connu avec précision.

Toutefois, la question des conséquences de l'érosion se pose quand même dans un secteur particulier de la zone d'étude : le littoral. Bien que le recul du trait de côte soit très souvent cité, selon les zones observées, on constate soit une érosion (progression de la mer sur les terres) soit une accrétion (progression des terres sur la mer) (carte 3.10) (Sabatier et Provansal, 2002). La mobilité du littoral est naturelle mais à des échelles



**Figure 3.23: Carte de la répartition géographique des surfaces en sol nu de manière permanente ou non dans le PNRC (source: occupation du sol 2006, PNRC)**

supérieures aux générations humaines (Picon et Provansal, 2002). Le complexe deltaïque étant remanié au fil des évolutions des dépôts sédimentaires du fleuve, de leur reprise par les courants marins et du niveau de la mer. Actuellement, l'érosion du littoral camarguais pose problème car elle se localise notamment sur des zones à enjeux touristique et économique forts (figure 3.17) comme la ville des Saintes-Maries-de-la Mer. De nombreux aménagements ont été construits (épis brise lames, etc.) afin de protéger la côte. Des simulations ont été réalisées en cas de « non protection » et le recul de la côte atteindrait plusieurs centaines de mètres avec submersion des milieux de sansouires d'arrière dune (Sabatier, 2001). Le village des Saintes-Maries-de-la-Mer serait isolé par des lagunes permanentes...

Sur cette question, les écosystèmes, tels qu'ils sont gérés aujourd'hui, ne rendent pas pleinement un service de protection contre l'érosion.

### **3.1.2.6 Pollinisation**

La pollinisation est essentielle à la plupart des plantes pour leur reproduction, y compris les variétés cultivées (De Groot et al., 2002). Elle est assurée par de nombreuses espèces sauvages (insectes, oiseaux, chauve-souris...). Sans cette fonction, de nombreuses variétés de plantes s'éteindraient et la plupart des cultures deviendrait impossible. Le service « pollinisation » correspond à la dépendance des cultures à la pollinisation naturelle.

En Camargue, les principales cultures sont le riz et le blé qui sont des plantes majoritairement anémophiles. Les recherches n'ont pas permis d'obtenir des données plus précises à ce sujet.

### **3.1.2.7 Contrôle biologique**

Les communautés biotiques des écosystèmes naturels ont développé de nombreuses interactions et processus de *feed-back* qui jouent un rôle de prévention dans l'émergence de maladies et de ravageurs (De Groot et al., 2002). D'après Ehrlich (1985), les écosystèmes naturels contrôlent plus de 95% de tous les ravageurs potentiels des cultures et des vecteurs des maladies humaines.

Les recherches n'ont pas permis d'obtenir des données précises à ce sujet sur la zone d'étude.

## **3.1.3. Services de soutien**

### **3.1.3.1 Habitats des espèces**

Les zones humides sont situées à l'interface du milieu terrestre et du milieu aquatique. Cette position associée aux variations locales de climat, de pH, de teneurs en matières organiques, de salinité, etc. en font des milieux très diversifiés. Généralement, ces milieux sont très productifs et on y trouve un grand nombre d'espèces : à ce jour, 126 000 espèces y ont été recensées (Ecosphere, 2006 ; Galewski et al., 2012). C'est ainsi que 25% des vertébrés trouvent refuge dans les zones humides qui couvrent moins de 1% de la surface du globe (Galewski et al., 2012).

Ce sont des zones clés pour de nombreuses espèces qui les fréquentent pendant leur migration ou une phase de leur cycle biologique (Fustec et al., 2000). Par exemple, certaines espèces ont besoin d'un habitat spécifique pour leur reproduction. Si celui-ci est dégradé ou non accessible, l'espèce ne peut se reproduire et ne se maintient pas.



La richesse faunistique des zones humides, qui résulte de ces associations entre espèces strictement inféodées et espèces n'effectuant qu'une partie de leur cycle biologique en zone humide, varie donc dans le temps et dans l'espace, notamment en fonction des saisons et des périodes d'exondation et d'inondation.

La mosaïque de milieux qui constitue la Camargue en fait une **zone d'une grande diversité d'habitats**. Le territoire du PNRC compte **29 habitats d'intérêt communautaire** (23 terrestres et 6 marins) dont **6 définis comme prioritaires** (figures 3.24 et 3.25 et liste en annexe 5). Ces habitats s'étendent sur 81 782 ha soit 72% du territoire du PNRC (PNRC, 2009).

Cette multiplicité d'habitats s'accompagne d'un grand nombre d'espèces présentes. A ce jour, **on recense 5 700 espèces végétales et animales**, résidentes ou en migration, sur la zone étudiée (Aufray et Perennou, 2008).

Ainsi, la Camargue abrite une flore très variée comptant plus de 1000 espèces de plantes supérieures, une grande diversité piscicole avec plus de 75 espèces de poissons d'eau douce, saumâtre ou de mer et de très nombreuses espèces d'oiseaux dont environ 120 espèces nicheuses (Aufray et Perennou, 2008).

La Camargue est également une étape importante à la migration des oiseaux. Elle se situe sur une voie migratoire entre le continent africain et le nord de l'Europe. **Près d'un million d'oiseaux transitent chaque année par la Camargue**. 150 000 de ces oiseaux y séjournent et ils appartiennent à plus de 350 espèces différentes. Ainsi, **la Camargue accueille finalement 75% des espèces d'oiseaux d'eau recensées en France**.

La multiplication des différents périmètres portant sur des mesures d'inventaires type ZICO et ZNIEFF (3 ZNIEFF de type I et 18 de type II dont 4 en mer), de protection ou de gestion (réserve nationale, réserve régionale, zone RAMSAR, Natura 2000, réserve de biosphère) atteste également de l'importance que le site revêt pour la biodiversité à l'échelle régionale, nationale et internationale. Ainsi, 15 880 ha sont protégés par un statut de réserve soit 15% de la surface totale du PNR, principalement localisés dans la zone centrale du delta. Les différentes formes de protection et leur étendue respective sont présentées sur la figure 2.7.

### **3.1.3.2 Maintien de la diversité génétique**

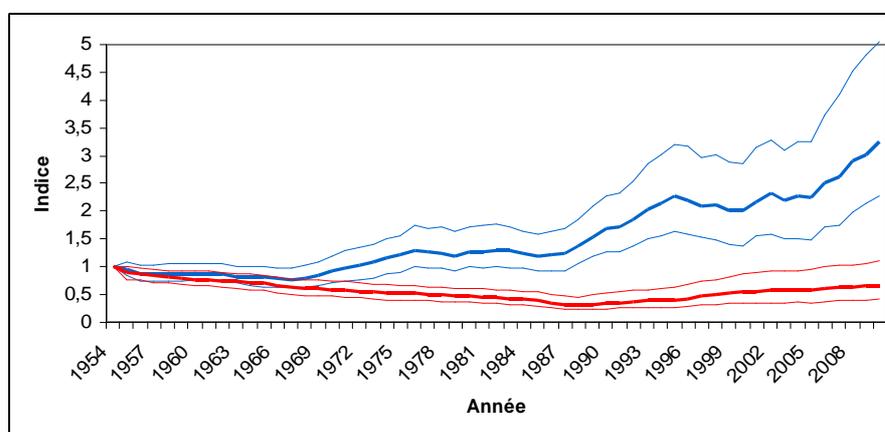
Le maintien de la diversité génétique est un service fortement en lien avec le service de soutien des habitats. En effet, c'est en permettant la vie ou le déroulement de certaines étapes clés de la vie d'espèces animales et végétales que les écosystèmes participent au maintien de la diversité génétique (De Groot et al., 2002). L'ensemble des écosystèmes peut donc être vu comme une « réserve » d'information génétique. Cette ressource génétique contiendrait des informations sur les adaptations à l'environnement acquises depuis plus de 3,5 milliards d'années d'évolution et stockés dans le matériel génétique de millions d'espèces (De Groot et al., 2002).

Pour maintenir la viabilité de cette ressource génétique (à travers les processus d'évolution), le maintien des écosystèmes naturels en tant qu'habitats pour les plantes et les animaux sauvages est donc essentiel.

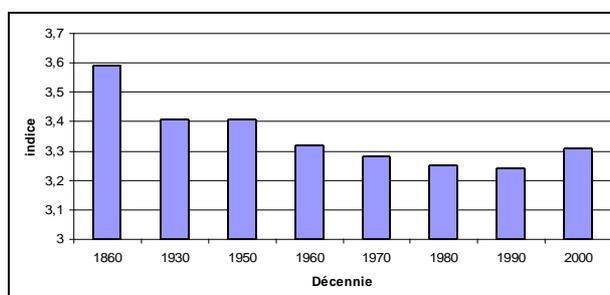
Les zones humides tiennent une place particulière dans ces processus. En effet, les conditions très variables qui existent dans ces milieux rendent nécessaire des adaptations de la part des espèces qui les habitent. Ces adaptations sont à la fois dépendantes et créatrices de diversité génétique (CGDD, 2010).

**Tableau 3.2 : Données sur les espèces menacées (source PNR(b), 2009)**

	flore	poissons	invertébrés	mammifères	oiseaux
Nombre d'espèces d'intérêt patrimonial	72	11		9	111
Nombre d'espèces inscrites au livre rouge national	20	8	6		5 « en danger » 12 « vulnérable »
Nombre d'espèces inscrite sur la liste de protection nationale	18	3			
Nombre d'espèces inscrite sur liste de protection régionale	34				



**Figure 3.26 : Indices Planète Vivante des oiseaux d'eau (bleu) et oiseaux terrestres (rouge) en Camargue (les courbes claires représentent les intervalles de confiance) (source : Galewski et al., 2012)**



**Figure 3.27 : Evolution de l'indice de spécialisation des communautés d'oiseaux nicheurs de Camargue depuis 1860 (source : Galewski et al., 2012)**

Différents experts ont émis l'hypothèse que si l'on préservait la variabilité naturelle des écosystèmes, on maintiendrait les conditions de vie propices à un grand nombre d'espèces (Ecosphere, 2006). Ainsi, en assurant la présence, dans l'espace et dans le temps, du maximum d'écosystèmes qui caractérisent un territoire en termes de composition, de structure, de classes d'âge, de superficie et de répartition spatiale, on devrait être en mesure de préserver des conditions d'habitats qui répondent aux besoins d'un maximum d'espèces. Les espèces menacées ou vulnérables doivent par ailleurs faire l'objet de mesures particulières. Pour maintenir la viabilité de cette ressource génétique (à travers les processus d'évolution), le maintien des écosystèmes naturels en tant qu'habitats pour les plantes et les animaux sauvages est donc essentiel. La mosaïque d'habitats et la situation géographique de la Camargue en font un des hauts lieux de la biodiversité en Europe : plus de 400 espèces d'oiseaux y ont déjà été observées ; 289 y sont régulières chaque année (Aufray et Perennou, 2008 ; Galewski et al., 2012).

Le site étudié compte 21 espèces faunistiques d'intérêt communautaire et 20 espèces avifaunistiques d'intérêt communautaire à enjeu majeur (cf. tableau 3.2 et liste en annexe 6) (PNRC (b),2009).

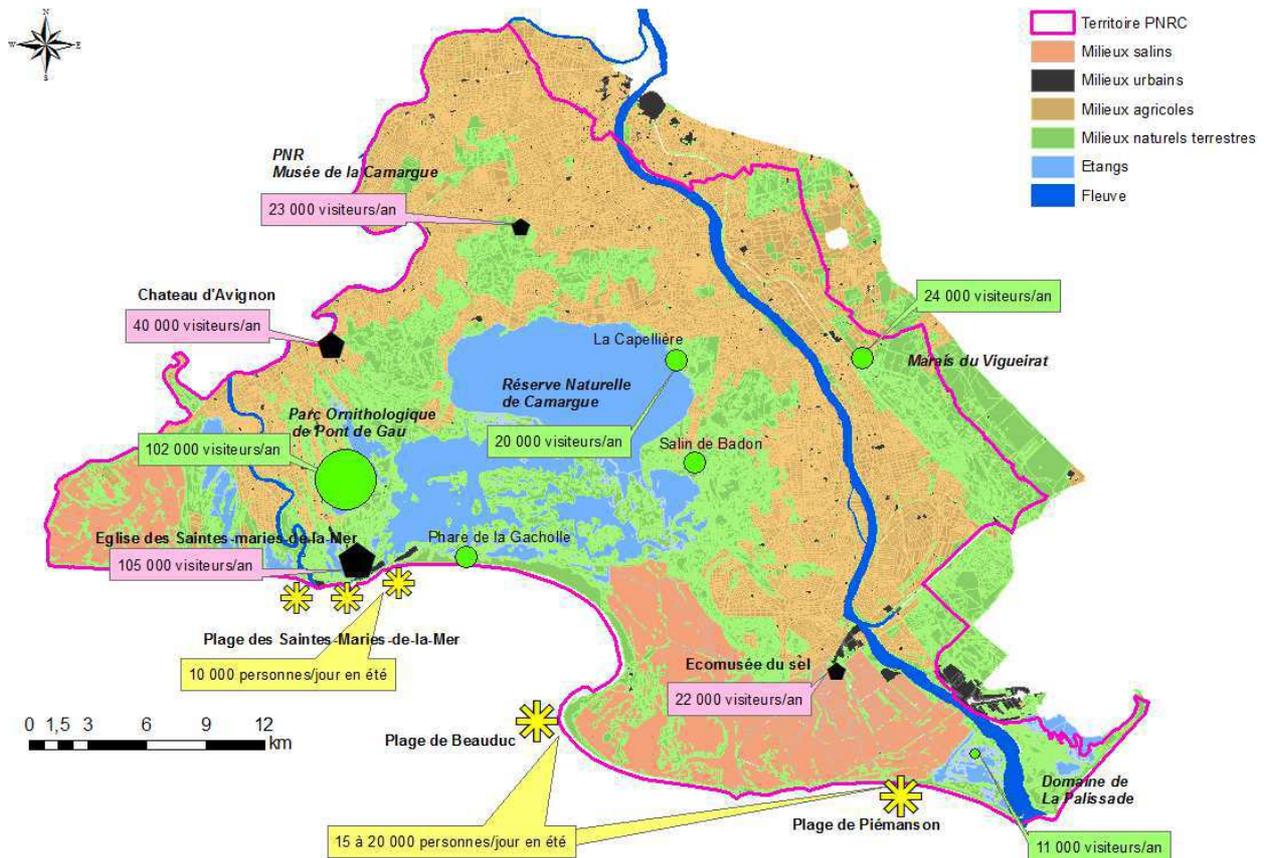
Les suivis de faune en Camargue sont largement focalisés sur les oiseaux qui bénéficient de suivis scientifiques à très long terme (Aufray et Perennou, 2008). Ainsi, on observe depuis le début siècle, que la diversité des peuplements n'a pas diminué en Camargue, au moins chez les plus connus : les vertébrés (Galewski et al., 2012). **Le nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs et de mammifères n'a également pas cessé d'augmenter depuis le milieu du 19ème siècle.** Le suivi de l'Index Planète Vivante en Camargue (figure 3.26) montre une diminution de l'indice des oiseaux terrestres entre 1954 et 1987 (-70%). Cet Index est, depuis 1998, l'indicateur de référence utilisé par le World Wide Fund for Nature (WWF) et permet de mesurer l'état de conservation des grands écosystèmes mondiaux et de leur biodiversité. Cette diminution serait vraisemblablement en lien avec l'extension des zones humides artificielles (rizières et salins) aux dépens des mares temporaires saumâtres, pelouses et haies, habitats de nombreuses espèces d'oiseaux terrestres (Galewski et al., 2012).

**Le suivi de l'indice de spécialisation de la communauté des oiseaux nicheurs en Camargue (figure 3.27) présente également une forte diminution sur deux périodes :** la première au moment de l'endiguement du delta vers 1860 et 1930 et la seconde dans les années 1960, époque de conversion de vastes espaces naturels en espaces agricoles, industriels et touristiques (Galewski et al., 2012).

C'est la combinaison des deux services de soutien, traduits par l'importance de la superficie des habitats, la richesse inter-spécifique, l'importance des populations et la faiblesse des pressions anthropiques qui confère à la zone d'étude son caractère de véritable réservoir de biodiversité.

**Tableau 3.3 : Les différents musées de Camargue (sources: Trouillet, 2011; enquêtes directes en 2012)**

	Gestionnaire	Nombre de visiteurs annuels (chiffres 2008, source Comité Départemental du Tourisme 13)	Thème principal
Musée de la Camargue	PNR	23 000	Traditions camarguaises
Écomusée du sel		22 000	Sel et Camargue
Musée du riz de Camargue	Entreprise privée	?	Riz et Camargue
Musée Baroncelli		(fermé depuis 2009)	Culture gardiane



**Figure 3.28: Carte de localisation des principales zones touristiques du PNR (Sources : Trouillet, 2011 ; PNR, 2009)**

(en jaune: les plages; en rose: les sites touristiques culturels; en vert: les sites naturalistes)

### 3.1.4. Services culturels

#### 3.1.4.1 Le tourisme

Les écosystèmes naturels ont une valeur importante en tant que lieux où les personnes peuvent aller pour se reposer, se relaxer, se rafraîchir et se distraire (De Groot et al., 2002). A travers leurs qualités esthétiques et une variété de paysages quasi illimitée, les environnements naturels procurent de nombreuses opportunités pour des activités récréatives, comme la randonnée pédestre, le camping, la pêche, la baignade et la découverte de la nature (De Groot et al., 2002). Cette multiplicité d'activités permet le développement d'une activité économique: le tourisme (Ecosphère, 2006). Avec un accroissement du nombre de personnes, de l'affluence et des temps de loisirs, la demande de récréation dans les sites naturels devrait vraisemblablement continuer à augmenter dans le futur (De Groot et al., 2002).

**Le tourisme est l'activité économique qui prédomine en Camargue** (PNRC, 2006) bien qu'elle ne représente que 2,6% des destinations touristiques des Bouches-du-Rhône. Son chiffre d'affaire global est estimé à **35 millions d'euros** sur le PNRC (Calvet et al., 2011) et il s'accompagne de nombreux emplois induits et saisonniers. Ainsi, plus de 25% des emplois salariés sont liés à l'activité touristique en haute saison, essentiellement aux Saintes-Maires-de-la-Mer (PNRC, 2009(b)).

Les visiteurs du PNRC, estimés à 521 000 personnes par an (Calvet et al., 2011) peuvent être répartis en deux groupes :

- \* les touristes représentent 73% des visiteurs annuels. Ils sont principalement originaires de la région Rhône-Alpes, de l'Ile-de-France ou de l'étranger. La durée moyenne de leur séjour est de 3,35 jours et 9% reviennent plusieurs fois par an.

- \* les excursionnistes sont estimés à 140 700 personnes et viennent surtout des régions voisines (PACA (45%) et Languedoc-Roussillon (15%)). Plus d'un sur trois revient plusieurs fois par an.

Ces visiteurs viennent pratiquer différentes formes de tourisme (figure 3.28)(Edater, 2006) :

- \* le tourisme balnéaire classique : principalement organisé dans le secteur des Saintes-Maries-de-la-Mer à l'ouest du delta. Les plages de cette commune accueillent jusqu'à 10 000 personnes par jour en été. Ce village regroupe 90% des établissements de restauration et des offres d'hébergement de Camargue (campings et hôtels confondus) portant ainsi son potentiel d'accueil à 40 000 visiteurs par jour et un total d'un million de touristes en été (PNRC, 2009 (b)). Cette sur-fréquentation saisonnière a des conséquences sur les milieux naturels avec notamment une dégradation de la qualité des eaux laguno-marines liée à la surcharge de la station d'épuration du village (PNRC, 2009 (b)).

- \* le tourisme balnéaire « sauvage » : il est essentiellement développé dans les secteurs de Beauduc et de Piémanson à l'est (figure 3.28) et est caractérisé par une occupation illégale de la frange littorale. Ce camping sauvage (tentes, caravanes, camping-cars, cabanons) est très dense en été et on estime la fréquentation journalière à 15 à 20 000 personnes de mai à novembre (Trouillet, 2010). Cette concentration de visiteurs n'est pas sans conséquence sur l'état des milieux naturels : sur-fréquentation des habitats fragiles littoraux (plages, dunes), dérangement des populations nicheuses de laro-limicoles sur les plages et dégradation de la qualité de l'eau en zone laguno-marine par l'absence de maîtrise des rejets (PNRC, 2009(b)).

Les différents types de chasse :

\* **la chasse communale** : cette chasse fonctionne grâce à une cotisation à l'association de chasse de la localité. Cette cotisation donne le droit à l'accès à un territoire de chasse, composé de terrains publics ou privés, loués par l'association. Il existe des conditions à remplir pour être adhérent (habiter sur la commune, être un descendant d'un habitant, etc.). Seuls quelques actionnaires extérieurs sont acceptés (Aubert B, *comm. pers.*).

\* **la chasse privée** : le droit de chasse est loué par le chasseur directement au propriétaire ou à un actionnaire principal appelé Président de chasse ou Actionnaire principal. On parle alors d' « actions de chasse ». Le nombre d'actionnaires s'échelonne en général de 3 à 11 personnes. Le coût varie selon la propriété mais il peut atteindre plusieurs milliers d'euros dans les meilleurs cas (Mondain-Monval *et al.*, 2009). Ce type de chasse concerne la plupart des propriétés privées.

\* **la chasse relationnelle ou d'affaires** : elle est réservée aux invités du propriétaire du lieu de chasse. Très développée dans les années 1970, elle a fortement régressé depuis (Aufray et Perennou, 2008).

\* **la chasse commerciale** : appelée aussi chasse à la journée, ce type de chasse est apparu dans les années 70. Comme la précédente, il a beaucoup diminué depuis (4 recensées en 2004) (Aufray et Perennou, 2008).

Encadré 3.5: Les différents types de chasse en Camargue (adaptation d'après Aufray et Perennou, 2008)

Tableau 3.4: Estimation des effectifs de chasseurs en Camargue

Nombre de chasseurs en Camargue	Tamisier et Dehorter (1999)	Mathevet (2000)	Mondain-Monval et al. (2009)
En chasse privée	1200	4 à 5000	1200
En chasse communale	6000		2930

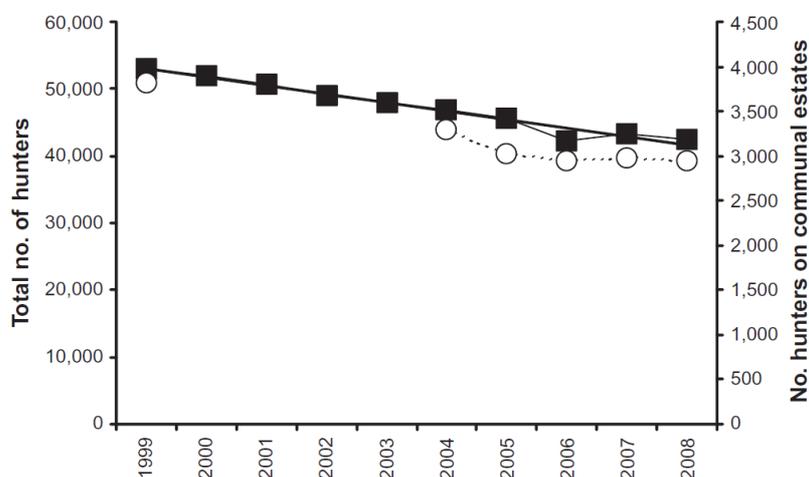


Figure 3.29: Evolution du nombre total de chasseurs en Camargue et zones avoisinantes (i.e. départements 30 et 13) (carrés pleins) et du nombre de chasseurs en chasse communale sur la même zone (ronds vides) (source : Mondain-Monval et al., 2009)

Tableau 3.5 : Estimations du nombre de jours chassés et des prélèvements en Camargue et zones avoisinantes (départements 13 et 30)(source: Mondain-Monval et al., 2009)

	Nombre moyen de jours chassés/ saison/ chasseur	Nombre moyen de canards chassés/saison/ chasseur
En chasse privée	41,5	72
En chasse communale	26	10,6

\* le tourisme « nature et découvertes » s'appuie sur des circuits et des centres de découverte. Les principaux sites naturels ouverts au public sont le domaine de La Palissade (11 000 visites/an en 2010), la Réserve Naturelle de Camargue avec trois points d'accueil (environ 20 000 visiteurs/an): La Capellière, Salin de Badon et le phare de la Gacholle, le Parc Ornithologique de Pont de Gau (102 000 visiteurs/an) et les marais du Vigueirat (24 000 visiteurs/an) (figure 3.28) (chiffres 2010 collectés auprès de chaque structure, *com.pers.* ; Trouillet, 2010). Les aménagements sont nombreux pour canaliser le public sur les sentiers et en certains points dédiés à l'observation afin de limiter le dérangement de la faune et l'éventuel impact sur les écosystèmes. Certains gestionnaires appliquent même des quotas de fréquentation au delà desquels ils orientent le public vers d'autres sites (Trouillet, 2010).

\* le tourisme « culturel » de découverte des traditions camarguaises est proposé par de nombreux acteurs locaux (sites spécialisés, manadiers). Les thèmes sont orientés autour des chevaux et des taureaux ainsi que les principaux monuments de la Camargue : le Château d'Avignon (40 000 visiteurs/an) et l'église des Saintes-Maries-de-la-Mer (105 000 visiteurs payants/an) (Conseil Général des Bouches du Rhône, *com.pers.*). Quatre musées sont présents sur le territoire actuel du PNRC (tableau 3.3).

### **3.1.4.2 Divertissement et bien-être mental et physique**

Le rôle des paysages naturels d'un site agit sur le maintien du bien-être des populations. Les espaces ouverts, la proximité de l'eau et les vues dégagées sont, par exemple, très souvent cités comme un facteur d'attraction principal des propriétaires ou des résidents des zones littorales (MEA, 2005). Cette valeur dite « esthétique » peut avoir une importance économique considérable (De Groot et al., 2002) en lien notamment avec le tourisme et les activités récréatives (promenades, chasse, pêche de loisirs, activités de plein air). Le fait que les zones humides abritent une grande quantité d'animaux et notamment d'oiseaux et de poissons participe à l'intérêt de ces zones pour les chasseurs et les pêcheurs.

### **La chasse**

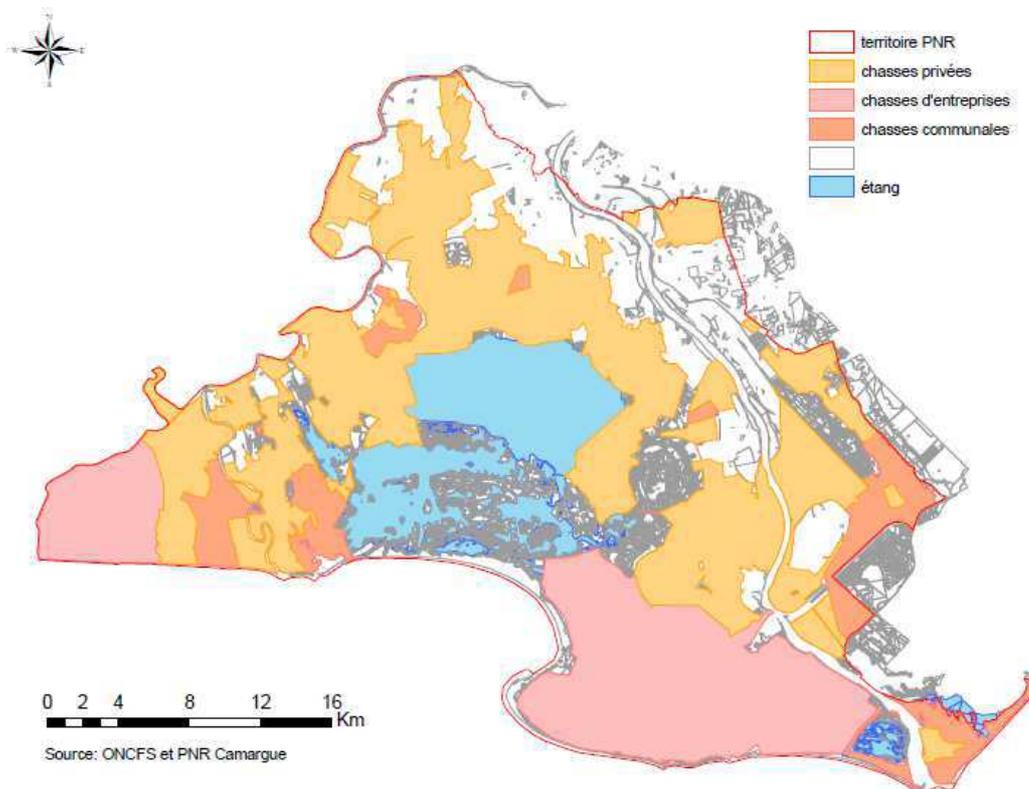
La chasse est bien représentée en Camargue en lien avec l'abondance et la diversité de gibier. La grande majorité est du gibier d'eau. Souvent, ce sont des oiseaux migrateurs qui stationnent temporairement dans le delta (de quelques semaines à plusieurs mois). On estime ainsi que 120 à 180 000 canards et foulques y hivernent chaque année (Aufroy et Perennou, 2008). Toutefois, la présence de gros gibier tel que le sanglier est également fortement appréciée de certains chasseurs (Arsac A, *comm. pers.*)

On peut distinguer quatre grands types de chasse : les chasses communales, privées, d'affaires et commerciales (encadré 3.3)(Mathevet, 2004). Les surfaces chassées couvrent environ 55 000 ha (Aufroy et Perennou, 2008) soit **59% du territoire du PNRC** (figure 3.30). En superficie et en nombre, les chasses privées dominent largement avec 34 700 ha.

Cette grande diversité des pratiques ainsi que l'importance des chasses privées font que le nombre de chasseurs en Camargue n'est pas connu avec précision. Il a fait l'objet de plusieurs estimations présentées dans le tableau 3.4. La tendance est à la baisse depuis les années 1970 (figure 3.29). Cette évolution a été confirmée par les acteurs locaux (Aubert B et Arsac A, *comm. pers.*).

**Tableau 3.6 : Exemples de mesures de gestion de chasse pratiquées en chasses communales (sources: Aubert B et Arsac A *comm. pers.*)**

	Chasse de terre	Chasse de marais
Lâchers de gibiers	Faisans (500 à 600 individus) + couples reproducteurs perdreaux (0 à 200) lapins (300 en dehors du delta)	aucun
Nourrissage	30 agrainoirs ou agrainage à la volée	aucun
Régulation du niveau de prélèvement	3 gibiers maxi/chasseur/jour ou 2 gibier à plume chasseur/jour et maxi 3 lapins/chasseur/jour	
Régulation du temps de prélèvement	2 ou 3 jours/ semaine (+ les jours fériés)	
Gestion et type d'entretien des habitats	Gyrobroyage une ou deux fois par an	Pâturage par des bovins ou des équins Assèchement périodique des marais Coupe des roseaux
Contrôle des prédateurs	captures de renards	



**Figure 3.30 : Carte des surfaces de chasse sur le territoire du PNRC (source : ONCFS; site PNRC 2012)**

La pression de chasse est également difficile à apprécier avec précision. Quelques chiffres issus d'enquêtes volontaires ont permis d'avoir des chiffres moyens (tableau 3.5).

**La Camargue est une zone de chasse au gibier d'eau parmi les plus importantes de France.** La chasse y est une activité économique à part entière. Le revenu qu'elle procure à l'économie locale est estimé à **5,5 millions d'euros** et elle permettrait le financement de 74 emplois permanents (UICN, 2008).

De ce fait, les zones de chasse sont gérées pour rester des zones attractives pour le gibier par différentes actions : agrainages, gestion du niveau d'eau des marais, entretien de l'ouverture des milieux, exclusion à d'autre type d'usage (pâturage de bovins exclu pour certains), etc. (Mathevet, 2000). Ceci nécessite souvent l'emploi d'un « gestionnaire-garde chasse » en chasses privées ou l'investissement de bénévoles en chasses communales. Des lâchers de gibier sont également réalisés en fonction des choix des gestionnaires (tableau 3.6). A titre d'exemple, les lâchers annuels de Colvert (*Anas platyrhynchos*) sont estimés, à minima, à plus de 50 000 individus en Camargue (Champagnon, 2011). Ce nombre est à mettre en relation avec une population hivernante évaluée à 40 000 individus. Ces lâchers peuvent avoir des incidences sur les populations sauvages par compétition entre les individus, par l'introduction de pathogènes ou par d'éventuelles modifications génétiques ayant des répercussions comportementales ou morphogénétiques. Globalement, les effets de ces lâchers de Colverts seraient modérés à ce jour (Champagnon, 2011).

La chasse a une autre conséquence : le saturnisme des oiseaux. Pratiquée avec des munitions en plomb qui se retrouvent en grand nombre dans les milieux, elle conduit à l'intoxication des canards et des limicoles qui en ingèrent souvent par mégarde. En effet, ces espèces les confondent avec des petits cailloux indispensables au bon fonctionnement de leur gésier. Ainsi plus de 35% des canards abattus en 2001 avaient du plomb dans le gésier (Aufray et Perennou, 2008). L'usage des munitions à base de plomb est interdite depuis 2006.

### **La pêche de loisirs**

La zone étudiée est riche en habitats aquatiques (Rhône, marais, canaux, etc.) et donc en espèces de poissons. Elle est appréciée des pêcheurs de loisirs. L'Association de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (APPMA) d'Arles est l'une des plus importantes du département avec **1 157 adhérents** en 2010 (Tischendorf G, *com. pers.*). Cela s'explique en partie par l'étendue du domaine de pêche de la commune et l'existence d'une école de pêche (Tischendorf G, *com. pers.*). Des accords de réciprocité autorisent les adhérents d'autres APPMA à pêcher sur ce territoire. La fréquentation réelle des zones de pêche du territoire du PNRC est donc difficile à connaître avec précision.

Les poissons les plus fréquemment pêchés dans le delta sont les brochets et les sandres, essentiellement dans les canaux. Les quantités pêchées ne sont pas connues. Les canaux les plus fréquentés sont celui d'Arles à Fos, celui du Vigueirat (côté Plan du Bourg) et celui du Fumemorte. La facilité d'accès du lieu de pêche (en voiture) est un facteur déterminant dans sa fréquentation (Tischendorf G, *com. pers.*).

Cette association ne réalise aucun lâcher dans le delta. La zone en rive gauche du Grand Rhône est par contre régulièrement alimentée. Par exemple, en 2010, 80 kg de Cyprinidés, 150 kg d'alevins de sandre, 150 kg de sandres et 200 kg de brochetons y ont été lâchés. Elle organise également un grand nombre d'animations autour de la pêche et des poissons dans l'objectif de redonner une image attrayante à cette activité qui a été

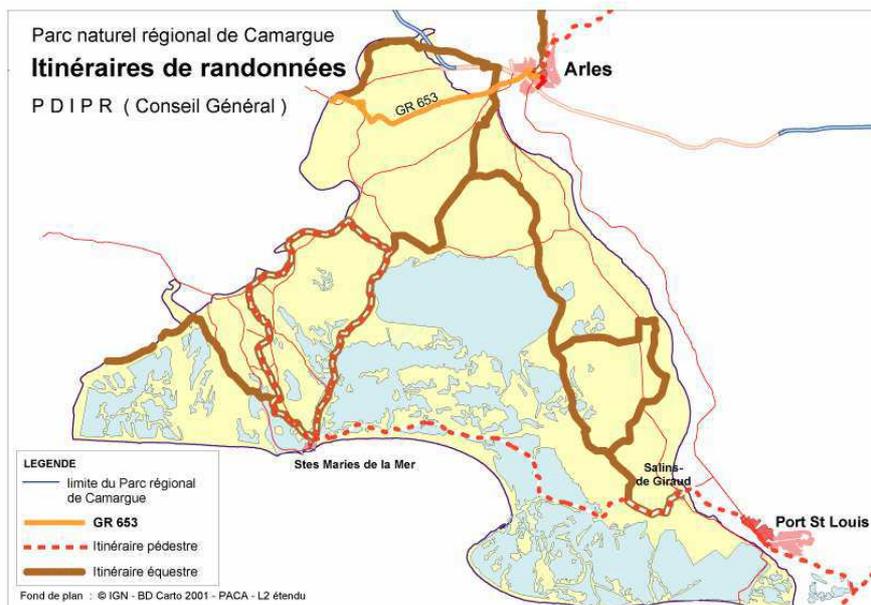


Figure 3.31: Carte des itinéraires pédestres et équestres inscrits au Plan Départemental des Itinéraires de Promenades et de Randonnées (2001) (source: PNRC, 2010)

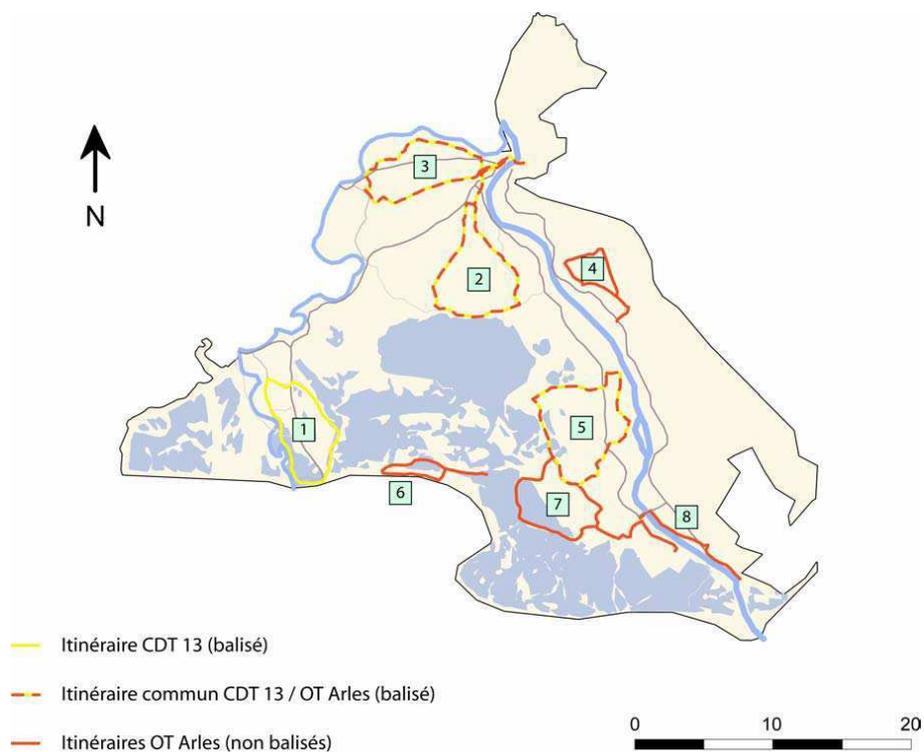


Figure 3.32: Carte des itinéraires VTT dans le PNRC (source: PNRC, 2010)

duement touchée par la découverte de la pollution aux PCB dans le Rhône en 2007 et à l'interdiction de consommer les poissons pêchés. Le nombre d'adhérents a d'ailleurs fortement chuté depuis 2006 avec une baisse de 40% (Tischendorf G, *com. pers.*).

## **Les loisirs de pleine nature**

L'un des contrastes des plus saisissants en Camargue est probablement celui qui existe entre l'image véhiculée de grands espaces ouverts et la réalité de fermeture (propriétés privées, zones protégées...) (PNRC, 2010). Dans ce contexte, l'offre de loisirs de pleine nature se développe au ralenti alors que les potentialités sont bien présentes, au même titre que la demande.

### ***La randonnée équestre***

Le territoire du PNRC présente un cadre idéal à la pratique de cette activité (paysages, terrains). Celui-ci est complété d'une forte culture du cheval en lien avec les activités traditionnelles d'élevage et l'existence du berceau de la race « Cheval de Camargue ». Ainsi, 28 « centres équestres » sont recensés au sein du PNRC dont la très grande majorité (26) est aux Saintes-Maires-de-la-Mer (PNRC, 2010). La plupart d'entre eux organise des promenades à cheval à destination des touristes (de 1h à une demi-journée) et les véritables randonnées (plus de 2 jours) sont très peu fréquentes. Les itinéraires sont d'ailleurs peu nombreux (figure 3.31) et empruntent majoritairement des voies revêtues posant parfois des problèmes de sécurité (PNRC, 2010).

### ***La randonnée pédestre, cyclotouristique ou VTT***

Malgré l'intérêt paysager de la zone et l'absence de dénivelé, **la pratique de ces activités est relativement restreinte** du fait de l'absence de circuits facilement abordables, notamment en boucle (PNRC, 2010). Dans le delta, la randonnée pédestre s'apparente davantage à la promenade pour la majorité des pratiquants, essentiellement aux abords des zones balnéaires (ex : ballade sur la digue à la mer aux Saintes-Maires-de-la-Mer). Le **linéaire de sentiers pédestres balisés totalise 89 km** (PNRC, 2010) mais sa faible connectivité (peu de possibilité de boucles) et la maigre qualité des parcours (souvent sur voies revêtues) font que cette activité reste peu développée.

Comme pour la randonnée équestre, la Camargue présente un intérêt à être parcourue en Vélo Tout Terrain (VTT), mode de déplacement propice à la découverte des milieux naturels et de leur faune. Mais cette pratique ne bénéficie pas d'une bonne image en Camargue du fait de son impact sur le revêtement (arrachage) (PNRC, 2010). Ainsi, peu de chemins leur sont ouverts (figure 3.32) et des conflits existent avec d'autres usagers comme les cavaliers (dangerosité des vélos) ou les chasseurs (dérangement du gibier) (PNRC, 2010). Les loueurs de VTT sont d'ailleurs peu nombreux (3 aux Saintes-Maires-de-la-Mer).

Les possibilités de cheminement cycliste sont plus nombreuses étant donné l'existence d'un réseau routier assez bien développé (PNRC, 2010). Cependant, la configuration de ce réseau (longues parties rectilignes, deux axes principaux desservant la côte) engendre des problèmes de sécurité car les automobilistes sont nombreux et roulent souvent à des vitesses élevées. Ainsi, peu de véritables voies cyclables existent malgré



quelques aménagements récents en ce sens (par exemple, aménagement de l'ancienne voie ferrée sur environ 2 km au Sambuc), limitant ainsi l'intérêt de la région pour la pratique du cyclotourisme.

### ***Les sports de glisse (kite surf)***

Les plages de Camargue présentent des conditions météorologiques propices (vent et soleil) à la pratique de la planche à voile et du kite surf. Les plages de Beauduc et de Piémanson sont d'ailleurs considérées comme d'importants spots européens du kite surf (PNRC, 2010). Le nombre de pratiquants n'est pas connu avec précision. Ils sont comptabilisés dans les chiffres de fréquentation des plages de Piémanson et Beauduc.

### ***L'observation et la découverte de la nature***

L'ensemble des activités qui s'y rapportent contribue de façon prépondérante à l'image et à la réputation de la Camargue (observation d'espèces emblématiques comme le flamant rose par exemple) (PNRC, 2010). Ceci apporte une **plus-value considérable au tourisme local**. Les lieux dédiés à ces activités de découverte de la nature sont paradoxalement des lieux fermés, adaptés et aménagés dans cet objectif et le plus souvent payants (cf. liste, localisation et fréquentation des sites au § 3.1.4.1 « tourisme nature et découvertes » et figure 3.28).

La Camargue attire également un grand nombre d'ornithologues tout au long de l'année. Ils sont souvent autonomes et leur nombre n'est pas connu.

Les activités récréatives présentes sur le territoire du PNRC sont donc nombreuses et variées. Cependant, **leur développement respectif reste modéré**. En effet, les conflits existants entre les différents pratiquants (ex : chasseurs/VTTistes, cavaliers/VTTistes, baigneurs/ kite-surfeurs...) et parfois avec la population locale (ex : dommages causés par les VTT sur les digues par l'arrachement des revêtements) limitent et ralentissent les projets de développement (PNRC, 2010). Certains estiment d'ailleurs qu'il est essentiel de continuer à limiter l'accès aux espaces, considérant que c'est du morcellement en propriétés privées que découle la grande diversité des milieux camarguais (PNRC, 2009).

### ***3.1.4.3 Appréciation esthétique et inspiration pour la culture, l'art et la création***

Les écosystèmes procurent de très nombreuses opportunités pour l'étude de la nature ou l'éducation à l'environnement et peuvent être de véritables laboratoires de « plein air » pour la recherche scientifique (De Groot et al., 2002). Les zones naturelles ont également un rôle incontournable de zones de référence pour le suivi des changements environnementaux.

Ce service se traduit par deux types de valeurs que l'on peut approcher plus ou moins concrètement : la valeur scientifique et la valeur éducative (CGDD, 2011). La valeur scientifique représente l'intérêt du site en terme de recherche et d'études. Elle peut se mesurer par le nombre d'unités de recherche qui s'intéressent au site ainsi que le nombre d'études qui ont été réalisées sur la zone. La valeur éducative correspond aux potentialités éducatives d'une zone. Cela peut se mesurer à la fois par les infrastructures spécifiques (par exemple, sentiers éducatifs) et le nombre de scolaires qui la visitent.

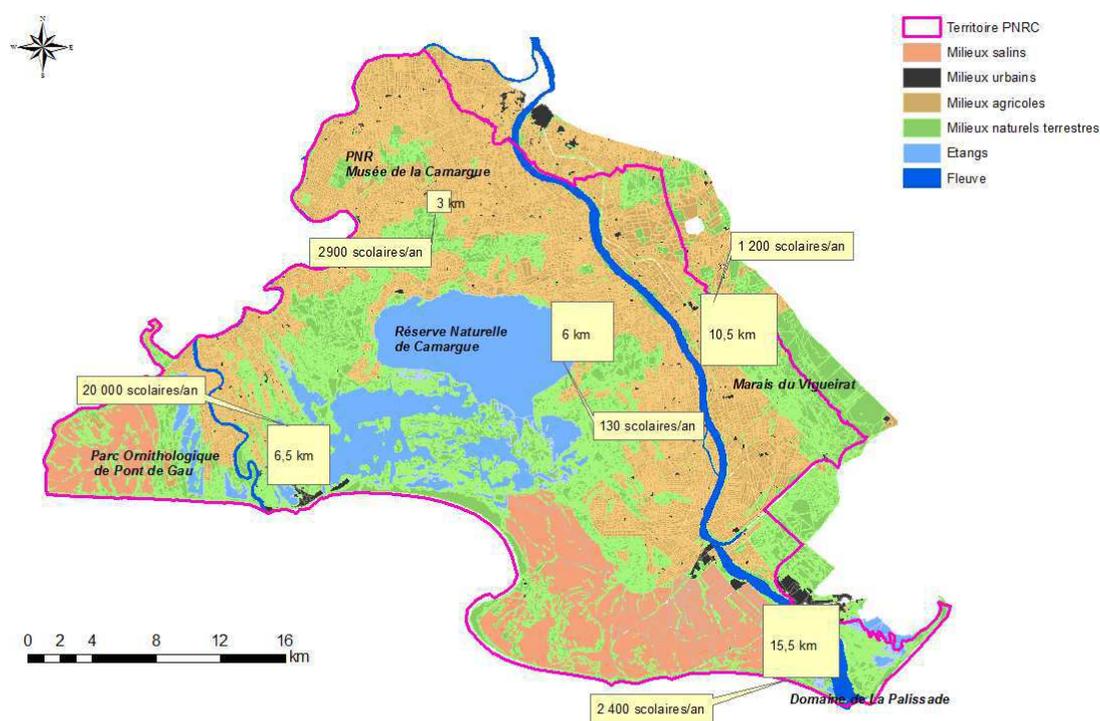
De nombreux laboratoires de recherche ont mené ou mènent actuellement des travaux concernant la Camargue qui fait partie des zones humides reconnues internationalement (Grillas P et Crivelli J, *com. pers.*).

**Tableau 3.7 : Résultats d'une recherche avec le nom de la zone humide considérée dans le titre ou les mots clés**

Nombre de publications par site (au 10/04/2012)	Camargue	Doñana (Espagne)	Baie de Somme
Recherche sur SciVerse	1625	1570	223
Recherche sur SpringerLink	673	648	55
Recherche Wiley online library	1211	1232	127

**Tableau 3.8 : Fréquentation des sites naturalistes par les scolaires (sources: Trouillet, 2011 ; comptes rendus Vigueirat et La Palissade et Brémont C, *com. pers.*)**

	Musée de la Camargue - PNR	SNPN	Marais du Vigueirat	La Palissade	Parc ornithologique de Pont de Gau
Visite de scolaires	2900 scolaires/an	130 scolaires/an	1200 scolaires/an	2300 scolaires/an	20 000 scolaires/an
Linéaire de sentiers découverte	3,5 km	6 km	10,5 km	15,5 km	6,5 km



**Figure 3.33 : Carte des lieux d'accueil des scolaires pour l'éducation à l'environnement et linéaire de sentiers-découverte sur le territoire du PNRC (source : Trouillet, 2011)**

Les sujets d'étude ne se cantonnent pas seulement à l'écologie mais abordent des sujets aussi variés que la dynamique du littoral ou la sociologie. Un centre de recherches privé est d'ailleurs basé au cœur de la Camargue, la Tour du Valat, et il compte une vingtaine de chercheurs. Il est le lieu de nombreuses études scientifiques sur les zones humides méditerranéennes. On estime à **35** le nombre d'**unités de recherche** ayant collaboré à des études sur le territoire Camargue au sens large (Grillas P et Crivelli J, *com. pers.*). La bibliothèque de la Tour du Valat recense **3 047 références en sciences de l'environnement** contenant « Camargue » dans le titre ou les mots clés. Cette recherche montre également que la Camargue fait l'objet d'une cinquantaine de publications par an (articles, livres scientifiques) depuis les années 1980.

Une recherche de références menée sur les principaux moteurs scientifiques du web (tableau 3.7) a montré que **la Camargue est un territoire très souvent étudié par les scientifiques**. A titre de comparaison, quelques chiffres concernant deux autres zones humides d'importance internationale: la Baie de Somme et Doñana sont présentés. Doñana présentant en outre de nombreuses similitudes avec la Camargue (Picon et Ojeda, 1993).

Concernant l'éducation à l'environnement, de nombreuses structures accueillent des scolaires tout au long de l'année. Le nombre de jeunes accueillis est considérable pour certains sites comme le Parc ornithologique de Pont de Gau qui accueillent environ 20 000 scolaires par an (tableau 3.8 et figure 3.33) (Trouillet, 2011).

Les sentiers-découvertes servent aussi de support à l'accueil de publics scolaires. Le linéaire cumulé sur le territoire du PNRC atteint 42 km (PNRC, 2006), ce qui peut paraître faible compte tenu de l'étendue de la zone humide.

#### **3.1.4.4 Expérience spirituelle et relation aux paysages**

La nature est une base importante du folklore et de la culture du fait des nombreuses interactions développées entre les populations humaines et leur environnement (De Groot et al., 2002). Les modes de vies des êtres humains sont ou ont été souvent très influencés par leur cadre naturel. La nature est également une source d'inspiration pour les écrivains, les reporters de magazines, les auteurs de films, les photographes, les peintres ou les sculpteurs (De Groot et al., 2002). Les éléments naturels particuliers comme des arbres très anciens par exemple, procurent un sentiment de continuité et de compréhension de notre place dans l'univers reliant ainsi religions et croyances à la nature. Les zones humides peuvent être des sources d'inspiration artistique, d'une certaine vie spirituelle ou encore culturelle.

L'image de la Camargue, et surtout de l'île de Camargue, est celle d'une terre longuement indomptée et sauvage où évoluaient, sur l'immensité des espaces non clôturés, des hommes libres, « vivant de l'habitat », de rapine, prélevant sur la mer, dans les étangs et les canaux, dans les airs, un gibier plus qu'abondant (Pelen, 1985). « *Dans ce bout du monde, aux mas et petits hameaux distants les uns des autres, l'homme camarguais, individualiste, perçoit comme un idéal son osmose avec les éléments* » (Pelen, 1985).

Cette interdépendance homme-nature est notamment à l'origine de la conservation d'une race particulière de taureaux, plus ou moins sauvage, élevés en liberté (Picon, 1988). Cet élevage de taureaux, principalement destinés aux jeux taurins (courses camarguaises, lâchers de taureaux dans les rues, etc.) joue un rôle

**Tableau 3.9: Récapitulatif des indicateurs de production des services écosystémiques sur le PNRC**

	Indicateur d'état de l'écosystème	Indicateur de performance	Indicateur obtenu en fonction des données disponibles concernant le territoire du PNRC	Données (année <sup>3</sup> )
<b>Services d'approvisionnement</b>	<i>(quantité de service présente)</i>	<i>(quantité utilisable de façon durable pour l'écosystème)</i>		
Nourriture	Quantité de poissons ou de coquillages pêchée  Quantité d'aliments produits pour chaque culture et chaque élevage	Quantité maximum qui peut être pêchée de façon durable  Quantités maximum qui peuvent être récoltées de façon durable	<b>Pêche professionnelle</b> estimation du nombre de pêcheurs en mer estimation des quantités pêchées en mer estimation du nombre de pêcheurs en étangs estimation des quantités pêchées en étangs nombre de permis de pêche de tellines estimation des quantités de tellines pêchées <b>Agriculture</b> total surfaces cultivées sur le PNRC surfaces cultivées en riz rendement moyen du riz estimation surfaces cultivées en riz biologique surfaces cultivées en blé surfaces utilisées pour le pâturage estimation du nombre total de têtes de bétail Taureaux Camargue Taureaux de combat espagnol Chevaux Camargue Ovins	30 (2009*) 60 tonnes (2006*) 20 à 30 (2009*) ? 90 (2006*) 635 tonnes (2006*)  28 674 ha (2006) 11 175 ha (2006) 5 tonnes/ha 770 ha (2010*) 6 565 ha (2006) 15 000 ha (2012*) ? 8 500 têtes (2008) 5 500 têtes (2008) 6 000 têtes (2008) 7 000 têtes (2009)
Matières premières	Biomasse produite	Récolte maximum de façon durable	<b>Roseaux</b> surfaces exploitées en roseaux estimation quantité récoltée/ha <b>Sel</b> surfaces d'exploitation salinière quantité de sel produite	340 ha (2011) 500 bottes/ha (1999)  9 500 ha (2011) 300 000 tonnes (2006)
Ressource en eau	Quantité consommée	Quantité consommable	Quantité consommée	?
Ressources médicinales			Quantité récoltée	?
<b>Services de régulation</b>				
Purification de l'air			Moyenne des températures données de pollution atmosphérique sur la zone	
Régulation du climat (incluant stockage du C)	Quantité de gaz à effet de serre stocké		Surfaces occupées par les boisements et les ripisylves	3 789 ha (2006)
Atténuation des phénomènes extrêmes	Volume d'eau stockable	Seuil de protection des populations et des biens	Inondations : volume d'eau stockable dans le système Vaccarès	106 millions m <sup>3</sup> à 0 m NGF 182 millions m <sup>3</sup> à 0,5 m NGF
Traitement des eaux usées - influence sur la qualité de l'eau	Quantité d'azote dénitrifiée Quantité de polluants retirés	Quantité maximum de polluants qui peuvent être traités de façon durable	Concentration en nutriments et polluants des eaux du Rhône et du Vaccarès	cf. figure 3.9
Prévention de l'érosion	Surface couverte par la végétation	Quantité de sols retenue	Surfaces couvertes par la végétation de façon permanente	82 030 ha (2006)
Pollinisation			Nombre d'espèces pollinisatrices	?
Contrôle biologique			?	
<b>Services habitat</b>				
Maintien des cycles de vie	Nombre d'espèces ou d'individus migrateurs		Superficie des habitats superficie des zones protégées	81 782 ha (2009*)
Protection du pool génétique	Biodiversité naturelle intégrité des habitats		Suivi de l'Index Planète Vivante oiseaux d'eau oiseaux terrestres nombre d'espèces inscrites sur la liste rouge UICN suivi de l'Indice de Spécialisation des Communautés	2 (1999); 3 (2009) 0,7 (1999); 0,8 (2009)
<b>Services culturels</b>				
Tourisme	Nombre de zones à « haute valeur paysagère » reconnue	Nombre maximum de visiteurs supporté par les écosystèmes	nombre de visiteurs/an fréquentation des plages Saintes-Maries-de-la-Mer (été) fréquentation à Beauduc et Piémanson (de mai à nov)	521 000 visiteurs/an (2006) 10 000 personnes/jour (2009*) 15 à 20 000 pers./jour (2011*)
Divertissement et bien-être mental et physique (activités récréatives)	Surface des zones à intérêt pour la pratique d'activités récréatives	Nombre maximum de personnes supporté par les écosystèmes	surfaces chassées estimation du nombre de chasseurs nombre de pêcheurs de loisirs (APPMA d'Arles) estimation du nombre d'activités récréatives pratiquées sur la zone linéaire sentier pédestre	55 000 ha (2008*) 4 130 chasseurs (2009*) 1 157 adhérents (2010)  6 89 km (2010*)
Inspiration pour l'art, la culture et le design			Nombre d'unités de recherche ayant travaillé sur le site Nombre d'articles et de publications scientifiques publiés  nombre de scolaires accueillis sur les principaux sites naturalistes linéaire de sentiers découverte	35 (2012) 3 047 à la Tour du Valat (2012) 1 625 SciVerse (2012)  26 530 scolaires/an (2011*) 42 km (2010*)
Expérience spirituelle			Nombre de références avec « Camargue » Fréquentation pèlerinage des gitans	468 (2012) 25 à 30 000 personnes (2010)

<sup>3</sup> Lorsque l'année correspondante aux données n'est pas connue avec précision, c'est l'année de publication de l'étude\* qui est inscrite

prépondérant dans la culture camarguaise, notamment depuis son développement lié aux loisirs. Cet élevage est à l'origine d'une culture identitaire très spécifique née au début du 20<sup>ème</sup> siècle avec des personnalités telles que Folco de Baroncelli-Javon ou Joseph d'Arbaud (Mathevet, 2004). Ces derniers ont donné de **l'importance au monde de la bouvine qu'ils ont érigé en véritable symbole d'une culture et qui rayonne aujourd'hui bien au-delà du delta** (Dervieux, 2005).

Cette construction de l'identité camarguaise a également été marquée par un véritable chef d'oeuvre de la littérature provençale : « La Bête du Vaccarès », écrite par Joseph d'Arbaud (1874-1950). Ce conte fantastique raconte qu'au début du XV<sup>e</sup> siècle, sur la route de Fielouse entre les Etangs du Redon et celui du Fournelet, une chasse étrange aurait permis la rencontre entre un gardian et un demi Dieu, mi-homme, mi-chèvre, semblable au dieu grec Pan, qui aurait envoûté le gardian... Paru dans les années 1920, cette oeuvre traduit « *l'image d'un accord suprême entre l'Homme et la Nature, consécutifs d'une lutte sans merci, d'une connivence profonde que le conflit ressource* » (Casanova J.Y, 2010). C'est bien « *la nature, les paysages étranges et sans limites des marais, les mélanges confus de l'eau, de la terre et du ciel, l'évocation d'une terre de poésie et de mirages d'où l'homme est bien souvent absent, les horizons sans limite* » qui sont l'objet d'éclans romantiques nombreux (Picon, 1995).

D'un point de vue religieux et culturel, un événement d'importance fait aussi l'objet d'une forte médiatisation: le « **pèlerinage des Gitans** » aux Saintes-Maries-de-la-Mer. Ces fêtes qui se déroulent les 24 et 25 mai (ainsi que la semaine qui précède) présentent de nombreuses dimensions :

- événement religieux placé sous l'égide de l'Église catholique, avec le pèlerinage et ses processions à la mer,
- cérémonie d'hommage au marquis de Baroncelli-Javon et organisation de jeux camarguais
- moment de rassemblement des « Gitans » et « Gens du Voyage »
- mais aussi véritable début de la saison pour un village dont le tourisme constitue la principale activité économique depuis un demi-siècle (Bordigoni, 2003).

Ces fêtes rassemblent environ **25 à 30 000 personnes chaque année**. Le lien avec les écosystèmes est dans ce cas davantage orienté vers le littoral et la mer, symbolisant à la fois un début et une fin (Pelen, 1985).

Par ailleurs, un recensement des ouvrages traitant de la Camargue à la Médiathèque d'Arles a donné **468 notices sur un fond de 25 000** soit moins de 2% des ouvrages disponibles au prêt. L'intérêt des lecteurs locaux se porterait davantage sur l'histoire antique de la ville d'Arles (Martin F, *com. pers.*).

### **3.2 Les indicateurs de production des services**

Pour chacun des services, la localisation géographique s'accompagne de la proposition d'un indicateur qui sert à quantifier le niveau de production du service. Le tableau 3.9 ci-contre présente la synthèse des résultats des recherches.

Les indicateurs d'état et de performance des écosystèmes, tels que définis au § 2.1.3, n'ont pas pu être renseignés par des données concrètes. Les recherches n'ont également pas permis de préciser la notion de



seuil d'exploitation durable d'un service par rapport à son écosystème source. Les colonnes correspondantes ont donc été renseignées en s'inspirant des travaux de De Groot et al. (2010).

### **3.3 Interrelations entre services**

La caractérisation des services écosystémiques du PNRC est complétée par une approche des interrelations existantes entre eux. Ces interrelations sont abordées à travers l'exemple des conséquences des changements de deux services: le service approvisionnement « riziculture » et le service culturel « tourisme ». Ces derniers ont été choisis car ils sont parmi les plus importants en terme de revenus économiques, d'emplois et de surfaces utilisées sur le PNRC.

#### ***Les interrelations du service approvisionnement – riziculture***

Le tableau 4.1 nous montre comment les évolutions de l'activité rizicole peuvent avoir des conséquences sur la fourniture d'autres services écosystémiques du territoire.

Par exemple, si l'objectif est d'augmenter le service « approvisionnement- riziculture », une amélioration des rendements, c'est à dire une intensification de la production, pourrait être encouragée. Or, si l'amélioration des rendements est due à une augmentation d'utilisation des intrants (engrais et phytosanitaires), cette évolution entraînera une diminution d'autres services comme le maintien de la qualité de l'eau. En effet, les nutriments et les pesticides peuvent se diffuser à partir des zones de cultures vers les canaux proches et entraîner ainsi une baisse de la qualité de l'eau (cf. § 3.1.2.4 Influence sur la qualité de l'eau).

Cette diminution de la qualité de l'eau aurait elle-même d'autres conséquences « en cascade » comme la diminution des services de soutien « habitats pour les espèces » et « maintien de la diversité génétique » (en premier lieu pour les espèces aquatiques). La production des services culturel « tourisme » et « pêche de loisirs » seraient également affectés par la diminution de la qualité des eaux de baignade (en cas d'eutrophisation par exemple) et par diminution du nombre d'espèces de poissons présentes. Ceci affecterait aussi négativement la production du service approvisionnement « pêche professionnelle ».

La quantification de ces impacts n'est pas réalisable de façon prospective étant donné la complexité des relations et des équilibres dynamiques existants. Mais une qualification à l'aide de l'échelle multivariable espace-temps-réversibilité (cf. figure 1.3) fournit une indication de l'importance relative de l'impact concerné.

Une augmentation des surfaces cultivées en riz pourrait être un autre moyen d'augmenter ce service d'approvisionnement. Les conséquences directes pourraient affecter les services de soutien « habitats pour les espèces » et « maintien de la diversité génétique », surtout si cette croissance est réalisée aux dépens de milieux d'intérêt écologique majeur (cf. figure 3.24 des habitats prioritaires).

Le service de régulation « modération des événements extrêmes », bien que s'exprimant déjà avec une faible intensité sur la zone d'étude, diminuerait encore du fait de l'étendue des milieux saturés en eau d'irrigation au moment des épisodes pluvieux d'automne.

Le service approvisionnement « autres cultures » pourrait être augmenté grâce à l'effet de dessalement des

**Tableau 4.2: Classification qualitative des interrelations du service Culturel « tourisme » avec les autres services écosystémiques dans le PNRC**

Si le SE culturel tourisme est augmenté par...	Effets directs				Effets indirects (par cascade des effets directs)			
	Augmentation directe du service...	Intensité	Diminution directe du service...	Intensité	Augmentation indirecte du service...	Int	Diminution indirecte du service...	Int
... l'augmentation du nombre de personnes venant sur le territoire			SE Régulation « purification de l'eau » (par augmentation des rejets dans certaines zones du territoire en lien avec l'augmentation de population)	A à H			SE approvisionnement pêche professionnelle (diminution de la qualité de l'eau)	A à H
							SE culturel pêche de loisirs ( diminution de la qualité de l'eau)	A à H
							SE culturel tourisme balnéaire (diminution de la qualité des eaux de baignade)	
							SE soutien habitats pour les espèces (diminution de la qualité des milieux aquatiques)	
							SE Soutien maintien de la diversité génétique (diminution du nombre d'espèces fréquentant les habitats détériorés)	
			SE Soutien « habitats pour les espèces » (par fragilisation voire destruction d'habitats dans les zones très fréquentées: plages, dunes)	A à H			Se Soutien « maintien de la diversité génétique » (diminution du nombre d'espèces à cause des habitats détériorés)	A à H

terres en lien avec l'irrigation. Cette importante quantité d'eau douce amenée par l'irrigation pourrait également augmenter le service culturel « chasse » en permettant le maintien de davantage de surfaces de chasse en eau, à condition qu'il n'y ait pas concurrence spatiale entre les surfaces supplémentaires cultivables en riz et les zones de chasse.

#### ***Les interrelations du service culturel – tourisme***

D'après les caractéristiques du service culturel « tourisme » que nous avons décrites plus haut, on peut dire qu'une augmentation de ce service aurait des conséquences sur le service de soutien « habitats pour les espèces » en le diminuant dans les zones très fréquentées comme les plages de Beauduc ou de Piémanson par exemple (tableau 4.2). Le service régulation « traitement des eaux usées » serait également diminué à cause de l'augmentation de la population humaine et des rejets qui y sont liés à la fois dans le village des Saintes-Maries-de-la-Mer et sur les plages naturelles de Beauduc et Piémanson.

Ces deux interactions sont principales car les effets sont plus ou moins réversibles et sur une échelle de temps qui peut être longue. De plus, la diminution d'un service de régulation comme celui du « traitement des eaux usées » entraînerait de nombreuses conséquences en cascade comme vu précédemment pour l'agriculture.

#### ***Les interrelations entre chacun des services***

Les conséquences de l'augmentation des services, famille par famille et les interrelations identifiées sur les autres services grâce aux différentes recherches bibliographiques sont présentées de façon détaillée dans les tableaux 7.1 à 7.4 en annexe 7. La nature de chaque interrelation est explicitée autant que possible et une graduation (de A à H) est proposée en lien avec l'échelle proposée par le MEA (cf. figure 1.3).

Une vision globale est proposée à partir d'un tableau synthétique (tableau 4.3).

La lecture de ce tableau fait apparaître des *trade-offs* plus nombreux et fréquents lorsque les services d'approvisionnement ou culturels sont augmentés (surtout agriculture et tourisme). L'irréversibilité des *trade-offs* est aussi plus marquée dans ces situations surtout concernant les services de soutien.

Une même évolution des services de soutien ou de régulation ne fait apparaître quasiment que des synergies. Les *trade-offs* les plus « graves », c'est à dire dont les effets sont à grande échelle, à long terme et irréversibles (classés de E à H et en rouge foncé dans le tableau 4.3), ont lieu principalement sur les services de soutien puis les services de régulation.

## **4. Discussion - Conclusion**

### ***4.1 Les limites de l'étude générale sur les services écosystémiques***

Les travaux menés pour caractériser les services écosystémiques sur la zone du PNRC ont montré plusieurs limites. En effet, si en théorie et de manière globale, il est possible de répertorier un ensemble de services délivrés par les zones humides, en pratique, la collecte de données s'est avérée beaucoup moins aisée.

**Tableau 4.3: Synthèse des interrelations entre services par famille et par importance** (en clair, les synergies(bleu) ou trade-offs (rouge) réversibles, en foncé, les synergies (bleu) ou les trade-offs (rouge) irréversibles



	services d'approvisionnement						services culturels						services de régulation					services de soutien		
	Agriculture-cultures	Agriculture – élevage	pêche professionnelle	roseaux	sel	ressource en eau	plantes médicinales ou utiles	tourisme	activités récréatives – chasse	activités récréatives – pêche	activités récréatives – sports	valeur cognitive (éducative et scientifique)	valeur spirituelle ou d'inspiration, sentimentale	régulation du climat global et local	qualité de l'air	protection contre l'érosion des sols	influence sur la qualité de l'eau	atténuation des phénomènes extrêmes	habitats pour les espèces	maintien de la diversité génétique
<b>services d'approvisionnement</b>																				
Agriculture-cultures	x							A	A					AC	EF		EF		A	A
Agriculture – élevage		x		AB				A	A					AC	EF				A	
pêche professionnelle	A à H		x					A		A				AC			A à H		ABEF	BDFH
roseaux		AB		x															A	
sel					x															
ressource en eau																				
plantes médicinales ou utiles		A à H					x												ABEF	
<b>services culturels</b>																				
tourisme	AB	AC			A à D		x			AB	AC	AC		AC		AC		AC	AC	
chasse	AB	A					A	x					AB					AC	AC	
pêche de loisirs	EF		A à D						x							ABEF		AC	AC	
sports de pleine nature	AB	A à D						A		x				AC				A		
valeur cognitive (éducative et scientifique)	AB										x								A à D	
valeur spirituelle ou d'inspiration, sentimentale	BD	BD			A à D				BD				x							
<b>services de régulation</b>																				
régulation du climat global et local														x						
qualité de l'air	EF							EF							x					
protection contre l'érosion des sols	A à D	A						ABEF								x				
influence sur la qualité de l'eau	A à H	AB						ABEF	BEF								x			
ressource en eau	AB							ABEF												
atténuation des phénomènes extrêmes	AC				A			EF	A								x			
<b>services de soutien</b>																				
habitats pour les espèces	A à H			A à H	A à H			EF	E à H	E à H	A à H	A à D			A à H		A à H		x	
maintien de la diversité	BDFH		A à H	A à H				E à H	E à H	E à H		A à D			A à H		A à H		A à H	x

***Les données collectées sont fragmentaires et d'un niveau non homogène entre les différents services.***

Cette fragmentation des données se retrouve :

- à l'échelle spatiale: les données utilisées pour quantifier les services sont recensées par différents organismes (chambres consulaires, services de l'Etat, associations locales, etc.). Ceci est réalisé à leur échelle de travail soit le département, la région administrative ou l'entité locale qui ne correspond pas forcément avec notre échelle de travail « zone humide ».
- à l'échelle temporelle: il est très difficile d'obtenir des données contemporaines pour différents services. Par exemple, le Recensement Général Agricole se déroule tous les 10 ans, le recueil de données détaillées sur la pollinisation se ferait ponctuellement en fonction des études scientifiques menées sur la zone...
- selon les familles de services: les données sont plus ou moins bien renseignées selon les catégories. Ainsi les services les plus « exploités » par l'homme (approvisionnement « aliments » et culturel « tourisme » et « activités récréatives » par exemple) sont aussi ceux qui présentent le plus de données du fait de l'organisation des filières technico-économiques qui leur sont rattachées. Des services « inexploités » comme les services de régulation sont beaucoup moins bien renseignés.

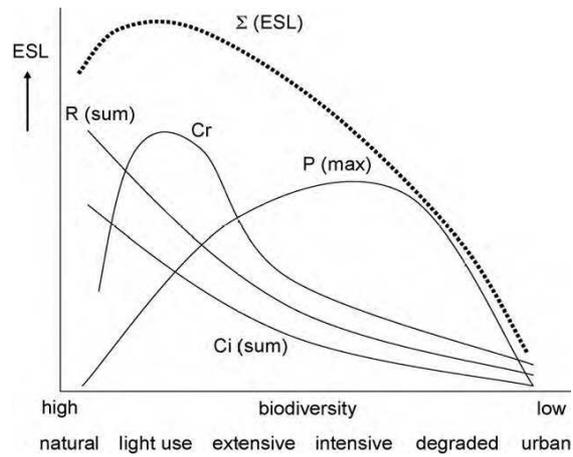
***La connaissance scientifique des processus écologiques est limitée***

Selon les services considérés, les fonctions écologiques impliquées sont plus ou moins bien connues et impliquent des approximations qui peuvent être dangereuses si elles conduisent à négliger des éléments essentiels. Les services de régulation sont dans ce cas (pollinisation, contrôle biologique par exemple) et font d'ailleurs souvent partie des services pas ou peu évalués dans les différentes études rencontrées dans notre revue de littérature (CGDD, 2011; EcoWhat, 2010).

***L'importance du choix de la zone d'étude***

L'échelle spatiale choisie pour la zone d'étude a des incidences dans l'appréciation de l'intensité des services: par exemple, la culture du riz en Camargue est largement dominante et économiquement conséquente. Elle l'est également au niveau national puisque c'est presque l'unique zone de production française. Par contre, à l'échelle européenne, elle est peu importante face aux autres bassins de production (Italie) et au niveau mondial, elle devient anecdotique par rapport à la production asiatique.

Toutefois, l'échelle du PNRC permet de disposer d'un nombre considérable d'études technico-économiques et scientifiques dans presque tous les domaines et dont nous n'aurions pu bénéficier dans un autre contexte. Le fait que la Camargue soit une zone reconnue pour sa biodiversité au niveau international contribue également au nombre important d'études scientifiques ou naturalistes menées sur cette zone et qui permettent de renseigner assez précisément les services de soutien.



**Figure 4.1: Relations fonctionnelles générales entre les niveaux de fourniture des services écosystémiques (axe Y, Ecosystem Service Level) et le degré de perte de biodiversité en relation avec les différentes intensités d'utilisation du territoire (axe X, biodiversity)(source: De Groot et al., 2010) avec R: services de régulation, P: services d'approvisionnement, Cr: services culturels « activités récréatives » et Ci: services culturels « information cognitive et scientifique »**

Ces réalités expliquent pourquoi la plupart des évaluations de services écosystémiques sont partielles ou font appel à des méthodes contournant ces lacunes comme l'évaluation contingente par exemple (CGDD, 2011).

De plus, les indicateurs permettent d'avoir une idée du niveau de production d'un service mais sans aucune référence à un seuil de durabilité qui nous permettrait d'apprécier le niveau d'exploitation du service par rapport aux potentialités naturelles de production de l'écosystème. Cette appréciation du niveau d'exploitation est très importante pour la durabilité du système. Les exemples du MEA montrent comment certains écosystèmes ont été surexploités et des pertes réalisées à jamais (MEA(b), 2005).

#### **4.2 Les apports de l'étude**

Néanmoins et malgré les lacunes de ce type d'approche, on peut apprécier l'importance des services les uns par rapport aux autres et observer sur notre territoire d'étude:

- **la prédominance du service d'approvisionnement « agriculture » et du service culturel « tourisme »**. Ces deux services correspondent à des services « d'exploitation » des écosystèmes par les populations. De nombreux bénéfices sont aujourd'hui retirés (productions agricoles, retombées économiques des plages très fréquentées) mais la méconnaissance des seuils d'exploitation durable rend cette situation fragile dans le temps. Il serait utile d'approfondir cette notion et d'engager des mesures concrètes afin d'assurer la durabilité de ces services et des revenus qui y sont aujourd'hui associés.
- **des services de soutien exceptionnellement bien renseignés** grâce à la fréquentation du site par de nombreux scientifiques naturalistes. Les données seraient beaucoup moins nombreuses dans une autre région géographique moins emblématique que la Camargue, ce qui pose la question de l'évaluation des services écosystémiques dans des zones de biodiversité ordinaire.
- **des interrelations nombreuses et complexes** entre les services avec des degrés de réversibilité plus ou moins grand. Dans notre cas, il apparaît que l'augmentation des services d'approvisionnement « agriculture » et culturel « tourisme » génère des *trade-offs* irréversibles sur les services de soutien et de régulation. L'identification de ces points « critiques » où les bénéfices actuels d'un service risque de compromettre les équilibres futurs devrait permettre d'orienter et de concentrer les efforts politiques, scientifiques et techniques. Ce constat rejoint les conclusions des études de cas concrets comme celles du MEA où la production agricole (par exemple) présente une relation inverse à la quantité et la qualité de l'eau : plus on augmente la production agricole, plus la quantité et la qualité de l'eau diminuent (MEA (b), 2005). On retrouve dans notre cas d'étude des relations fonctionnelles générales entre niveaux de production de services très similaires à celles décrites par différents auteurs (figure 4.2)(De Groot et al., 2010; MEA (b), 2005).



### **4.3 Conclusion: intérêt pour la gestion du territoire**

En conclusion, une approche au travers du concept des services écosystémiques permet une mise en relation cohérente entre système économique et valeur environnementale d'un territoire donné. La mise en évidence des services les plus « productifs » et des interrelations qu'ils entretiennent les uns avec les autres, permet de définir des points « critiques » où les bénéfices actuels risquent de mettre en péril le bien-être des populations futures. L'identification de ces points « critiques » permet d'apporter, dès aujourd'hui, des éléments complémentaires aux décideurs, avec l'espoir d'orienter leurs choix politiques et de concentrer les efforts scientifiques et techniques dans ces domaines afin de limiter les pertes irréversibles pressenties dès à présent.



## Bibliographie – webographie

- Barbault R et Chevassus-au-Louis B**, 2005, Biodiversité et changements globaux, Enjeux de société et défis pour la recherche, adpf-Ministère des Affaires Etrangères, 241 p.
- Cohen-Shacham E, Dayan T, Feitelson E et De Groot R.S**, 2011, Ecosystem service trade-offs in wetland management : drainage and rehabilitation of the Hula, Israël, *Hydrological Sciences Journal*, 56:8, p. 1582-1601
- Commissariat Général au Développement Durable**, 2010, *Projet de caractérisation des fonctions écologiques des milieux en France*, Etudes et Documents n°20, 70p
- Costanza R, d'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S O'Neill R, Paruelo J, Raskin R.G, Sutton P, Van den Belt M**, 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, vol. 387 (6630), p. 253-260
- CREDOC, Biotope, Asconit Consultants**, 2009, Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France, application du Millenium Ecosystem Assessment à la France, étude conduite à la demande du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat (MEEDDM), [www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Synthese\\_Rapport.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Synthese_Rapport.pdf)
- Daily G.C**, 1997, *Nature's services : societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Washington DC
- Daily, G.C et Matson P.A**, 2008, Ecosystem services: from theory to implementation, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* ,105(28), p. 9455-9456.
- De Groot R.S, Wilson M.A and Boumans R.M.J**, 2002, A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services, *Ecological economics*, 41, p. 393-408
- De Groot R.S, Stuij M.A.M, Finlayson C.M et Davidson N**, 2006, Valuing wetlands : guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services, Ramsar Technical Report No 3/CBD Technical Series No 27. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland and Secretariat of the Convention on Biological Diversity , Montreal, Canada
- De Groot R.S, Fisher B, Christie** , 2010, Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation, TEEB, chapter 1, 40 p.
- De Groot R.S, Alkemade R, Braat L, Hein L, Willemen L (b)**, 2010, Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making, *Ecological Complexity*, n°7, p. 260-272
- Fisher B, Turner R. K, Morling P**, 2009, Defining and classifying ecosystem services for decision making, *Ecological Economics*, n°68, p.643-653



- Gomez-Baggethun E, Alcorlo P et Montes C**, 2011, Ecosystem services associated with a mosaic of alternative states in a Mediterranean wetland : case study of the Doñana marsh (southwestern Spain) *Hydrological Sciences Journal*, 56:8, p.1374-1387
- Maresca B, Mordret X, Ughetto A.L et Blancher P**, 2011, Evaluation des services rendus par les écosystèmes en France, *Développement durable et territoires*, vol.2, n°3, consultable à <http://developpementdurable.revues.org>
- Millennium Ecosystem Assessment**, 2005, *Ecosystem and human well-being : wetlands en water synthesis*, World Ressources Institute, Washington DC, 80 p.
- Millennium Ecosystem Assessment (b)**, 2005, Ecosystem and human well-being : Full reports scenarios, World ressource Institute, Washington DC, 557 p.
- Observatoire des Zones Humides Méditerranéennes**, 2012, Les zones humides méditerranéennes: Enjeux et perspectives. Premier rapport de l'Observatoire des Zones Humides Méditerranéennes, Rapport technique, Tour du Valat, France, 128 p.
- TEEB**, 2009, L'économie des écosystèmes et de la biodiversité pour les décideurs nationaux et internationaux – résumé: prendre en compte la valeur de la nature, 52 p.
- TEEB**, 2010 – The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the economics of nature: a synthesis approach, conclusions and recommandations of TEEB, 8p.
- Teysseère A**, 2010, Les services écosystémiques, notion clé pour explorer et préserver le fonctionnement des (socio)écosystèmes, Regards et débats sur la biodiversité, Société Française d'Ecologie, Regards n°4
- World Ressource Institute** , 2008, Evaluation des services rendus par les écosystèmes aux entreprises, Guide pratique pour l'identification des risques et des opportunités issus de l'évolution des écosystèmes, version 1, 48 p.



## Table des figures

<b>Figure 1.1</b>	Nombre de publications utilisant les termes « services écosystémiques » ou « services écologiques ».....	2
<b>Figure 1.2</b>	Conception des services écosystémiques dans le MEA adapté à la France.....	2
<b>Figure 1.3</b>	Catégories de trade-offs ou synergies entre services écosystémiques.....	5
<b>Figure 2.1</b>	Présentation de la Camargue .....	6
<b>Figure 2.2</b>	Présentation du territoire du Parc Naturel Régional de Camargue.....	6
<b>Figure 2.3</b>	Carte des anciens bras du Rhône et des anciens traits de côte sur le territoire du PNRC.....	7
<b>Figure 2.4</b>	Modèle général de fonctionnement hydrologique des eaux de surface en Grande Camargue en fonction des six sous-bassins versants.....	7
<b>Figure 2.5</b>	Proportions des différents milieux sur le territoire du PNRC.....	8
<b>Figure 2.6</b>	carte des écosystèmes du PNRC.....	9
<b>Figure 2.7</b>	Carte des territoires protégés dans le PNRC en 2011.....	10
<b>Figure 2.8</b>	Carte des zones d'activités économiques dominantes dans le PNRC .....	11
<b>Figure 3.1</b>	Exemples d'utilisation des différents milieux aquatiques de Camargue par les poissons.....	12
<b>Figure 3.2</b>	Carte des principales zones de pêche professionnelle dans le PNRC.....	13
<b>Figure 3.3</b>	Filet « trabaque ».....	13
<b>Figure 3.4</b>	Carte de localisation et de répartition des surfaces agricoles dans le PNRC.....	14
<b>Figure 3.5</b>	Evolution des surfaces en riz en Camargue.....	14
<b>Figure 3.6</b>	Carte de localisation des parcelles de monoculture de riz dans le PNRC.....	15
<b>Figure 3.7</b>	Carte de localisation des surfaces pâturées dans le PNRC .....	15
<b>Figure 3.8</b>	Répartition des surfaces pâturées par milieux naturels ou agricoles dans le PNRC.....	15
<b>Figure 3.9</b>	Carte de localisation des surfaces dédiées à la production de sel dans le PNRC.....	16
<b>Figure 3.10</b>	Evolution des surfaces coupées en roseaux de 2001 à 2011 en Camargue.....	16
<b>Figure 3.11</b>	Carte de localisation des roselières en 2006 et des surfaces coupées en roseaux en 2011 dans le PNRC.....	16
<b>Figure 3.12</b>	Carte de la pollution de l'air en PACA.....	18
<b>Figure 3.13</b>	Carte des surfaces occupées par les boisements dans le PNRC .....	18
<b>Figure 3.14</b>	Le bassin versant du Rhône en aval du Lac Léman.....	19
<b>Figure 3.15</b>	Cartes des principales inondations liées au crues du Rhône.....	19
<b>Figure 3.16</b>	Programme de sécurisation des ouvrages de protection contre les crues du Rhône.....	20
<b>Figure 3.17</b>	Carte de la dynamique du littoral sur les côtes du PNRC.....	20
<b>Figure 3.18</b>	Le cycle de l'azote dans un milieu humide présentant un assèchement saisonnier en surface.....	21
<b>Figure 3.19</b>	Résultats nutriments grille SEG-eau et RSL.....	21



<b>Figure 3.20</b>	Représentation cartographique d'un gradient de capacité théorique de dénitrification des écosystèmes du PNRC.....	22
<b>Figure 3.21</b>	Résultats des analyses Vaccarès .....	23
<b>Figure 3.22</b>	Résultats des analyses Fumemorte .....	23
<b>Figure 3.23</b>	Carte de la répartition géographique des surfaces en sol nu de manière permanente ou non dans le PNRC.....	24
<b>Figure 3.24</b>	Carte des habitats terrestres d'intérêt communautaire dans le PNRC.....	25
<b>Figure 3.25</b>	Carte des habitats maritimes d'intérêt communautaire dans le PNRC.....	25
<b>Figure 3.26</b>	Indices Planète Vivante des oiseaux d'eau et oiseaux terrestres en Camargue.....	26
<b>Figure 3.27</b>	Evolution de l'indice de spécialisation des communautés d'oiseaux nicheurs de Camargue depuis 1860.....	26
<b>Figure 3.28</b>	Carte de localisation des principales zones touristiques du PNRC.....	27
<b>Figure 3.29</b>	Evolution du nombre total de chasseurs en Camargue et zones avoisinantes.....	28
<b>Figure 3.30</b>	Carte des surfaces de chasse sur le territoire du PNRC.....	29
<b>Figure 3.31</b>	Carte des itinéraires pédestres et équestres inscrits au Plan Départemental des Itinéraires de Promenades et de Randonnées.....	30
<b>Figure 3.32</b>	Carte des itinéraires VTT dans le PNRC.....	30
<b>Figure 3.33</b>	Carte des lieux d'accueil des scolaires pour l'éducation de l'environnement et linéaire de sentiers-découverte sur le territoire du PNRC.....	32
<b>Figure 4.1</b>	Relations fonctionnelles générales entre les niveaux de fourniture des services écosystémiques et le degré de perte de biodiversité en relation avec les différentes intensités d'utilisation du territoire .....	37



## Table des tableaux et encadrés

Tableau 1.1: Différentes classification des services écosystémiques et leur correspondance.....	3
Tableau 3.1: Principales cultures dans le PNRC.....	14
Tableau 3.2 : Données sur les espèces menacées .....	26
Tableau 3.3 : Les différents musées de Camargue .....	27
Tableau 3.4: Estimation des effectifs de chasseurs en Camargue.....	28
Tableau 3.5 : Estimations du nombre de jours chassés et des prélèvements en Camargue et zones avoisinantes.....	28
Tableau 3.6 : Exemples de mesures de gestion de chasse pratiquée en chasses communales .....	29
Tableau 3.7 : Résultats d'une recherche avec le nom de la zone humide considérée dans le titre ou les mots clés.....	32
Tableau 3.8 : Fréquentation des sites naturalistes par les scolaires.....	32
Tableau 3.9: Récapitulatif des indicateurs de production des services écosystémiques sur le PNRC.....	33
Tableau 4.1: Classification qualitative des interrelations du service Approvisionnement « riziculture » avec les autres services écosystémiques dans le PNRC.....	34
Tableau 4.2: Classification qualitative des interrelations du service Culturel « tourisme » avec les autres services écosystémiques dans le PNRC.....	35
Tableau 4.3: Synthèse des interrelations entre services par famille et par importance .....	36
Encadré 1.1: Définition et classification des services écosystémiques à partir de TEEB, 2010.....	4
Encadré 3.1 : Caractéristiques de l'élevage des bovins en Camargue .....	15
Encadré 3.2 : Principales orientations du Plan Rhône 2007-2013, volet « inondation ».....	19
Encadré 3.3 : Processus biologiques impliqués dans le cas de l'azote.....	21
Encadré 3.4 : Processus biologiques impliqués dans le cas du phosphore.....	22
Encadré 3.5: Les différents types de chasse en Camargue.....	28



## **Annexes**

Annexe 1: Liste des personnes rencontrées

Annexe 2: Description détaillée des écosystèmes présents sur le territoire du PNRC

Annexe 3: Itinéraire technique moyen d'une culture de riz en conventionnel dans le PNRC

Annexe 4: Notices des Mesures Agro Environnementales concernant les roselières

Annexe 5: Tableau des surfaces des habitats d'intérêt communautaire sur le territoire du PNRC

Annexe 6: Liste des espèces d'intérêt communautaire sur le PNRC

Annexe 7: Interrelations identifiées des services d'approvisionnement

Annexe 8: Références bibliographiques utilisées pour la caractérisation des services



## Annexe 1

### Liste des personnes rencontrées

Nom Prénom	Structure	Fonction
ABDALLAH Yann	Association Migrateurs Rhône-Méditerranée	Chargé d'études
ARSAC André	Groupement Cynégétique Arlésien	Président
AUBERT Benjamin	SANTENCO (Association de chasse des Saintes-Maries-de-la-Mer)	Président
BOUSTRON Olivier	Tour du Valat	Ingénieur de recherche
CHERAIN Yves	Réserve Naturelle Nationale de Camargue	Chargé de mission scientifique
DUMOULIN Ronan	AOP Taureaux de Camargue	Animateur
ERNOUL Lisa	Tour du Valat	Chef de projet
GALEWSKI Thomas	Tour du Valat	Chef de projet
GRANIER Marie	Parc Naturel Régional de Camargue	Chargée de mission eau
GRILLAS Patrick	Tour du Valat	Directeur des programmes
MARTIN Anne-Laure	SYMADREM	Ingénieur chargée d'opération
MARTIN Fabienne	Médiathèque d'Arles	Responsable pôle patrimoine
POULIN Brigitte	Tour du Valat	Chargée de recherche
THOMAS Cyrille	Centre Français du Riz	Responsable
TISCHENDORF Gérard	Association de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques Arles	Président
VADON Anne	Parc Naturel Régional de Camargue	Chargée de mission agriculture
YAVERCOVSKI Nicole	Tour du Valat	Ingénieur de recherche



## Annexe 2

### **Les écosystèmes terrestres**

Les formations forestières, principalement localisées sur les bourrelets alluviaux faiblement pâturés sont très peu étendues (4 101 ha). Ces formations regroupent la ripisylve du Rhône, peu étendue et fragmentée (photo 2.2), les pinèdes, plus présentes en Camargue gardoise et les bois de genévriers, comme l'emblématique Bois des Rièges au cœur de la Réserve Naturelle de Camargue (PNRC, 2009 ; PNRC, 2002). Ces milieux sont d'un intérêt fondamental pour certaines espèces (pic épeiche, castor...) notamment du fait de leur rareté sur le territoire (PNRC (b), 2009). Le Bois des Rièges présente un intérêt patrimonial, paysager et culturel majeur (Mathevet, 2000).

Les pelouses et les prairies, milieux herbacés également exondés en permanence, occupent rarement de vastes espaces mais leurs biocénoses sont bien individualisées. Leur flore est riche. Les pelouses fournissent la nourriture de nombreuses espèces qui nichent ailleurs ainsi qu'un pâturage de qualité pour les chevaux et les taureaux.

### **Les écosystèmes temporairement en eau: des steppes salées aux mares temporaires**

Les sansouires sont de vastes étendues en milieu salé et sont composées de formations végétales ligneuses basses dominées par les salicornes (*Arthrocnemum spp.*) (Mathevet, 2000). Ces zones sont immergées en hiver et lors de fortes pluies. Elles constituent l'un des paysages les plus typiques de la Camargue (photo 2.3). Malgré les conditions difficiles, la pauvreté biologique et celle du cortège floristique, elles sont essentielles pour certains oiseaux (centre d'hivernage des canards par exemple). Les mares temporaires et les prés salés sont des zones inondées temporairement en période de hautes eaux et asséchées en été. L'influence du sel y est marquée.

### **Les écosystèmes en eau de façon permanente ou semi permanente : étangs et marais**

#### ***Les marais permanents et leur périphérie***

Ils occupent les zones dépressionnaires des bassins naturels disposés autour du Vaccarès et sont souvent inondés plus de six mois par an. Ces marais sont encombrés d'une riche végétation palustre immergée et émergée (photo 2.1). Deux types de faciès prédominent: la phragmitaie et la tiphaie. Ces milieux possèdent une grande richesse biologique, notamment en amphibiens, invertébrés et oiseaux (PNRC, 2009). Les roselières sont également un lieu de reproduction d'intérêt très fort pour certaines espèces comme le Butor étoilé (*Botaurus stellaris*), le Héron pourpre (*Ardea purpurea*) et certains passereaux paludicoles (PNRC, 2009).

#### ***Les milieux lagunaires et les étangs***

Ils sont représentés par l'étang du Vaccarès et les étangs et lagunes qui bordent le littoral. L'endiguement a figé ce système qui était autrefois en perpétuel mouvement. Ces milieux sont peu profonds (moins de 2 mètres) et leur niveau fluctue en fonction des saisons. De nombreux îlots ou « radeaux » parsèment leur surface fournissant ainsi une multitude de lieux d'alimentation et de reproduction pour un grand nombre



d'oiseaux (Flamant rose, laridés et limicoles essentiellement) (Mathevet, 2000).

Les lagunes sont caractérisées par une très forte productivité biologique avec une salinité variable influençant le type de végétation présente.

### ***Les dunes marines et montilles***

Le cordon dunaire est plus ou moins développé en arrière des plages et il est surtout présent vers la plage de Beauduc. La flore est riche et on y recense nombre d'insectes.

### ***Les milieux naturels fortement anthropisés : les principaux agrosystèmes et les salins***

#### ***Les grandes cultures et les rizières...zones humides occasionnelles ?***

La culture du riz est caractérisée par une longue période d'inondation en été (période à laquelle les milieux naturels sont plus facilement sujets à l'assèchement) et attirent ainsi bon nombre d'espèces d'oiseaux qui y trouvent des ressources alimentaires (Mathevet, 2000). Les hérons et les laridés sont fréquemment rencontrés en saison culturale ainsi que les canards et les limicoles en hiver qui recherchent des zones nues plus ou moins inondées. Cela rend les rizières attractives pour les chasseurs.

#### ***Les autres surfaces cultivées : vigne, maraîchage et vergers***

Les vignes subsistent en Camargue avec 633 ha dont 446 sur le Plan du Bourg malgré les arrachages massifs des années 1960. Les cultures maraîchères sont essentiellement développées au nord du delta près d'Arles et occupent environ 435 ha. Les vergers ne concernent que 245 ha.

#### ***Les surfaces consacrées à l'activité d'élevage***

Les surfaces naturelles en marais, pelouses et sansouires et les friches agricoles servent de support aux activités d'élevage de taureaux et de chevaux, réalisé de manière très extensive sur la zone d'étude.

#### ***Les surfaces consacrées aux activités salinières***

On distingue les bassins de concentration et les tables saunantes dans lesquelles se produit la cristallisation puis la récolte du sel. Les bassins ont une profondeur faible (de 30 à 50 cm) et sont aménagés sur d'anciennes lagunes. L'eau de mer y est pompée de mars à septembre puis elle y circule en se concentrant en sel pour arriver jusqu'aux tables saunantes .

Ces milieux sont pauvres en plantes aquatiques mais riches en algues (notamment *Cladophora sp.*, *Dunaliella salina*) et en invertébrés (*Artemia salina* par ex.), ce qui favorise leur fréquentation par de nombreux oiseaux d'eau. Les bords des bassins et les îlots les plus reculés abritent des colonies de Flamants roses pendant les périodes de reproduction.

Ainsi, malgré leur artificialisation poussée, ces lagunes exploitées ont une valeur écologique certaine et participent pour une bonne part à la richesse biologique de la Camargue.



### Annexe 3

#### **Itinéraire technique moyen d'une culture de riz en conventionnel (sources: Mouret, 2004 et Thomas C, com. pers.)**

La riziculture en Camargue est de type intensif irrigué avec semis-direct. Le climat limitant n'autorise qu'une seule culture par an.

Après la récolte, qui se déroule en octobre, 80% des pailles sont brûlées et un déchaumage avec un cover crop est réalisé dès que l'état du sol le permet.

A la fin de l'hiver, les terres sont labourées ou griffonnées à une profondeur qui n'excède pas 20 cm puis le sol est nivelé avec une lame asservie par un rayon laser. Le sol est fertilisé avec un engrais complet qui fournit en moyenne 50 kg d'azote, 75 kg de phosphore et 80 kg de potasse. Cet engrais est enfoui avec la herse rotative équipée d'un rouleau qui permet de réaliser le lit de semence.

Ensuite, on effectue à l'aide d'une rigoleuse, des micro rigoles afin de mieux réguler l'irrigation et le drainage des parcelles. On procède à la mise en eau et on commence les semis dès le 20 avril. Les variétés cultivées sont majoritairement à grain longs. Les doses de semis varient de 200 Kg pour les variétés à grains longs à 220 kg pour les variétés indicas (à épillets très longs).

Après le semis, la gestion de l'eau dans la parcelle a un rôle déterminant pour la conduite de la culture. Elle consiste en une alternance d'assèchement et de remise en eau en fonction du climat, de l'état du peuplement et des interventions culturales. La consommation moyenne est évaluée à 25 000 m<sup>3</sup>/ha/an.

En cours de culture, les riziculteurs appliquent en moyenne 2 désherbages chimiques et 2 applications d'azote de 50 kg chacune. Ces interventions sont réalisées avec des outils tractés ou en hélicoptère. Un ou deux traitements (en fonction des avertissements) insecticides contre la pyrale sont appliqués en juillet et en août. La récolte se déroule en octobre avec une moissonneuse batteuse préalablement équipée pour intervenir sur des sols humides.



## Annexe 4



Direction départementale de l'agriculture et de la forêt des Bouches-du-Rhône / Direction départementale de l'équipement et de l'agriculture des Bouches-du-Rhône

### TERRITOIRE « CAMARGUE » MESURE TERRITORIALISÉE « PA – CA13 – RO1 » Roselières exploitées à enjeux avifaunistiques CAMPAGNE 2009

#### 1. Objectifs de la mesure

---

Ce contrat vise principalement à favoriser les pratiques d'exploitation permettant la conservation et la protection des roselières présentant un intérêt avifaunistique pour les espèces non coloniales (nidification de hérons Butor étoilé, Blongios nain et de passereaux paludicoles Lusciniole à moustaches, Mésange à moustaches, Bruant des roseaux, rousserolles etc...). Ces roselières sont considérées comme « habitats d'oiseaux » au titre du DOCOB NATURA 2000.

La mise en défens de l'exploitation mécanique du roseau d'une partie de la roselière favorise la biodiversité avifaunistique en permettant le maintien de roseau sec en lisière de roselières coupées.

En contrepartie du respect du cahier des charges de la mesure, une aide de 74,12 € par hectare engagé vous sera versée annuellement pendant les 5 années de l'engagement.

#### 2. Les conditions spécifiques d'éligibilité à la mesure « PA – CA13 – RO1 »

---

##### 2.1 Conditions relatives au demandeur ou à l'exploitation

Vous devez respecter les conditions d'éligibilité générales aux différentes Mesures AgroEnvironnementales, rappelées dans la notice nationale d'information.

###### 2.1.1 L'éligibilité du demandeur

Vous devez respecter les conditions d'éligibilité indiquées dans la notice nationale d'information pour la campagne 2009.

###### 2.1.2 Localisation des parcelles

Les roselières potentiellement contractualisables seront définies en fonction des enjeux avifaunistique par une structure compétente en matière de gestion des roselières (ex : Parc naturel régional de Camargue, Tour du Valat,...).

##### 2.2 Conditions relatives aux surfaces engagées

###### 2.2.1 Éligibilité des surfaces

Les surfaces éligibles à la mesure sont les roselières à enjeux avifaunistiques.

###### 2.2.2 Surface minimale en roseau à ne pas couper : 20 %

Cette surface doit être laissée non coupée annuellement de manière tournante afin de ne pas perdre l'intérêt commercial du roseau exploité.

###### 2.2.3 Pâturage

Pour pouvoir bénéficier de ce contrat, le signataire devra préalablement s'assurer que les parcelles contractualisées ne sont pas pâturées.

###### 2.2.4 Type de matériel autorisé pour la coupe et gestion de l'eau

Le type de matériel autorisé pour la coupe ainsi que les pratiques de gestion de l'eau seront définies en fonction d'un diagnostic préalable (état de la roselière et du substrat, etc...).



### 3. Cahier des charges de la mesure « PA – CA13 – RO1 » et régime de contrôle

L'ensemble de vos obligations doit être respecté tout au long de votre contrat, et ce dès le 15 mai de l'année de votre engagement.

Les documents relatifs à votre demande d'engagement et au respect de vos obligations doivent être conservés sur votre exploitation pendant toute la durée de votre engagement et pendant les quatre années suivantes.

Les différentes obligations du cahier des charges de la mesure « PA – CA13 – RO1 » sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Lorsque l'une de ces obligations n'est pas respectée, les conséquences de ce non-respect peuvent porter sur la seule année considérée (anomalie réversible), ou bien sur l'ensemble des 5 ans de l'engagement (anomalie définitive). Par ailleurs, le régime de sanction est adapté selon l'importance de l'obligation (principale ou secondaire) et selon qu'il s'agisse d'une obligation à seuil ou totale.

Reportez-vous à la notice nationale d'information sur les MAE pour plus d'informations sur le fonctionnement du régime de sanctions.

#### 3.1 Le cahier des charges de la mesure « PA – CA13 – RO1 »

Obligations du cahier des charges à respecter en contrepartie du paiement de l'aide	Contrôles sur place		Sanctions	
	Modalités de contrôle	Pièces à fournir	Caractère de l'anomalie	Niveau de gravité
Enregistrement des interventions d'entretien (type d'intervention, localisation, date et outils).	Documentaire	Cahier d'enregistrement	Réversible <sup>1</sup>	Secondaire Total
Respect de nombre de coupe maximal autorisé sur chaque roselière engagée : une coupe par an sur 5 ans (portant sur 80 % de la roselière).	Visuel et documentaire	Cahier d'enregistrement	Définitive	Principal Total
Respect de la période d'absence d'intervention sur chaque roselière engagée : coupe autorisée de décembre à fin-février hors secteurs de colonies avérées de hérons paludicoles.	Visuel et documentaire	Cahier d'enregistrement	Réversible	Secondaire Seuils : par tranche de jours d'avance / retard (5/10/15 jours)
Respect de la part minimale à ne pas récolter chaque année (20 %), par rapport à la surface totale de la roselière engagée.	Mesurages	Néant	Réversible	Principal Seuils : en fonction de l'écart de surface non récoltée / surface qui auraient dû être récoltées
Absence d'espèces envahissantes. Respect des conditions d'élimination des espèces envahissantes définies dans le cahier des charges : destruction chimique interdite sauf pour <i>Baccharis halimifolia</i> le cas échéant avec dévitalisation des souches.	Visuel et documentaire	Cahier d'enregistrement	Réversible	Secondaire Seuils : en fonction de la surface touchée par rapport à la superficie de l'élément engagé
Absence de traitement phytosanitaire sur les roselières engagées.	Visuel	Néant	Réversible	Principal Total

<sup>1</sup> Définitive au 3ème constat



#### **4. Recommandations pour la mise en oeuvre de la mesure « PA – CA13 – RO1 »**

- Pas de pâturage autorisé
- Exploitation interdite des secteurs de colonies avérées de hérons paludicoles
- Travail du sol et brûlage interdits
- Respect de l'autorisation spécifique du type de matériel de coupe
- Autoriser un suivi scientifique sur les parcelles engagées (notamment avifaunistique)
- Pas d'utilisation de roues-cages
- Respect du calendrier hydraulique excluant l'irrigation estivale durant, au minimum, 1 mois à partir de juillet



## TERRITOIRE « CAMARGUE » MESURE TERRITORIALISÉE « PA – CA13 – RO2 » Roselières exploitées à forts enjeux avifaunistiques CAMPAGNE 2009

### 1. Objectifs de la mesure

Ce contrat vise principalement à favoriser les pratiques d'exploitation permettant la conservation et la protection des roselières présentant un fort intérêt avifaunistique pour les espèces non coloniales (nidification de hérons Butor étoilé, Blongios nain et de passereaux paludicoles Lusciniole à moustaches, Mésange à moustaches, Bruant des roseaux, rousserolles etc...). Ces roselières sont considérées comme « habitats d'oiseaux » au titre du DOCOB NATURA 2000.

Ce contrat permet également le maintien et l'entretien des roselières pour leur rôle paysager et épurateur.

La mise en défens de l'exploitation mécanique du roseau d'une partie de la roselière favorise la biodiversité avifaunistique en permettant le maintien de roseau sec en lisière de roselières coupées.

En contrepartie du respect du cahier des charges de la mesure, une aide de 197,24 € par hectare engagé vous sera versée annuellement pendant les 5 années de l'engagement.

### 2. Les conditions spécifiques d'éligibilité à la mesure « PA – CA13 – RO2 »

#### 2.1 Conditions relatives au demandeur ou à l'exploitation

Vous devez respecter les conditions d'éligibilité générales aux différentes Mesures AgroEnvironnementales, rappelées dans la notice nationale d'information.

##### 2.1.1 L'éligibilité du demandeur

Vous devez respecter les conditions d'éligibilité indiquées dans la notice nationale d'information pour la campagne 2009.

##### 2.1.2 Localisation des parcelles

Les roselières potentiellement contractualisables seront définies en fonction des enjeux avifaunistique par une structure compétente en matière de gestion des roselières (ex : Parc naturel régional de Camargue, Tour du Valat,...).

#### 2.2 Conditions relatives aux surfaces engagées

##### 2.2.1 Éligibilité des surfaces

Les surfaces éligibles à la mesure sont les roselières à enjeux avifaunistiques.

##### 2.2.2 Surface minimale en roseau à ne pas couper : 80 %

Cette surface doit être laissée non coupée annuellement de manière tournante afin de ne pas perdre l'intérêt commercial du roseau exploité.

##### 2.2.3 Pâturage

Pour pouvoir bénéficier de ce contrat, le signataire devra préalablement s'assurer que les parcelles contractualisées ne sont pas pâturées.

##### 2.2.4 Type de matériel autorisé pour la coupe et gestion de l'eau

Le type de matériel autorisé pour la coupe ainsi que les pratiques de gestion de l'eau seront définis en fonction d'un diagnostic préalable (état de la roselière et du substrat, etc...).



### 3. Cahier des charges de la mesure « PA – CA13 – RO2 » et régime de contrôle

L'ensemble de vos obligations doit être respecté tout au long de votre contrat, et ce dès le 15 mai de l'année de votre engagement.

Les documents relatifs à votre demande d'engagement et au respect de vos obligations doivent être conservés sur votre exploitation pendant toute la durée de votre engagement et pendant les quatre années suivantes.

Les différentes obligations du cahier des charges de la mesure « PA – CA13 – RO2 » sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Lorsque l'une de ces obligations n'est pas respectée, les conséquences de ce non-respect peuvent porter sur la seule année considérée (anomalie réversible), ou bien sur l'ensemble des 5 ans de l'engagement (anomalie définitive). Par ailleurs, le régime de sanction est adapté selon l'importance de l'obligation (principale ou secondaire) et selon qu'il s'agisse d'une obligation à seuil ou totale.

Reportez-vous à la notice nationale d'information sur les MAE pour plus d'informations sur le fonctionnement du régime de sanctions.

#### 3.1 Le cahier des charges de la mesure « PA – CA13 – RO2 »

Obligations du cahier des charges à respecter en contrepartie du paiement de l'aide	Contrôles sur place		Sanctions	
	Modalités de contrôle	Pièces à fournir	Caractère de l'anomalie	Niveau de gravité
Enregistrement des interventions d'entretien (type d'intervention, localisation, date et outils).	Documentaire	Cahier d'enregistrement	Réversible <sup>1</sup>	Secondaire Total
Respect de nombre de coupe maximal autorisé sur chaque roselière engagée : une coupe par an sur 5 ans (portant sur 20 % de la roselière).	Visuel et documentaire	Cahier d'enregistrement	Définitive	Principal Total
Respect de la période d'absence d'interdiction sur chaque roselière engagée : coupe autorisée de décembre à fin-février hors secteurs de colonies avérées de hérons paludicoles.	Visuel et documentaire	Cahier d'enregistrement	Réversible	Secondaire Seuils : par tranche de jours d'avance / retard (5/10/15 jours)
Respect de la part minimale à ne pas récolter chaque année (80 %), par rapport à la surface totale de la roselière engagée.	Mesurages	Néant	Réversible	Principal Seuils : en fonction de l'écart de surface non récoltée / surface qui auraient dû être récoltées
Absence d'espèces envahissantes. Respect des conditions d'élimination des espèces envahissantes définies dans le cahier des charges : destruction chimique interdite sauf pour <i>Baccharis halimifolia</i> le cas échéant avec dévitalisation des souches.	Visuel et documentaire	Cahier d'enregistrement	Réversible	Secondaire Seuils : en fonction de la surface touchée par rapport à la superficie de l'élément engagé
Absence de traitement phytosanitaire sur les roselières engagées.	Visuel	Néant	Réversible	Principal Total

<sup>1</sup> Définitive au 3ème constat



#### **4. Recommandations pour la mise en oeuvre de la mesure « PA – CA13 – RO2 »**

- Pas de pâturage autorisé
- Exploitation interdite des secteurs de colonies avérées de hérons paludicoles
- Travail du sol et brûlage interdits
- Respect de l'autorisation spécifique du type de matériel de coupe
- Autoriser un suivi scientifique sur les parcelles engagées (notamment avifaunistique)
- Pas d'utilisation de roues-cages
- Respect du calendrier hydraulique excluant l'irrigation estivale durant, au minimum, 1 mois à partir de juillet



## Annexe 5

*Tableau de surfaces des Habitats d'intérêt communautaire (source DOCOB)*

<b>Nomenclature habitats Annexe 1 DH</b>	<b>Surfaces (hectares)</b>	<b>Code NATURA 2000</b>
Banc de sable fin	34225	1110
Sable vaseux estuarien	955	1130
Sables littoraux	1124	1140
<b>Lagunes*</b>	<b>13149</b>	<b>1150*</b>
<b>Lagunes salicoles*</b>	<b>7734</b>	<b>1150*</b>
Baie peu profonde	921	1160
Sansouires annuelles	808	1310
Jonchaies	3044	1410
Sansouires perennes	9107	1420
<b>Steppes salées*</b>	<b>33</b>	<b>1510*</b>
Dunes embryonnaires	30	2110
Dunes blanches	119	2120
Roselières dunaires	2	2190
Dunes grises	248	2210
<b>Dunes à genevriers*</b>	<b>105</b>	<b>2250*</b>
Dunes à cistes	79	2260
<b>Pinedes dunaires*</b>	<b>354</b>	<b>2260*</b>
Marais à chara	378	3140
Etangs à potamots	5037	3150
<b>Mares temporaires*</b>	<b>29</b>	<b>3170*</b>
<b>Pelouses annuelles*</b>	<b>556</b>	<b>6220*</b>
Pelouses humides	46	6420
Megaphorbiaies	2	6430
Prairies de fauche	14	6510
Ripisylves	678	92A0
Tamarissaies	23	92D0
Roselières	2982	<i>Dir Oiseaux</i>
<b>Superficie totale habitats (au 15 mai 2009)</b>	<b>81782</b>	



## Annexe 6

### Liste des espèces d'intérêt communautaire (source DOCOB)

#### Espèces faunistiques d'intérêt communautaire et/ou d'intérêt patrimonial :

- 1 – 1079 - Grand capricorne
- 2 – 1083 - Lucane cerf-volant
- 3 – 1041 - Cordulie à corps fin
- 4 – 1078\* - Ecaille chinée
- 5 – Espèce d'intérêt patrimonial local - Diane
- 6 – 1103 - Alose feinte du Rhône
- 7 – 1095 - Lamproie marine
- 8 – 1099 - Lamproie fluviatile
- 9 – 1134 - Bouvière
- 10 – 1126 - Toxostome
- 11 – 1131 - Blageon
- 12 – 1166 - Triton crêté
- 13 – 1220 - Cistude d'Europe
- 14 – 1224\* - Tortue Caouanne
- 15 – 1337 - Castor d'Eurasie
- 16 – 1303 - Grand Rhinolophe
- 17 – 1305 - Rhinolophe euryale
- 18 – 1307 - Petit murin
- 19 – 1324 - Grand murin
- 20 – 1321 - Murin à oreilles échancrées
- 21 – 1310 - Minioptère de Shreibers

#### Espèces avifaunistiques d'intérêt communautaire à enjeu majeur :

- 1 – A026 - Aigrette garzette
- 2 – A132 - Avocette élégante
- 3 – A023 - Bihoreau gris
- 4 – A022 - Blongios nain
- 5 – A021 - Butor étoilé
- 6 – A024 - Crabier chevelu
- 7 – A037 - Cygne de Bewick
- 8 – A035 - Flamant rose
- 9 – A135 - Glaréole à collier
- 10 – A180 - Goéland railleur
- 11 – A027 - Grande aigrette
- 12 – A029 - Héron pourpré
- 13 – A032 - Ibis falcinelle
- 14 – A293 - Lusciniole à moustaches
- 15 – A176 - Mouette mélanocéphale
- 16 – A034 - Spatule blanche
- 17 – A191 - Sterne caugek
- 18 – A189 - Sterne hansel
- 19 – A195 - Sterne naine
- 20 – A193 - Sterne pierregarin



## Annexe 7

**Tableau 7.1: Interrelations identifiées en cas d'augmentation des services d'approvisionnement**

	services d'approvisionnement					
	Agriculture-cultures	Agriculture – élevage	pêche professionnelle	roseaux	sel	plantes médicinales ou utiles
						
<b>services d'approvisionnement</b>						
Agriculture-cultures	x					
Agriculture – élevage		x		diminution des surfaces disponibles car incompatibilité d'usage des surfaces entre élevage et exploitation du roseau		
pêche professionnelle	diminution de la ressource par les effets sur la qualité de l'eau		x			
roseaux		diminution des surfaces disponibles car incompatibilité d'usage des surfaces entre élevage et exploitation du roseau		x		
sel					x	
plantes médicinales ou utiles		diminution si pression de pâturage trop élevée				x
<b>services culturels</b>						
tourisme	diminution de la diversité des paysages	augmentation par la présence d'élevages emblématiques (taureaux, chevaux)			augmentation par l'existence de l'activité peu répandue ailleurs en France	
activités récréatives – chasse	augmentation par mise à disposition de surfaces en eau appréciées des gibiers d'eau	diminution par manque des surfaces si incompatibilité d'usage		diminution par manque de surfaces si incompatibilité d'usage		
activités récréatives – pêche	diminution de la ressource par les effets sur la qualité de l'eau		diminution par concurrence			
activités récréatives – sports de pleine nature	diminution de la diversité des paysages	diminution des usages de loisirs car incompatibilité d'usage des surfaces				
valeur cognitive (éducative et scientifique)	diminution de la diversité des milieux écologiques					
valeur spirituelle ou d'inspiration, sentiment d'appartenance	augmentation par la présence de riz, unique en France	augmentation par sa participation à l'expression de la culture camargaise (gardian)			augmentation par le paysage très particulier des salins	
<b>services de régulation</b>						
régulation du climat global et local						
qualité de l'air	diminution par la volatilisation d'une partie des pesticides épandus					
protection contre l'érosion des sols	Augmentation de la fertilité des sols par désailement des terres diminution du service si pratiques culturales laissant des sols nus pendant l'hiver augmentation du service si l'inverse	diminution si surpâturage de certaines zones en lien avec diminution de la couverture végétale				
influence sur la qualité de l'eau	diminution en fonction des volumes de pesticides épandus augmentation ou maintien en lien avec l'activité « épuratrice » des rizières	diminution si surpâturage de certaines zones qui concentrent les rejets animaux augmentation par maintien de surfaces en marais pour l'élevage				
ressource en eau	diminution en fonction des volumes utilisés pour l'irrigation					
protection contre les événements extrêmes – inondations	diminution par saturation des sols du delta en lien avec les cultures irriguées					
protection contre les événements extrêmes – tempêtes maritimes					augmentation par l'existence des surfaces d'exploitation situées entre la mer et les habitations	
<b>services de soutien</b>						
habitat pour les espèces	diminution par destruction d'habitats (élimination d'arbres par ex.)			diminution par destruction d'habitats	augmentation par le maintien d'un habitat très particulier (salins)	
maintien de la diversité génétique	diminution par la culture de quelques variétés seulement		diminution si pression de pêche élevée	diminution par destruction d'habitats		



Tableau 7.2: Interrelations identifiées en cas d'augmentation des services culturels

	services culturels					
	tourisme	activités récréatives – chasse	activités récréatives – pêche	activités récréatives – sports de pleine nature	valeur cognitive (éducative et scientifique)	valeur spirituelle ou d'inspiration, sentiment d'appartenance
						
<b>services d'approvisionnement</b>						
Agriculture-cultures	augmentation par présence de consommateurs supplémentaires et développement de la vente directe	diminution possible par concurrence sur les surfaces disponibles				augmentation par l'importance de la renommée de la zone (IGP riz)
Agriculture – élevage	augmentation par présence de consommateurs supplémentaires et développement de la vente directe	diminution par exclusion du pâturage de certaines zones de chasse				augmentation par l'importance de la renommée de la zone (AOC viande)
pêche professionnelle	augmentation par présence de consommateurs supplémentaires et développement de la vente directe			diminution en cas de sur-fréquentation ponctuelle (par ex. kite-surf et pêcheurs)		augmentation par l'importance de la renommée de la zone (tellines, athérines)
roseaux						
sel						
plantes médicinales ou utiles						
<b>services culturels</b>						
tourisme	x			augmentation du nombre d'activités proposées localement	augmentation par accumulation des connaissances sur les oiseaux et publication de livres qui font venir des ornithologues par ex.	augmentation par la forte identité locale
activités récréatives – chasse	diminution par les possibles conflits d'usage sur certaines zones (par ex. drailles)	x				augmentation par un fort sentiment d'appartenance
activités récréatives – pêche			x			
activités récréatives – sports de pleine nature		diminution par exclusion de ces activités des zones de chasse		x		
valeur cognitive (éducative et scientifique)					x	
valeur spirituelle ou d'inspiration, sentiment d'appartenance		augmentation par la typicité des milieux et du type de chasse				x
<b>services de régulation</b>						
régulation du climat global et local						
qualité de l'air	diminution par les émissions liées aux transports des touristes (cars, camping cars)					
protection contre l'érosion des sols	diminution par sur-fréquentation de zones particulières (par ex. dunes)					
influence sur la qualité de l'eau	diminution par explosion très localisées des volumes des rejets en été	diminution par pollution liée au plomb des munitions				
ressource en eau	diminution possible en lien avec sur-population estivale					
protection contre les événements extrêmes – inondations		diminution par la mise en eau des marais en août qui participe à la saturation en eau des milieux avant les épisodes de pluies d'automne				
protection contre les événements extrêmes – tempêtes maritimes	diminution par incompatibilité avec les stratégies de conservation des plages touristiques					
<b>services de soutien</b>						
habitat pour les espèces	diminution par destruction d'habitats dans les zones très fréquentées (par ex. dunes)	diminution si pression de chasse trop forte	diminution si pression de pêche trop forte	diminution si sur-fréquentation localisée (dérangement)	augmentation par les études qui amènent à la protection de zones les plus fragilisées	
maintien de la diversité génétique	Diminution consécutive à la destruction d'habitats dans les zones très fréquentées (par ex. dunes)	diminution si pression de chasse trop forte et si lâchers de gibiers trop nombreux	diminution si pression de pêche trop forte et si lâchers de poissons trop nombreux		augmentation par les études qui amènent à la protection de zones les plus fragilisées	



**Tableau 7.3: Interrelations identifiées en cas d'augmentation des services de soutien**



	<b>services de soutien</b>	
	habitats pour les espèces	maintien de la diversité génétique
<b>services d'approvisionnement</b>		
Agriculture-cultures	diminution par la présence d'individus qui peuvent devenir des ravageurs des cultures (ex : flamants et riz)	diminution par la présence d'individus qui peuvent devenir des ravageurs des cultures (ex : flamants et riz)
Agriculture – élevage	diminution par exclusion de zones protégées des surfaces pâturées	
pêche professionnelle	augmentation par les populations plus variées et plus importantes de poissons diminution si population de prédateurs de poissons domine	augmentation par les populations plus variées et plus importantes de poissons diminution si population de prédateurs de poissons domine
roseaux	diminution par la présence d'espèces rares qui limitent l'exploitation des roseaux (par ex. Butor étoilé)	
sel		
plantes médicinales ou utiles	augmentation par la diversité des habitats présents	
<b>services culturels</b>		
tourisme	augmentation par la présence d'espèces rares qui « attirent » des visiteurs sur la zone	augmentation par la présence d'espèces rares qui « attirent » des visiteurs sur la zone
activités récréatives – chasse	augmentation par la présence de nombreux individus qui rendent les zones de chasse attractives	augmentation par la présence de nombreuses espèces qui rendent les zones de chasse attractives
activités récréatives – pêche	augmentation par la présence de nombreux individus qui rendent les zones de pêche attractives	augmentation par la présence de nombreuses espèces qui rendent les zones de pêche attractives
activités récréatives – sports de pleine nature	diminution par exclusion de zones protégées des surfaces de loisirs	
valeur cognitive (éducative et scientifique)	augmentation par la présence d'espèces rares qui justifient des études sur la zone	
valeur spirituelle ou d'inspiration, sentiment d'appartenance		
<b>services de régulation</b>		
régulation du climat global et local		
qualité de l'air		
protection contre l'érosion des sols		
influence sur la qualité de l'eau		
ressource en eau		
protection contre les événements extrêmes – inondations		
protection contre les événements extrêmes – tempêtes maritimes		
<b>services de soutien</b>		
habitats pour les espèces	x	
maintien de la diversité génétique	augmentation par la présence d'habitats propices à certaines étapes clés de la vie des espèces	x



Tableau 7.4: Interrelations identifiées en cas d'augmentation des services de régulation

	services de régulation						
	régulation du climat global et local	qualité de l'air	protection contre l'érosion des sols	influence sur la qualité de l'eau	ressource en eau	protection contre les événements extrêmes – inondations	protection contre les événements extrêmes – tempêtes maritimes
<b>services d'approvisionnement</b>							
Agriculture-cultures	augmentation par l'influence sur les températures moyennes		augmentation par maintien de la fertilité des sols diminution si concurrence des surfaces en végétation et cultivées				
Agriculture – élevage	augmentation par l'influence sur les températures moyennes						
pêche professionnelle				augmentation par la qualité de l'eau			
roseaux							
sel							
plantes médicinales ou utiles							
<b>services culturels</b>							
tourisme		augmentation par une image de zone « d'air pur »		augmentation par maintien d'une qualité d'eau compatible avec la baignade			
activités récréatives – chasse							
activités récréatives – pêche				augmentation par la qualité des milieux pour les populations de poissons			
activités récréatives – sports de pleine nature		augmentation par une image de zone « d'air pur »					
valeur cognitive (éducative et scientifique)							
valeur spirituelle ou d'inspiration, sentiment d'appartenance							
<b>services de régulation</b>							
régulation du climat global et local	x						
qualité de l'air		x					
protection contre l'érosion des sols			x				
influence sur la qualité de l'eau		augmentation par diminution des polluants atmosphériques transférables à l'eau		x			
ressource en eau				augmentation possible par la disponibilité plus importante	x		
protection contre les événements extrêmes – inondations						x	
protection contre les événements extrêmes – tempêtes maritimes							x
<b>services de soutien</b>							
habitats pour les espèces		augmentation par la qualité des milieux		augmentation par la qualité des milieux			
maintien de la diversité génétique		augmentation par la qualité des milieux		augmentation par la qualité des milieux			





## Annexe 8

### Références bibliographiques utilisées dans les recherches de caractérisation des services :

- Abdallah Y, Crivelli A.J, Lebel I, Mauclert V, Henissart C, Marobin D**, 2009. *État des lieux de la pêche professionnelle à l'Anguille (Anguilla anguilla) en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Association Migrateurs Rhône Méditerranée, Pôle Relais Lagunes Méditerranéennes, Station biologique Tour du Valat, Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins PACA, Parc Naturel Régional de Camargue. 51 p.
- Allard P**, 2011, *Histoire des aménagements hydrauliques en Camargue : conséquences sur l'évolution des milieux humides*, Actes du forum scientifique « 40 ans de recherche au service de la gestion de la Camargue », Parc Naturel Régional de Camargue, 68 p.
- Aufroy R et Perennou C**, 2008, *Evolution de la Camargue - Observatoire de la Camargue*
- Barnaud G et Fustec E**, 2007, *Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment ?*, Editions Educagri/QUAE, Paris, 230 p.
- Barthélémy C et Roché J**, 2002, *Pêches et pêcheurs en Camargue*, Courrier du Parc n°52-53, éditions du PNRC, 88 p.
- Bechet A, Rendon-Martos M, Rendon M . A, Aguilar Amat J, Johnson A. R et Gauthier-Clerc M**, 2011, Global economy interacts with climate change to jeopardize species conservation : the case of the greater flamingo in the Mediterranean and West Africa, *Environmental Conservation*, 39, p.1-3
- Bordigoni M**, 2003, *Le « pèlerinage des Gitans » entre foi, tradition et tourisme*, *Ethnologie française*, vol 32, p. 489-501, [http:// www.cairn.info](http://www.cairn.info)
- Calvet C, Lifran R, et Mathevet R**, 2011, Combien coûte la Camargue ? Evaluation ex post des politiques publiques, Rapport de recherche Fondation MAVA, CNRS-CEFE, INRA-LAMENTA, 103 p.
- Casanova J.Y**, 2010, L'Eternité rompue ou une durée hors d'haleine dans le Bête du Vaccarès, *Modernités*, n°30, Presses Universitaires de Bordeaux, Bordeaux, p.55-66
- Champagnon J**, 2011, *Conséquences des introductions d'individus dans les populations exploitées : l'exemple du canard Colvert Anas platyrhynchos*, Thèse Université Montpellier II
- Commissariat Général au Développement Durable**, 2010, *Projet de caractérisation des fonctions écologiques des milieux en France*, Etudes et Documents n°20, 70p
- Commissariat Général au Développement Durable**, 2011, *Evaluation économique des services rendus par les zones humides - enseignements méthodologiques de monétarisation*, Etudes et Documents n°49, 220 p
- Commission Exécutive De l'Eau**, 2007, Evolution et perspectives/ plan d'actions 2007-2012, available at: <http://www.parc-camargue.fr/>, accessed 18 Avril 2012
- Comoretto L, Arfib B, Chiron S**, 2007, Pesticides in the Rhône river delta (France) : basic data for a field-based exposure assessment, *Science of the Total Environment*, 380, p. 124-132



- De Groot R.S, Wilson M.A and Boumans R.M.J**, 2002, A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services, *Ecological economics*, 41, p. 393-408
- Delmotte S**, 2011, *Evaluation participative de scénarios : quelles perspectives pour les systèmes agricoles camarguais*, Thèse Montpellier Supagro
- Dervieux A**, 2005, La difficile gestion globale de l'eau en Camargue (France) : le Contrat de delta, La revue électronique de l'environnement Vertigo, Vol 6 n°3
- EDATER**, 2006, Etude diagnostique et prospective des activités économiques en Camargue, Rapport final, 85 p.
- Ecosphere**, 2006, *Délimitation de l'espace fonctionnel par fonction et par types de zones humides du bassin Rhône Méditerranée*, rapport annexe : « les fonctions des zones humides, synthèse bibliographique », 130 p.
- Ehrlich P.R**, 1985, The concept of human ecology : a personal view, IUCN Bulletin n°16 (4-6), p.60-61
- Fouchier F**, 2011, Un nouvel achat du Conservatoire du Littoral aux Salins du Midi, available at: <http://www.zones-humides.eaufrance.fr>
- Fustec E et Lefeuvre J.C et coll.**, 2000, *Fonctions et valeurs des zones humides*, Editions DUNOD, Paris, 426 p.
- Galewski T et coll.**, 2012, *Biodiversité : état et tendance des espèces des zones humides méditerranéennes*, Observatoire des zones humides méditerranéennes, Dossier thématique n°1, Tour du Valat, France, 52 p.
- Garcia-Murillo P, Fernandez-Zamudio R, Cirujano S et Sousa A**, 2006, Aquatic macrophytes in Doñana protected area (SW Spain) : an overview, *Limnetica*, n°25, p.71-80
- Glessier S**, 2006, *La pêche professionnelle et amateur de tellines en Camargue, quantification, qualification, attentes des professionnels*, rapport de Master2 PNR Camargue-Université de Montpellier 2, 39 p.
- Goltermann H. L**, 1995, The labyrinth of nutrient cycles and buffers in wetlands : results based on research in the Camargue (southern France), *Hydrobiologia*, 315, p.39-58
- Gomez-Baggethun E, Alcorlo P et Montes C**, 2011, Ecosystem services associated with a mosaic of alternative states in a Mediterranean wetland : case study of the Doñana marsh (SW Spain), *Hydrological Sciences Journal*, 56:8, p.1374-1387
- La Provence**, 2012, article de presse, <http://www.laprovence.com/article/a-la-une/arles-la-vente-des-salins-du-Midi>
- Loubet A**, 2012, Modélisation de l'hydrosystème Vaccarès, contribution à une gestion adaptative des ressources en eau dans le delta du Rhône, France. thèse Laboratoire Chimie Provence – Tour du Valat
- Mathevet R**, 2000, Thèse *Usages des zones humides camarguaises : enjeux et dynamique des interactions environnement/usagers/territoire*, Université Jean Moulin Lyon 3
- Mathevet R**, 2004, *Camargue incertaine*, Editions Buchet-Chastel, Paris, 201 p.
- Millenium Ecosystem Assessment**, 2005, *Ecosystem and human well-being : wetlands en water synthesis*, World Ressources Institute, Washington DC, 80 p.
- Mondain-Monval JY, Olivier A et Le Bihan A**, 2009, *Recent trends in the number of hunters and the harvest of wildfowl in the Camargue : preliminary results*, Wildfowl, Special issue 2 :192-201



- Mouret J.C**, 2004, Les potentialités agroclimatiques et la place du riz dans la dynamique d'évolution des systèmes de culture en Camargue, INRA-UMR Innovation, Montpellier
- Parc Naturel Régional de Camargue**, 2002, Contrat de delta : dossier préalable de candidature
- Parc Naturel Régional de Camargue**, 2004, Etude hydraulique et hydrobiologique des canaux de Camargue : état des lieux et diagnostic, BRL
- Parc Naturel Régional de Camargue**, 2006, Evaluation de l'offre touristique du PNR Camargue et des activités induites par le tourisme, Rapport final, TEC Conseil, 60 p.
- Parc Naturel Régional de Camargue**, 2009, Diagnostic territorial
- Parc Naturel Régional de Camargue (b)**, 2009, DOCOB site Natura 2000 Camargue – Tome 1 : diagnostic, enjeux et objectifs de conservation hiérarchisés, 175 p.
- Parc Naturel Régionale de Camargue**, 2010, Schéma de tourisme durable du PNR Camargue 2010-2015, 105 p.
- Parc Naturel Régional de Camargue**, 2011, Données sur l'occupation du sol 2011
- Parc Naturel Régional de Camargue**, 2012, Contrat de delta Camargue insulaire : état des lieux et diagnostic, Egis eau
- Pelen J. N**, 1985, Le pays d'Arles : sentiments d'appartenance et représentation de l'identité, Terrain : Identité culturelle et appartenance régionale, n° 5, 15 p., <http://terrain.revues.org>
- Picon B**, 1988, *L'espace et le temps en Camargue* – Essai d'écologie sociale, Editions Actes sud, Arles, France, 264 p.
- Picon B**, 1995, *Le faste et le merveilleux, l'humilité et la mélancolie*, Strates, n°8, <http://strates.revues.org>
- Picon B et Ojeda J**, 1993, De la nature «ressource» à la nature institutionnalisée dans les deltas du Rhône et du Guadalquivir, Méditerranée, 78, P 69-79
- Picon B et Provansal M**, 2002, Faut-il se protéger de la mer ? Instabilités naturelles et politiques dans le delta du Rhône, Faire savoir n°2, p.75-80
- Poulin B, Lefebvre G, Duborper E, Kayser Y et Maillard S**, 2011, Suivi de l'état de conservation de l'habitat « Roselière », année 2011, Rapport présenté au Syndicat Mixte de la Camargue Gardoise, Tour du Valat
- Réserve Naturelle Nationale de Camargue**, 2011, Comte-rendu du suivi scientifique de la Réserve 2011, 1167 p.
- Roche H, Buet A, Tidou A et Ramade F**, 2003, Contamination by persistent organic pollutants of the fish community of the Vaccares lake, French national Reserve of Camargue, Revue d'Ecologie- la Terre et la Vie, vol. 58, p.77-102
- Roche H, Vollaire Y, Martin E, rouer C, Coulet E, Grillas P et Banas D**, 2008, Rice fiels regulate organochlorine pesticides and PCBs in lagoons of the Nature Reserve of Camargue, Chemosphere, 75, p.526-533



**Sabatier F**, 2001, Fonctionnement et dynamiques morpho-sédimentaires du littoral du delta du Rhône, Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille III

**Sabatier F et Provansal M**, 2002, La Camargue sera-t-elle submergée ?, *La recherche*, 355, p.72-73

**SYMADREM**, 2010, Programme de sécurisation des ouvrages de protection contre les crues du Rhône du barrage de Vallabrègues à la mer, Plan Rhône, version 4

**Trouillet M**, 2011, Lien entre gestion des écosystèmes et la fourniture de services écosystémiques : exemple du service touristique en Camargue, Mémoire Master2, Université de Montpellier 39 p.

**UICN**, 2008, Biens et services écologiques : un nouveau regard sur la nature pour de nouvelles politiques, Rapport intermédiaire

**Ullmann A et Sabatier F**, 2010, Types de temps et risque d'inondation et d'érosion en Camargue : diagnostique et prévision au 21ème siècle (1993-2100), *Echogea*, 14, p.1-5

**Vianet R, Hemery G et Arnassant S**, 2007, L'élevage extensif traditionnel de chevaux et taureaux et maintien des milieux naturels de Camargue, 18ème rencontre régionale de l'environnement, 18-19 octobre 2007 – ARPE PACA





## Résumé

Cette étude a pour objectif la caractérisation des services rendus par les écosystèmes dans le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue (PNRC). Elle s'intègre à un projet franco-israélien de recherche et de comparaison des services écosystémiques fournis par deux types de zones humides méditerranéennes.

La méthodologie utilisée cherchait (1) à identifier et caractériser les services rendus par les écosystèmes sur le territoire d'étude grâce à des recherches bibliographiques et des interviews d'acteurs locaux, (2) proposer un ou des indicateurs et une carte de localisation pour chaque service écosystémique et (3) identifier les interrelations entre services.

Les services d'approvisionnement « agriculture » et culturel « tourisme » s'expriment fortement sur la zone d'étude. Leur poids économique local est d'ailleurs prépondérant. Les services de soutien (« habitat pour les espèces » et « maintien de la diversité génétique ») sont aussi présents et bien renseignés. Ils bénéficient du caractère exceptionnel du site et des nombreuses actions de protection de la nature engagées depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle. Les services de régulation, comme « l'amélioration de la qualité de l'eau » par exemple, sont identifiés mais moins bien renseignés. L'importance de leur expression est donc difficilement mesurable. L'étude des interrelations met en évidence l'existence de nombreux *trade-offs* et synergies entre services. Par exemple, l'augmentation du niveau de production des services dominants « agriculture » et « tourisme » occasionnent des *trade-offs*, souvent irréversibles, avec les services de soutien et de régulation. Cet aspect est donc à considérer avec attention dans les choix de gestion et de développement.

## Abstract

This study aims to characterize ecosystem services in the Natural Regional Park of Camargue (NRPC). It's part of a franco-israelian project of research and comparison of the ecosystem services provided by two types of Mediterranean wetlands.

The methodology used sought (1) to identify and characterize the ecosystem services present on the study area by leading bibliographic searches and local actors' interviews, (2) to propose indicators and a localisation map for every service and (3) to identify interactions between ecosystem services.

Provisioning services such as « agriculture » and cultural services such as « tourism » are significant on the study area. Their local economic weight is nevertheless dominant. Supporting services (« habitat for species » and « genetic diversity ») are present too and well described. This is due to the exceptional site characteristics and the numerous environmental protection actions that have taken place since the early 20<sup>th</sup> century. Regulating services such as « water quality » for example, are identified but less described. It is therefore difficult to measure up their production level.

Studying the interactions between services shows numerous trade-offs and synergies. For example, the production increase of the most important services like « agriculture » and « tourism » causes trade-offs, irreversible most of the time, on regulating and supporting services. This aspect is thus to consider with attention when making decisions about natural protection and development.