



LIFE + MC-SALT

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND
CONSERVATION IN MEDITERRANEAN
SALTWORKS AND COASTAL LAGOONS



PROJET EUROPEEN LIFE NATURE

"Environmental Management and Restoration of Mediterranean Salt Works
and Coastal lagoons"

LIFE10 NAT/IT/256 MC-SALT

Action E6

Evaluation of the impact of the hydraulic restoration, burying
of electrical cables and restoration of nesting islets

Protocol of follow-up and monitoring indicators defined

- **Protocole et indicateurs de suivi de l'impact des travaux**
 - de restauration hydraulique
 - de restauration des ilots de nidification
 - d'enfouissement des lignes électriques -

Responsable de l'étude

Sonia SÉJOURNÉ, Responsable d'espaces naturels, Groupe SALINS
Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est
Exploitation salinière
30 220 Aigues-Mortes
Courriel : info@salins.com
Web: www.salins.com



Caroline Barrion, stagiaire en charge de l'étude
Université de la Rochelle – Littoral Environnement et Sociétés
Master 2 Sciences Pour l'Environnement
Spécialité Géographie Appliquée à la Gestion de l'Environnement

Contribution Expert scientifique :

Nicolas Sadoul, Responsable du programme de conservation des laro-limicoles coloniaux en Méditerranée, Association Les Amis des Marais du Vigueirat



Crédits photographiques

BARRION Caroline, PIN Christophe, SÉJOURNÉ Sonia, VEZON Thierry

Sommaire

Introduction.....	4
1- La Compagnie des Salins du Midi et des salines de l'Est et le programme LIFE +MC-SALT	5
1.1- Présentation de la Compagnie des Salins du Midi	5
1.1.1-Description de la Compagnie des Salins du Midi et des salines de l'Est	5
1.1.2-Politique et gestion environnementale.....	5
1.1.3- Le site d'Aigues-Mortes.....	7
1.2- Le programme LIFE NATURE « <i>LIFE + MC-SALT</i> »	32
1.2.1-Description	32
1.2.2-Les objectifs.....	32
1.2.3-Les partenaires et les sites concernés.....	32
1.2.4-Les principales actions du projet LIFE Nature sur le salin d'Aigues-Mortes	33
2- Matériels et protocole d'évaluation.....	37
2.1- Présentation du salin d'Aigues-Mortes	37
2.1.1-Généralités	37
2.1.2- La période d'étude	38
2.1.3- Les caractéristiques du milieu	38
2.2- Les lagunes côtières salicoles et les oiseaux typiques.....	42
2.2.1-Définition d'une lagune côtière salicole	42
2.2.2- Les oiseaux typiques des lagunes côtières salicoles.....	43
2.3- Protocole et indicateurs de suivi des travaux de restauration hydraulique	49
2.3.1- La pertinence des indicateurs	49
2.3.2- Le choix des indicateurs et du système de notation	50
2.3.3- Les indicateurs d'évaluation de l'état de conservation des lagunes côtières salicoles et le système de notation	54
2.3.4- Les indicateurs d'évaluation de l'état de conservation des oiseaux typiques des lagunes côtières salicoles et le système de notation	67
2.4.3-Les limicoles hivernants et migrateurs.....	79
2.4- Protocole et indicateurs de suivi des travaux de restauration des ilots de nidification.....	83
2.5- Protocole et indicateurs de suivi des travaux d'enfouissement de la ligne électrique	83
2.5.1- Indicateurs de collision.....	83
2.5.2- Indicateurs de l'état de conservation des habitats présents à proximité des lignes électriques ..	83
2.5.3. Synthèse globale des indicateurs de l'impact des travaux d'enfouissement des lignes électriques	85
Bibliographie.....	86
Annexes	88

Introduction

La Compagnie des Salins du Midi et des salines de l'Est (CSME) est une filiale du groupe SALINS qui est le premier producteur de sel de mer en Europe (France, Espagne et Tunisie). La CSME produit du sel depuis 1856 en France.

Sur le site d'Aigues-Mortes, situé en Camargue, à cheval sur deux régions, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon, l'activité salicole est pratiquée sur un complexe d'étangs saumâtres, entraînant la présence de « *lagunes salicoles* », habitat principal identifié sur le site et la présence d'espaces terrestres.

Les résultats de l'évaluation patrimoniale témoignent de la richesse écologique du salin. La mosaïque des habitats du salin d'Aigues-Mortes constitue un potentiel d'accueil important pour de nombreuses espèces d'intérêt patrimonial. Ces milieux répondent aux besoins de nombreuses espèces, notamment d'oiseaux, pour l'accomplissement de leur cycle biologique : alimentation, repos et reproduction.

Conscient de cette richesse, la Compagnie des salins du Midi exerce un haut degré de responsabilité dans la gestion de ses espaces naturels. Son objectif est de maintenir l'activité salicole tout en conservant les habitats et les conditions favorables à l'accueil des espèces d'intérêt patrimonial.

C'est dans ce contexte que la CSME a décidé de s'engager dans le projet LIFE + Nature sur le salin d'Aigues-Mortes. Le LIFE (L'instrument Financier pour l'Environnement) est un programme spécifique de la Commission Européenne dont l'objectif est d'accompagner la mise en œuvre des politiques communautaires en faveur de l'environnement.

Dans ce cadre, des travaux de restauration hydraulique, d'enfouissement de ligne électrique et réalisés en faveur de la nidification des laro-limicoles coloniaux d'intérêt patrimonial sont programmés dès 2013 sur le salin d'Aigues-Mortes. Afin d'évaluer l'efficacité de ces actions, il est apparu nécessaire d'établir un protocole et des indicateurs de suivi. Ces indicateurs devront être calculés sur une période antérieure aux travaux et en 2015 après les travaux afin d'évaluer l'impact des différents travaux sur les habitats et les espèces d'oiseaux visés par le programme Life + MC-SALT.

Dans un premier temps, une description de la Compagnie des salins du Midi et des salines de l'Est (CSME), du salin d'Aigues-Mortes et du programme LIFE + MC-SALT sera présentée. Le protocole d'évaluation des travaux de restauration hydraulique, d'enfouissement de ligne électrique et des actions en faveur des oiseaux seront développés dans le contexte du salin d'Aigues-Mortes. Enfin, une discussion sur la méthode sera exposée.

1- La Compagnie des Salins du Midi et des salines de l'Est et le programme LIFE +MC-SALT

1.1- Présentation de la Compagnie des Salins du Midi

1.1.1- Description de la Compagnie des Salins du Midi et des salines de l'Est

La Compagnie des Salins du Midi et salines de l'Est (CSME), composante française du Groupe Salins, est propriétaire et gestionnaire du salin d'Aigues-Mortes d'une superficie de 8296 hectares, située sur le littoral méditerranéen en Camargue.

A la tête de plusieurs entreprises situées en Europe et en Afrique, le Groupe SALINS se positionne sur la scène internationale pour la production de sel de mer (Carte 1) et produit également du sel gemme et du sel igné. Ce groupe leader occupe tous les marchés du sel : alimentation, agriculture, déneigement, traitement de l'eau, chimie, industries diverses. Il emploie 1500 personnes. .

Carte 1 : Salins méditerranéens gérés par le Groupe Salins (carrés bleus)



Source : CSME

1.1.2- Politique et gestion environnementale

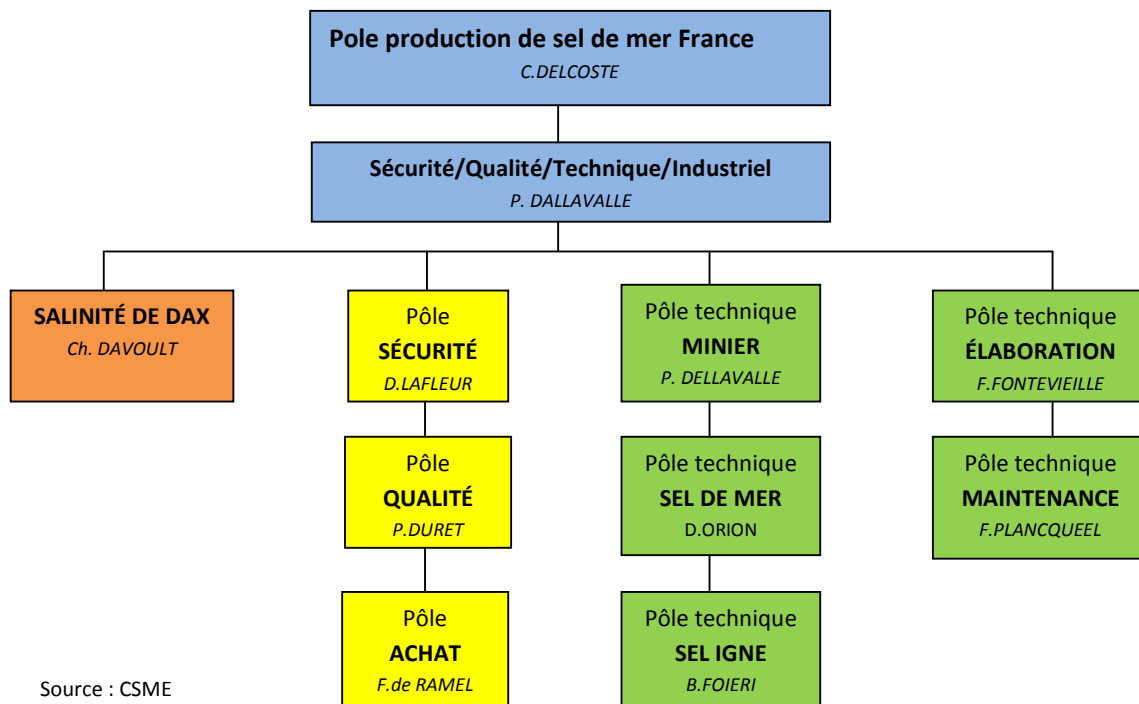
L'activité de production de sel de mer est considérée comme agricole au sens de l'article L 311-1 du code rural : «*Sont réputées agricoles toutes les activités correspondant à la maîtrise et à l'exploitation d'un cycle biologique de caractère végétal ou animal et constituant une ou plusieurs étapes nécessaires au déroulement de ce cycle ainsi que les activités exercées par un exploitant agricole qui sont dans le prolongement de l'acte de production ou qui ont pour support l'exploitation. Les activités de cultures marines*

sont réputées agricoles, nonobstant le statut social dont relèvent ceux qui les pratiquent.» La production salicole nécessite effectivement de contrôler un cycle où le sel est dit cultivé et récolté.

Conscient de la richesse biologique des territoires saliniers, CSME exerce, avec compétence et professionnalisme, un haut degré de responsabilité dans la gestion de cet immense complexe lagunaire qui représente aujourd’hui un espace naturel de haute valeur patrimoniale, mondialement reconnu.

La gestion de l’environnement mobilise plusieurs services en interne et des structures externes. Les principales opérations de gestion de l’espace salinier sont réalisées par le service de production de sel (UPSL, unité production sel de mer). Au sein du Pole Technique sel de mer du groupe SALINS, une responsable espaces naturels définit les objectifs stratégiques, les actions et assure la mise en œuvre des mesures définies dans les plans de gestion écologiques, les chartes ou les projets Life Nature. Elle informe et conseille aussi les responsables du service de production et les responsables des activités de loisirs, piscicoles, cynégétiques et touristiques pour préserver le patrimoine naturel du salin.

Figure 1 : La gestion de l’espace salinier au sein du Groupe Salins



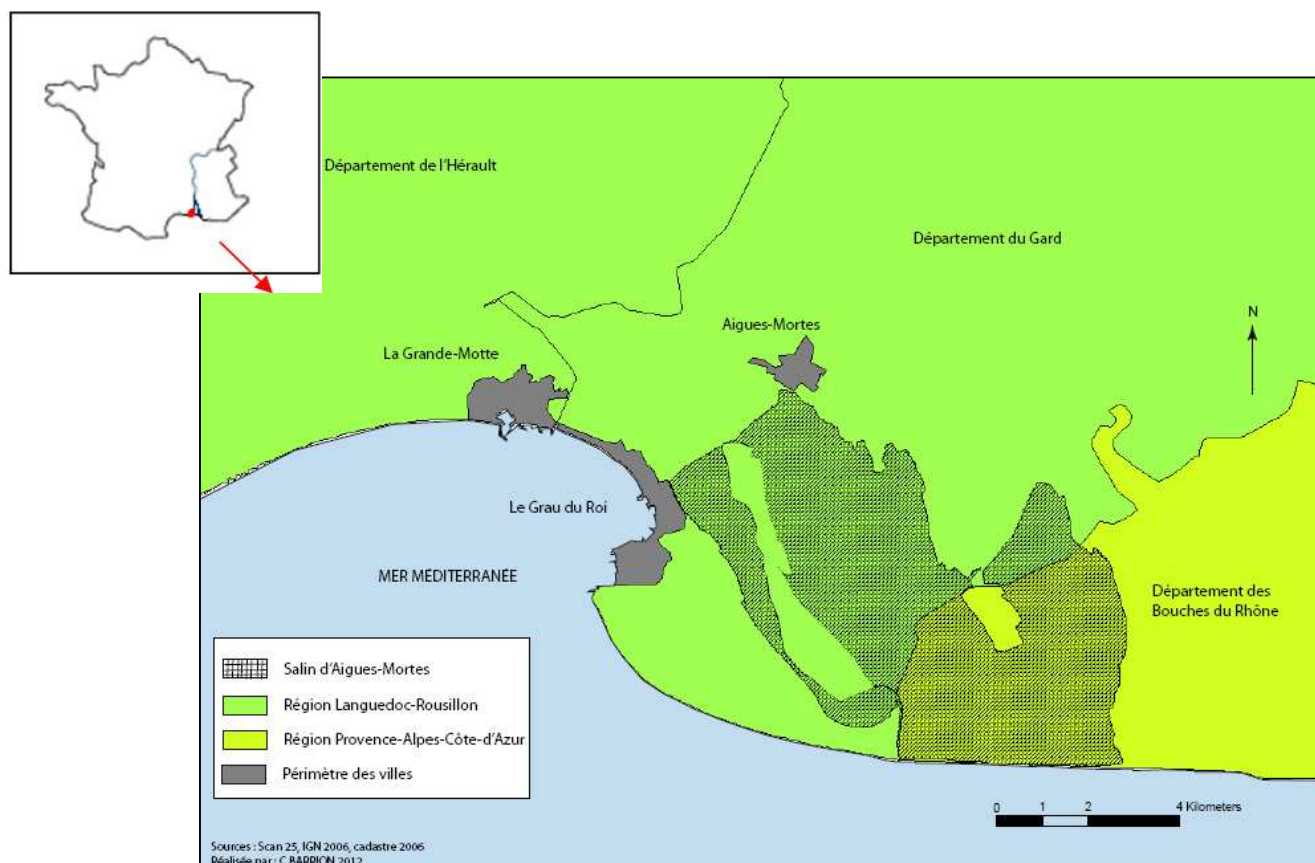
1.1.3- [Le site d'Aigues-Mortes](#)

1.1.3.1- [Localisation](#)

Le salin d'Aigues-Mortes constitue une des exploitations salinières de la Compagnie des Salins du Midi et Salines de l'Est.

Il est situé sur la façade méditerranéenne française, en Petite Camargue, à cheval sur deux régions, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon. Il se déploie sur 12 km d'Est en Ouest et 15 km du Nord au Sud, des Bouches-du-Rhône (13) au Gard (30) avec pour limite sud 8 km de littoral relevant du Domaine Public Maritime (DPM). Le salin d'Aigues-Mortes représente 8296 hectares répartis sur quatre communes : Saint-Laurent-d'Aigouze, les Saintes-Maries-de-la-Mer, le Grau-du-Roi et Aigues-Mortes.

Carte 2 : localisation du salin d'Aigues-Mortes



1.1.3.2- [La production de sel](#)

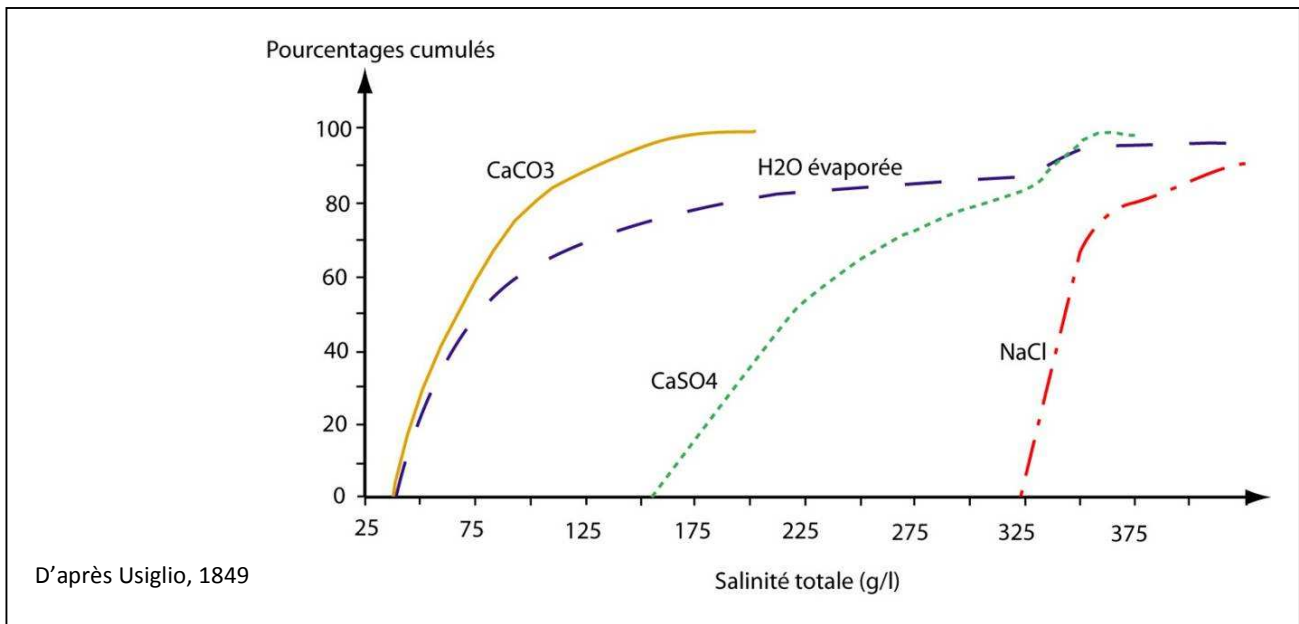
1.1.3.2-a Le principe

La production salinière s'effectue par concentration progressive de l'eau de mer, grâce à l'évaporation naturelle, le long des différents étangs appelés, surfaces préparatoires (partènements, clos), jusqu'à précipitation du Chlorure de sodium (NaCl) sur les cristallisoirs (tables salantes).

L'évolution de la concentration de la saumure (eau chargée en sel) est suivie de manière précise le long de son parcours. À l'aide de la table de concentration de l'eau de mer de Jules Usiglio (1849), il est possible de déterminer la composition en sels cristallisés de la concentration totale en sels de la saumure.

La division en partènements du circuit de production permet la précipitation d'une partie des sels de mer avant l'arrivée de l'eau de mer dans les tables avec une saumure est dite saturée (320g/L totale en sels) et la cristallisation du NaCl.

Figure 2 : Table d'Usiglio

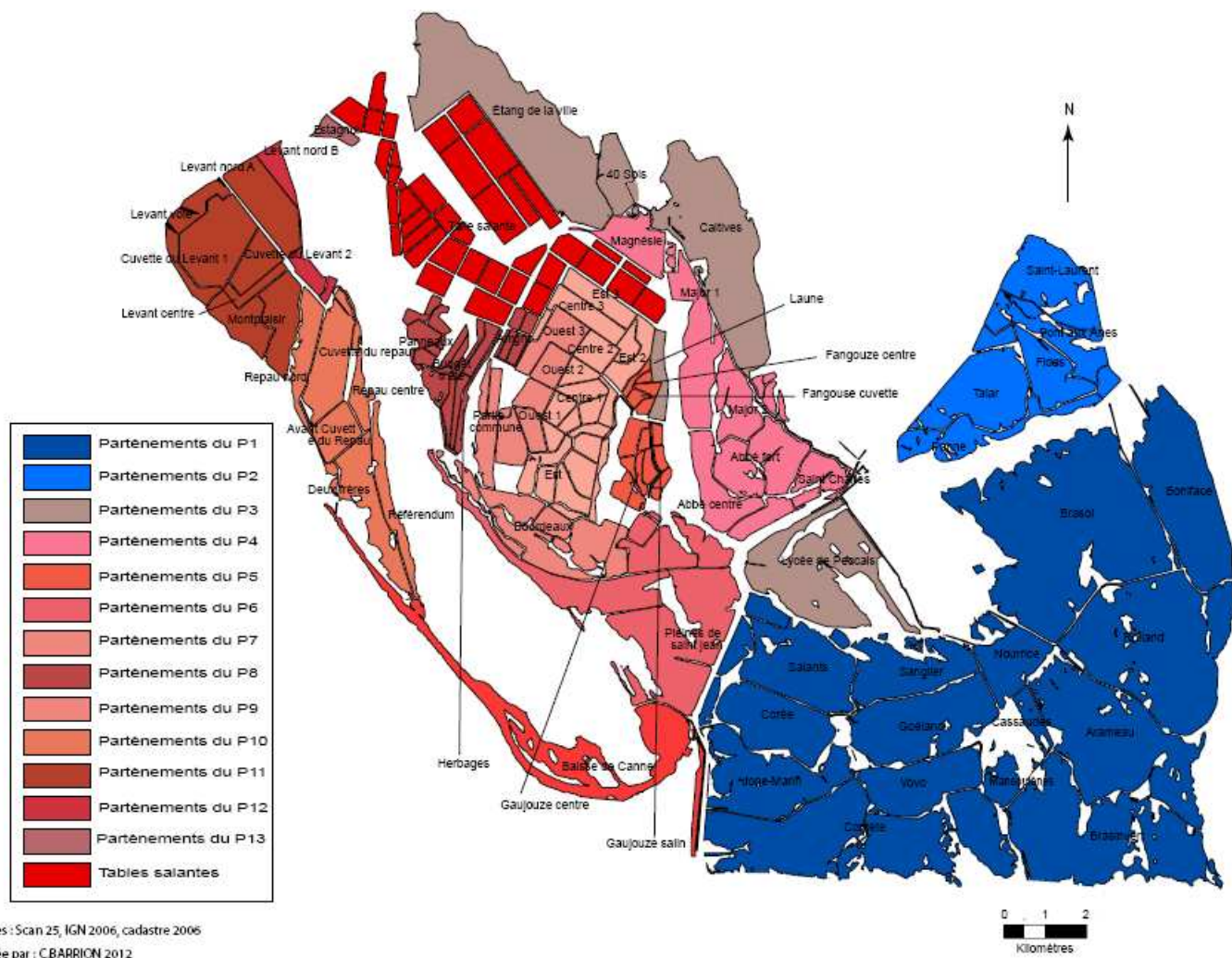


Des dépôts significatifs de Sulfate de Calcium (ou gypse) se produisent aux alentours de 150g/l. Ils forment des croûtes sur le sédiment atteignant rapidement plusieurs dizaines de millimètres en quelques années (10 mm à 20 mm par an).

1.1.3.2-b La production

L'activité salicole a lieu sur un espace de 8296 hectares, divisés en 13 groupes de partènements (de P1 à P13) représentant 6069 hectares soit 73 % de la superficie totale du salin et des tables salantes correspondant à 420 hectares soit 7 % de la surface du salin. Ce découpage définit des unités de gestion utilisées pour la production de sel (Carte 3).

Carte 3 : Les différentes unités de gestion du salin d'Aigues-Mortes en 2012



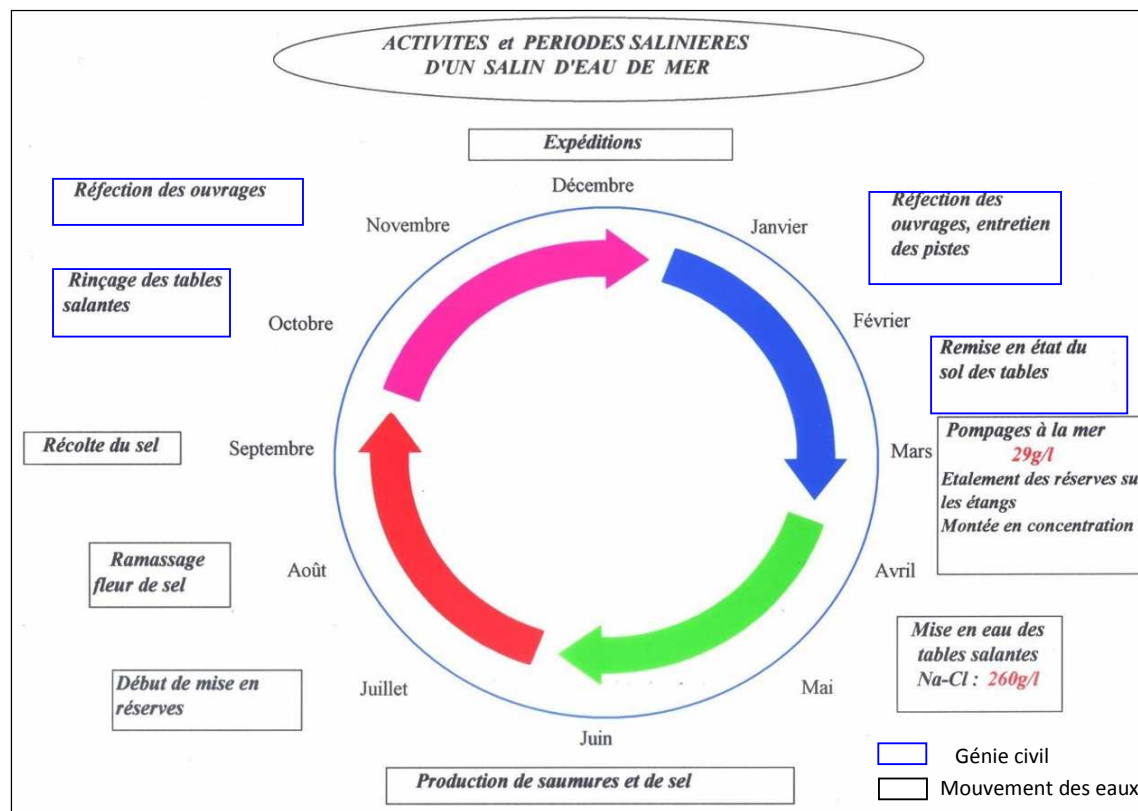
Sources : Scan 25, IGN 2006, cadastre 2006
 Réalisée par : CBARRION 2012

Le cycle annuel de la production de sel de mer comporte deux grandes périodes (Figure 3) :

↳ La période de production de mars à septembre

↳ La période d'hivernage d'octobre à mars

Figure 3 : Activités et période salinières



1.1.3.2-c La période de production

La mise en eau, qui a lieu en mars, correspond à l'étalement des eaux de réserves et au pompage de l'eau de mer.

Les eaux, qui ont commencé le processus de concentration en sel l'année précédente (eaux de réserves) et stockées pendant l'hiver dans des clos de stockage, sont réparties dans les partènements à proximité des tables salantes.

Parallèlement, de mi-mars à mi-avril, les autres partènements sont progressivement remis en eau par pompage d'eau de mer à l'aide de trois pompes de capacité de 8000 m³/h. Cette eau doit être prélevée à une concentration en NaCl supérieure ou égale à 29g/L.

La date de début de pompage est déterminée à partir de statistiques météorologiques définissant la période optimale d'évaporation positive.

Le pompage de l'eau de mer est aussi conditionné par sa concentration et sa qualité. Il arrive que l'eau de mer soit dessalée par des apports d'eau douce du petit Rhône, à 14 km de la prise d'eau, dans des cas de vent dominant de Sud/Sud-Est. Les pompes sont alors arrêtées pour ne pas diminuer les potentiels des clos. Ce

mécanisme est automatisé à l'aide d'une girouette, et surveillé dans le temps, car durant la période de production, les besoins sont quotidiens et atteignent, cumulés sur une saison, 45 millions de m³ en moyenne.

Un cas extrême de pollution aux hydrocarbures entraînerait l'arrêt des pompes par les sauniers et le court-circuitage des étangs les plus proches de la mer du circuit salinier.

1.1.3.2-d La circulation de l'eau de mer

Une fois l'eau de mer prélevée et les eaux de réserves étalées, la saumure (eau chargée en sel) suit un circuit bien défini (Carte 4), passant de clos en clos par gravité ou pompage afin d'atteindre la concentration totale en sel de 320g/l dans les tables salantes où le NaCl cristallise.

Carte 4 : Schéma du mouvement des eaux sur le salin d'Aigues-Mortes



Ce résultat ne peut être obtenu que par le travail des sauniers. Ils assurent les mouvements d'eau en fonction des conditions météorologiques, des statistiques et de leurs observations. Chaque jour, les densités sont relevées dans chaque clos, à l'aide d'un aréomètre, et corrigées selon un facteur température. Il est ainsi possible d'estimer le potentiel des saumures du salin, soit la somme des potentiels de chaque clos du salin. Ce potentiel, nommé t_e , correspond à un volume d'eau évaporé à partir d'une eau de mer à 29 g/l de NaCl pour obtenir la saumure contenue dans le clos.

Pour chaque clos, une valeur moyenne de densité doit être atteinte avant le déplacement de l'eau vers un clos plus concentré, par le jeu des martellières.

La bonne marche de ce système est fonction des facteurs de production, de leur mesure et de leur contrôle.

Le salin est dit en régime lorsque chaque étang est à sa concentration de passage et à son volume optimal ou cote de régime. Cela nécessite de rétablir les différences de densité de chaque clos, gommées lors de l'étalement, en ralentissant ou augmentant les mouvements d'eau pour respectivement, favoriser l'évaporation ou évacuer les concentrations fortes sur les étangs en aval.

Le régime continu permet la production optimale de saumure sur les partènements, avec la climatologie du moment et jusqu'à fin août. À ce moment, la surface couverte par de l'eau sur le site est maximale et couvre 6069 hectares de lagunes salicoles.

De mi-juillet à fin juillet, les tables salantes sont entièrement vidées car le sel déposé alors est souvent trop chargé en magnésium (Mg). Les tables sont réapprovisionnées par une saumure saturée dont le sel cristallisera jusqu'à la récolte.

Dès l'arrêt des pompages à la mer, début août, la phase d' « *abaissement des plans d'eau* » commence. L'excédent de saumures saturées de cette campagne est stocké dans des réservoirs. Ils sont de deux ordres :

↳ Des espaces conçus spécialement à cet effet (en proximité des tables salantes), très profonds et de faible surface. Ces réservoirs conservent toujours une croûte de sel déposée pendant l'année et recouverte par les eaux de réserves.

↳ Les grands étangs, les plus profonds, qui, au cours de la période de production, rentrent dans le circuit de circulation des eaux : Étang de la ville, Cuvette du Levan1, Cuvette du Repau, Étang de Brasol, Étang des Plaines de Saint-Jean et Cuvette du Lairan.

Ce processus permet de constituer des réserves en saumures de concentration maximale en sel prêtes à alimenter les cristallisoirs dès la campagne suivante.

La plupart des autres clos sont asséchés jusqu'à la campagne suivante. L'eau de pluie les alimente d'une fine lame d'eau pendant la période d'hivernage du salin.

Les clos de concentration en sel proche à celle de la mer sont, par contre, maintenus en eau toute l'année. Cela assure non seulement la survie des espèces aquatiques provenant du pompage mais aussi une zone d'alimentation pour les oiseaux hivernants et estivants.

1.1.3.2-e La récolte

La cristallisation du sel étant achevée, les tables salantes sont asséchées. Les récolteurs réalisent alors le ramassage du sel. La récolte de la fleur de sel est réalisée manuellement de juillet à août et la récolte mécanique du sel a lieu d'août à octobre.

Image 1: Récolte manuelle de fleur de sel



Image 2 : Récolte mécanique du sel dans les tables salantes



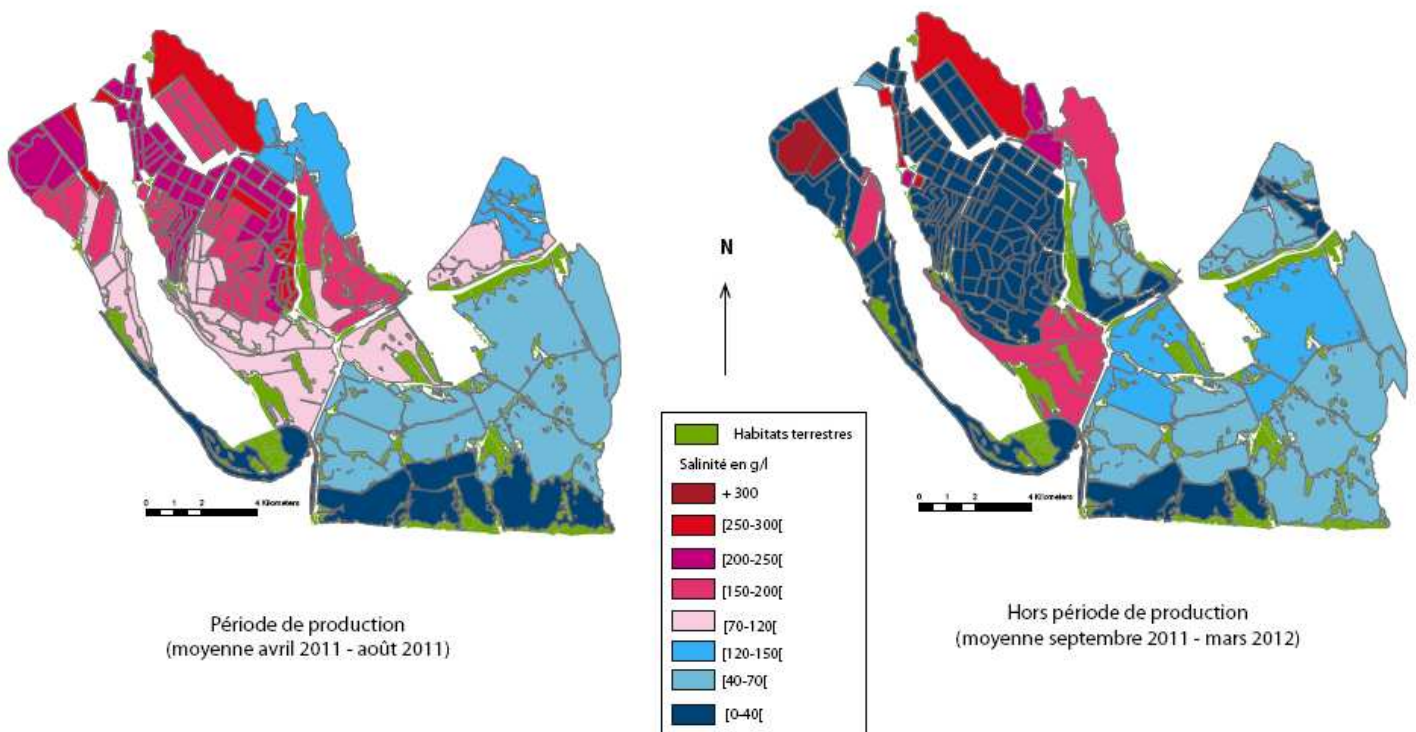
1.1.3.2-f L'hivernage

Après la récolte, la production du salin rentre en phase d'hivernage. Les tables salantes sont rincées et travaillées pour la campagne suivante. Des travaux de nivellement sont effectués chaque année par l'équipe du Génie civil afin de rendre le sol des tables le plus lisse possible.

1.1.3.2-g Les variations de hauteurs d'eau et de salinité

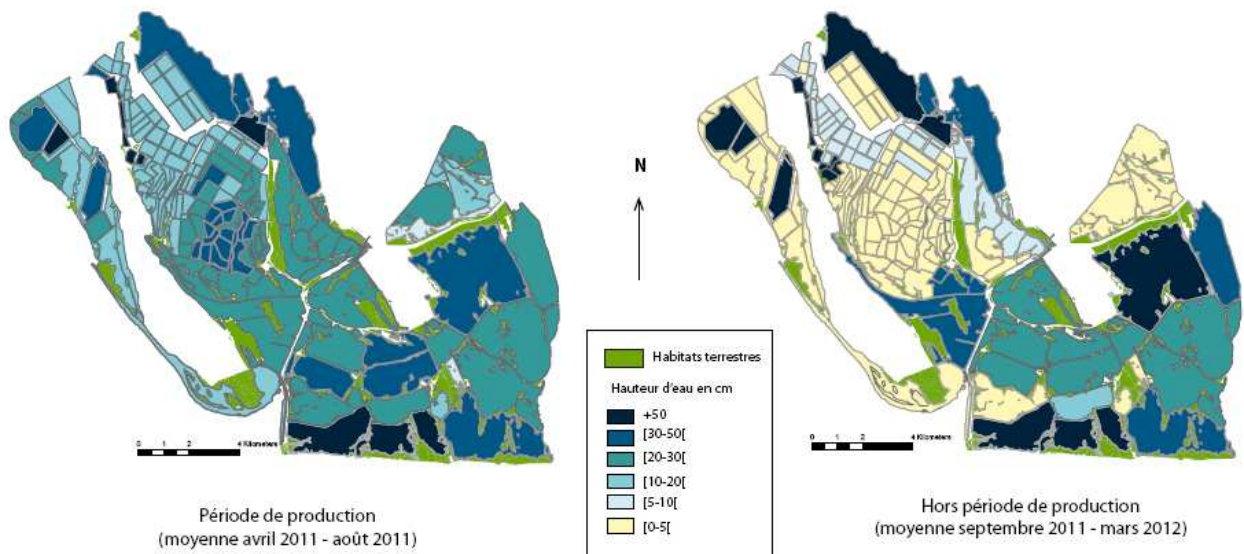
Au cours du cycle annuel, le salin est soumis à des variations locales très fortes de hauteur d'eau et de salinité. Les écarts entre la phase de production et d'hivernage peuvent être importants.

RÉPARTITION DES SALINITÉS SUR LE SALIN D'AIGUES-MORTES AU COURS DE LA SAISON MARS 2011 A FÉVRIER 2012



Réalisée par C. Barrion 2012
Sources : ECO-MED 2011, Scan 25 IGN 2005

RÉPARTITION DES HAUTEURS D'EAU SUR LE SALIN D'AIGUES-MORTES AU COURS DE LA SAISON MARS 2011 A FÉVRIER 2012



Ainsi, l'activité salicole, par ses mouvements d'eau sur de grands espaces contribue à la création d'une diversité spatiale des différents bassins, reconstituant artificiellement les gradients naturels de confinement des lagunes naturelles.

Le fonctionnement du salin crée une fragmentation à la fois temporelle et spatiale des espaces en eau, permettant la présence simultanée d'une mosaïque de milieux.

Contrairement à un système naturel où le gradient de salinité s'établit de façon temporelle, dans le salin, les différents processus biologiques et physicochimiques liés aux gradients de salinité, s'accomplissent à tout moment de l'année.

Dès le printemps, le site présente toute une gamme d'habitats répondant aux conditions nécessaires pour le cycle biologique de nombreuses espèces.

1.1.3.3 - La valeur écologique du site

Le salin d'Aigues-Mortes comprend de nombreux zonages de protection à l'échelle internationale, nationale ou locale. De plus, il représente des milliers d'hectares de zones humides protégées et gérées par une activité économique de production de sel. Ces grands espaces sont de véritables réserves naturelles pour une faune et une flore unique sur le littoral méditerranéen. Ils constituent un espace de forte capacité d'accueil pour des oiseaux de haute valeur patrimoniale.

1.1.3.3-a Les engagements internationaux

• **RAMSAR**

La convention de Ramsar, officiellement Convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, aussi couramment appelée convention sur les zones humides, est un traité international adopté le 2 février 1971 pour la conservation et l'utilisation durable des zones humides, qui vise à enrayer leur dégradation ou disparition, aujourd'hui et demain, en reconnaissant leurs fonctions écologiques ainsi que leur valeur économique, culturelle, scientifique et récréative.

Le salin fait partie de deux sites RAMSAR : le site n°786, 3FR017 « La Petite Camargue et l'étang de l'Or » (36000ha de superficie à cheval sur le Gard (30) et l'Hérault (34)) désigné en 1996 et le site n°346, 3FR001 « Camargue » désigné en 1986, pour la partie du salin incluse dans le Parc Naturel Régional côtière Bouches-du-Rhône. En effet, en tant que vaste complexe lagunaire, il est reconnu comme zone humide d'importance internationale ([Annexe 1](#)).

• **La Réserve de Biosphère**

Depuis 2007, l'ensemble du salin d'Aigues-Mortes est situé dans la Réserve de biosphère du programme MAB de l'UNESCO.

Les réserves de biosphère sont des territoires préservés, représentant la diversité écologique et humaine de la planète. Des solutions originales y sont recherchées pour que le développement économique et social de la population ne se fasse pas au détriment des ressources naturelles (*MAB France, 2000*).

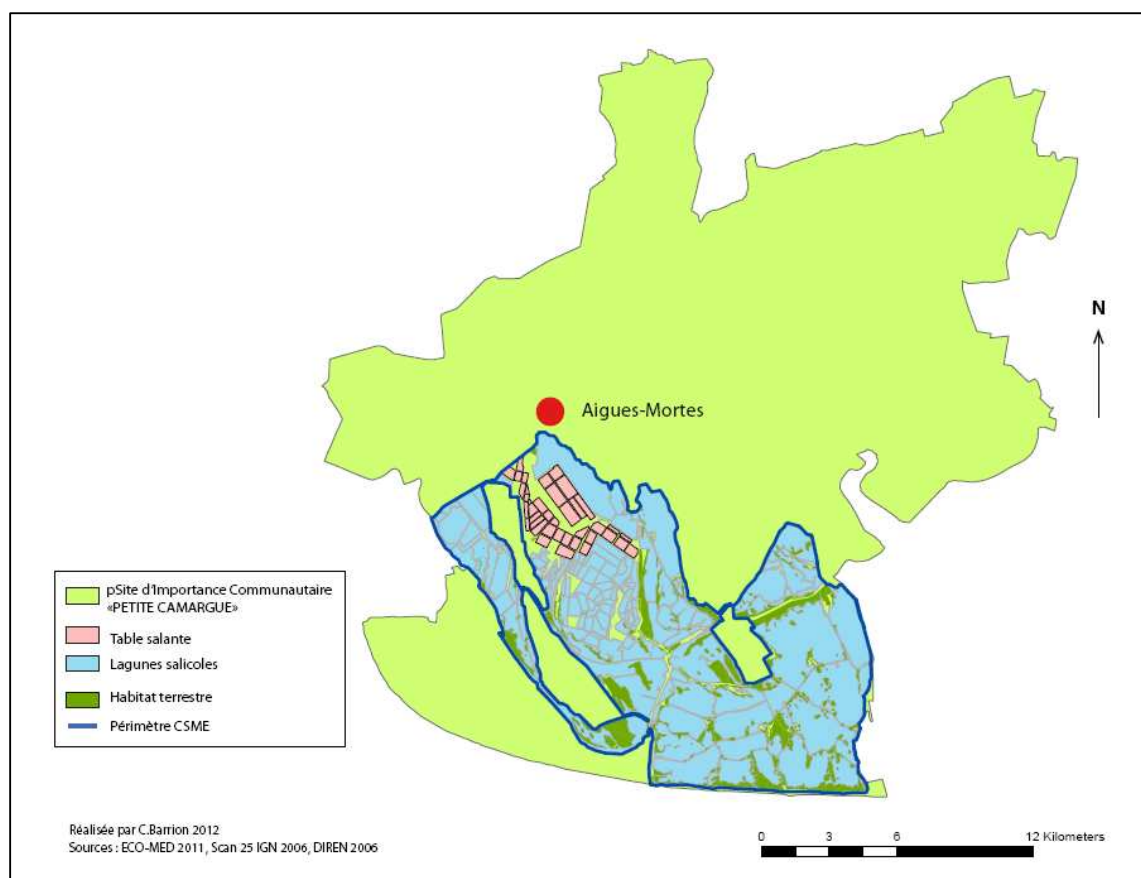
- **Natura 2000**

Au niveau européen les salins font partie du réseau Natura 2000, fondé par les directives « Oiseaux » du 2 avril 1979, et « Habitats » du 21 mai 1992, qui ont pour objectif la préservation de la diversité biologique sur le territoire de l'Union européenne. Ces directives sont accompagnées d'annexes, énumérant les types d'habitats d'intérêt communautaire et les espèces nécessitant une protection.

En application de la directive Habitats, les États membres proposent des propositions de Site d'Intérêt Communautaire (pSIC). Ces projets, une fois validés, sont intégrés au réseau Natura 2000 en tant que Site d'Intérêt Communautaire (SIC) puis en Zones Spéciales de Conservation (ZSC). À ce titre, le salin d'Aigues-Mortes est situé dans le SIC FR 9101406 « Petite Camargue ».

En application de la directive Oiseaux, les États membres proposent des Zones de Protection Spéciales (ZPS) qui seront intégrées au réseau Natura 2000. Le réseau de ZICO constitue la base de l'inventaire des ZPS. À ce titre, par l'Arrêté du 25 avril 2006 ([Annexe 2](#)), le salin d'Aigues-Mortes est compris dans la ZPS FR 9112013 « Petite Camargue laguno-marine » (Carte 7).

Carte 7 : Salin d'Aigues-Mortes dans le SIC de Petite Camargue en 2012



1.1.3.3-b Les inventaires naturalistes

• **Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Floristique et Faunique (ZNIEFF)**

Une ZNIEFF se définit par l'identification scientifique d'un secteur du territoire national particulièrement intéressant sur le plan écologique. Il s'agit d'un inventaire qui détermine, localise et décrit la plupart des sites d'intérêt patrimonial pour les espèces et les habitats.

On distingue les ZNIEFF de type I, qui correspondent à des sites d'intérêt biologique remarquable (présence d'espèces et d'habitats de grande valeur écologique), et les ZNIEFF de type II, qui sont de grands ensembles naturels riches ou peu modifiés ou offrant des potentialités biologiques importantes.

Le salin d'Aigues-Mortes est entièrement compris dans des ZNIEFF.

Tableau 1 : ZNIEFF inventoriés sur le salin d'Aigues-Mortes

ZNIEFF 2ème génération	Région	Localisation sur le salin	N° du ZNIEFF	Type	Date de création ou de révision	Surface (ha)
Étang du Repaus et bras du Rhône de Saint Roman	LR	Extrême Sud-Ouest	30252021	I	2007	1728
Salin d'Aigues-Mortes	LR	Salin	20252015	I	2007	3347
Camargue fluvio-lacustre et laguno-marine	PACA	Sud-est dans le PNR	13136100	II	2010	82989
Salin de Petite Camargue	PACA	Partie Est Bouche du Rhône	13136158	I	2010	3506

Source : site internet de l'INPN

• **Zones d'Importances pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)**

La Directive Européenne dite « Directive Oiseaux »(1979) concerne la protection des oiseaux sauvages et prévoit la protection des habitats nécessaires à la survie d'espèces d'oiseaux considérés comme rares ou menacés à l'échelle de l'Europe.

Dans ce contexte européen, la France a décidé d'établir un inventaire des Zones d'Importances pour la Conservation des Oiseaux (ZICO). Il s'agit de sites d'intérêt majeur qui hébergent des effectifs d'oiseaux sauvages jugés d'importance communautaire. Comme pour les ZNIEFF, il s'agit d'un inventaire scientifique et non d'un statut de protection.

La ZICO LR 24 « Petite Camargue laguno-marine » est composée pour l'essentiel du salin d'Aigues-Mortes.

1.1.3.3-c Les mesures de protections réglementaires

La loi du 2 mai 1930 (intégrée depuis dans le code de l'environnement) permet de préserver des espaces du territoire français qui présentent un intérêt général du point de vue scientifique, pittoresque et artistique ou légendaire. Le classement ou l'inscription d'un site ou d'un monument naturel constitue la reconnaissance officielle de sa qualité et la décision de placer son évolution sous le contrôle et la responsabilité de l'État.

• Site classé

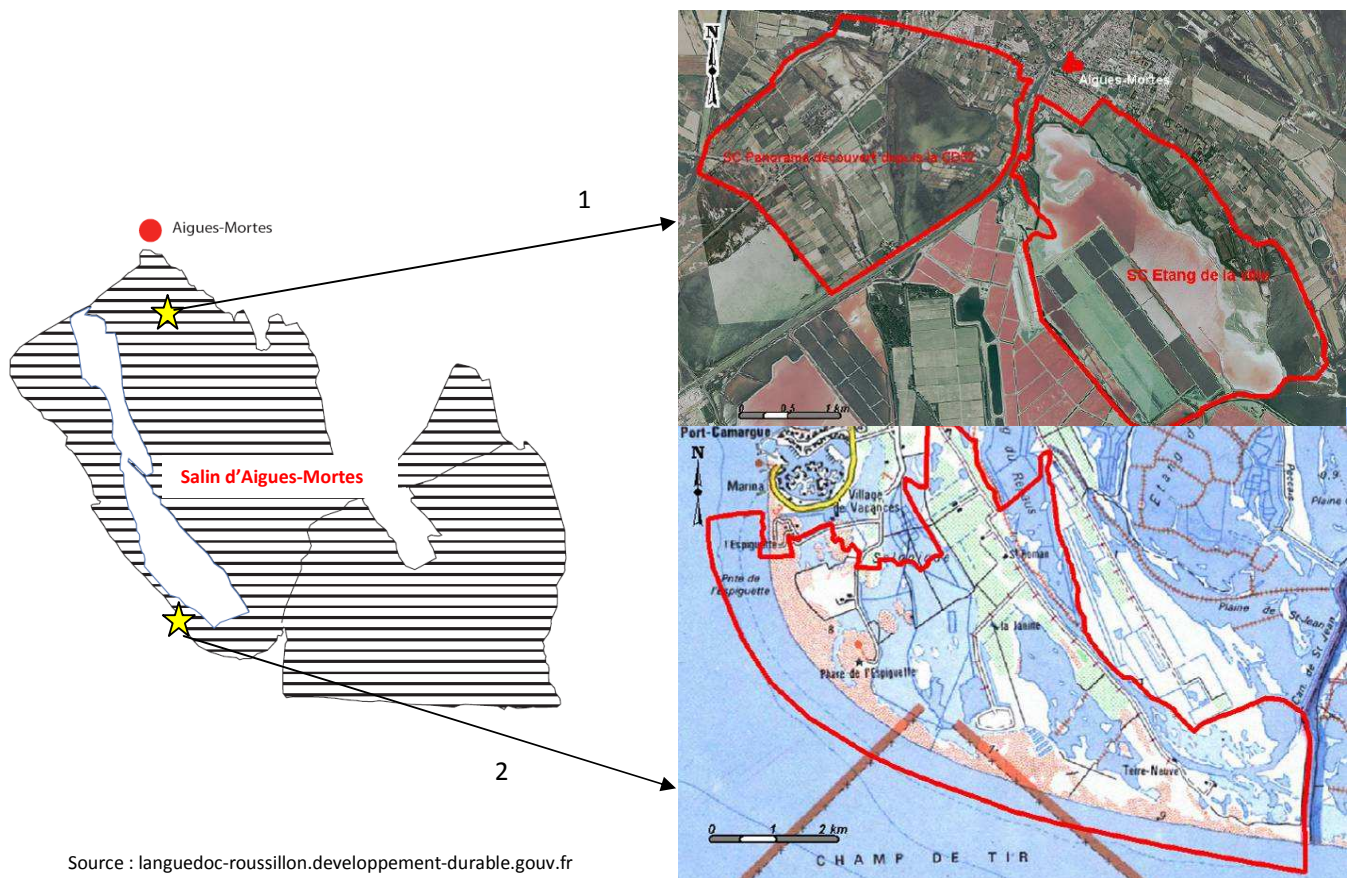
Le classement est une protection forte qui correspond à la volonté de maintien en l'état du site désigné, ce qui n'exclut ni la gestion ni la valorisation.

Les sites classés ne peuvent être ni détruits ni modifiés dans leur état ou leur aspect sauf autorisation spéciale. Le camping, le caravaning, l'affichage publicitaire et l'implantation de lignes électriques aériennes sont interdits

Deux sites classés sont sur le site de production (Carte 8) :

- 1) Étang de la Ville et ses abords (centre Nord du salin)
- 2) Pointe de l'Espiguette et du Rhône de Saint Roman (extrême Sud-Ouest du salin)

Carte 8 : Sites Classés sur le de production



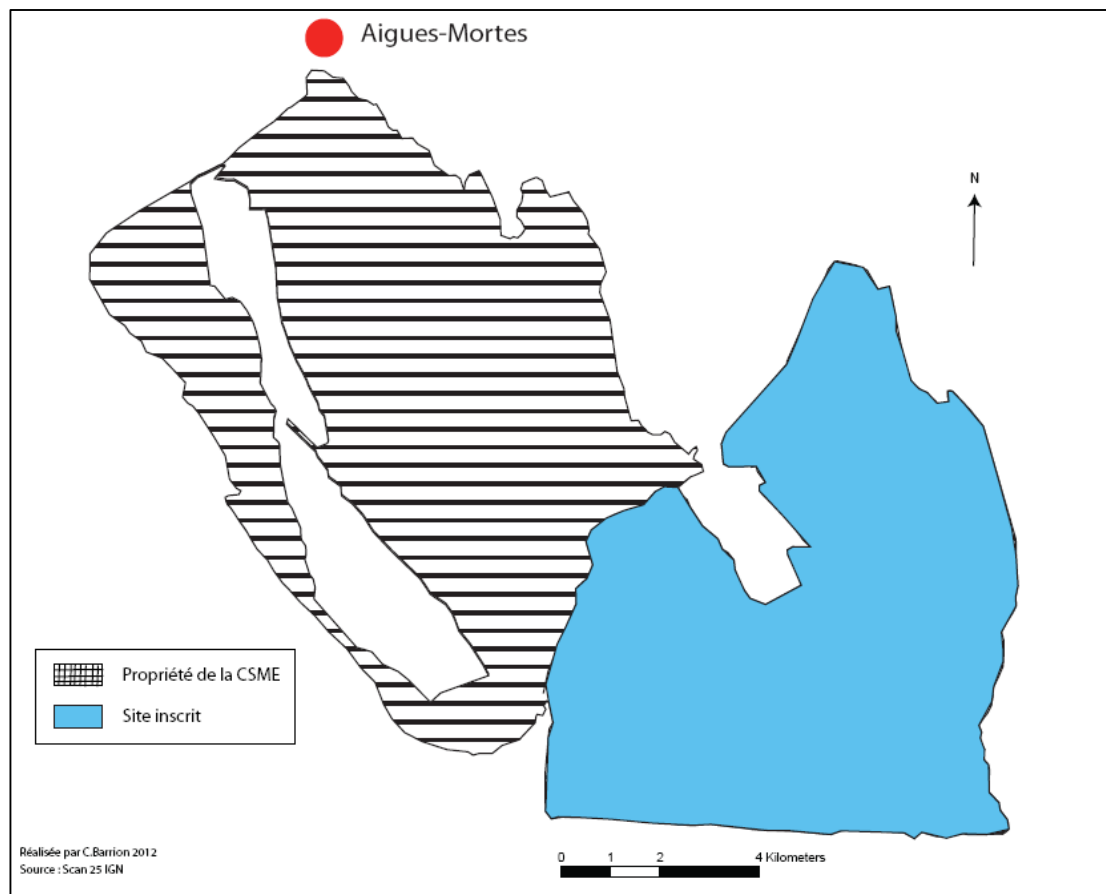
• Site Inscrit

L'inscription à l'inventaire des sites constitue une garantie minimale de protection. Elle impose aux maîtres d'ouvrage l'obligation d'informer l'administration 4 mois à l'avance de tout projet de travaux de nature à modifier l'état ou l'aspect du site.

L'architecte des bâtiments de France émet un avis simple sur les projets de construction et autres travaux et un avis conforme sur les projets de démolition.

La moitié Est du salin est située dans le site Inscrit Camargue (Carte 9).

Carte 9: Site Inscrit sur le salin d'Aigues-Mortes

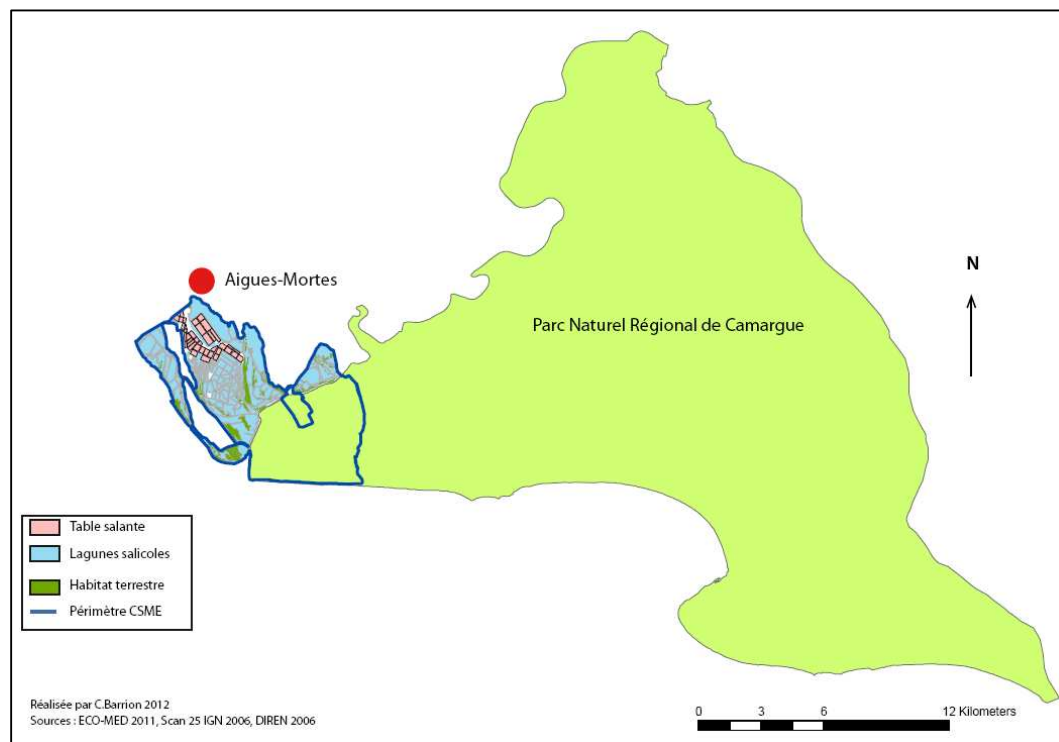


- **Parc naturel régional**

Un Parc naturel régional a pour vocation de protéger et valoriser le patrimoine naturel, culturel et humain de son territoire, en mettant en œuvre une politique innovante d'aménagement et de développement économique, social et culturel respectueuse de l'environnement.

Toute la partie du salin, située dans les Bouches du Rhône fait partie du Parc Naturel Régional de la Camargue (Carte 10).

Carte 10 : Le salin d'Aigues-Mortes dans le secteur ouest du Parc naturel régional de Camargue

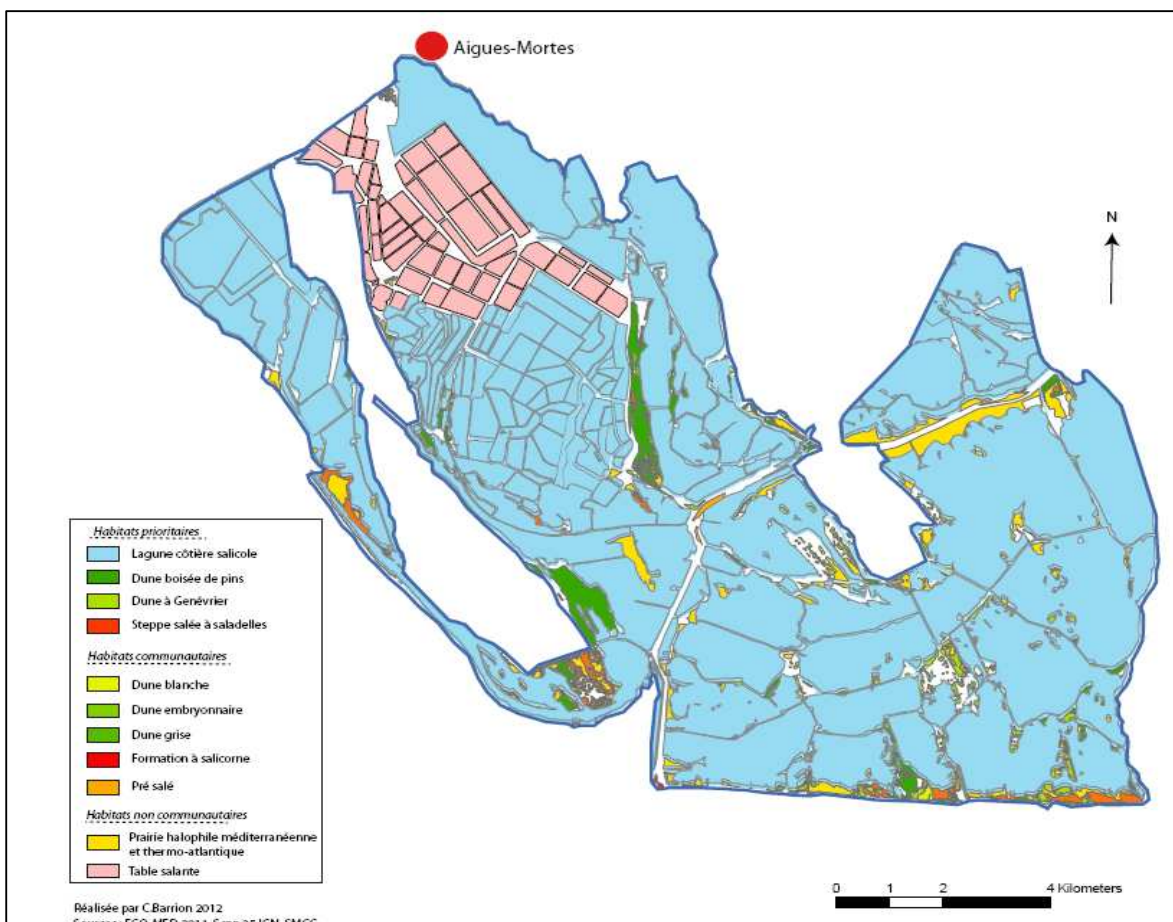


1.1.3.4- Les enjeux écologiques du salin

Le salin abrite une mosaïque de milieux qui représentent près de 10% des lagunes et zones humides périphériques méditerranéennes françaises. On dénombre 16 types d'habitats sur le salin dont 9 présentent un intérêt communautaire ou prioritaire* à l'échelle de l'Europe dans le cadre du projet Natura 2000 (Carte 11).

* Les habitats d'intérêt communautaire sont représentatifs d'une région biogéographique, ou en voie de régression ou de disparition. Parmi les habitats, la directive Habitat distingue ceux dits "prioritaires" du fait de leur état de conservation très préoccupant.

Carte 11 : Les différents habitats d'intérêts communautaires et prioritaires du salin d'Aigues-Mortes en 2012



1.1.3.4-a Les habitats

• Les habitats d'intérêts prioritaires

↳ Les lagunes côtières salicoles (Code 1150) (6069 hectares) qui représentent un enjeu fort. En effet, les lagunes du salin sont des plans d'eau permanents ou temporaires dont l'étendue et la salinité sont variables. Ces étendues d'eau correspondent à d'anciens étangs et lagunes naturelles qui ont été modifiés et réaménagés pour la production de sel. Elles ont la particularité d'être caractérisées par un gradient de salinité et une gestion contra-cyclique. Elles sont séparées de la mer par un cordon littoral sableux et alimentées en eau de mer de façon active. Il n'existe aucun échange naturel permanent entre les lagunes salicoles et la mer. De plus, le salin est protégé des entrées d'eau douce et ainsi des phénomènes d'eutrophisation.

Ce milieu est le plus représenté sur le salin avec 6069 hectares, soit près de la moitié des lagunes et étangs du site Natura 2000 "Camargue gardoise". Les table salantes et les réservoirs, zones très artificialisées du salin, ne sont pas considérées comme des lagunes côtières.

↳ Les dunes boisées de pins (Code 2270) représentant un enjeu fort. Il s'agit d'une formation de Pins pignons (*Pinus Pinea*) dominants (80%) et de Pins d'Alep (*Pinus halepensis*) (20%). On y observe également la présence de Pin maritime (*Pinus pinaster*). Ces boisements sont naturels ou d'introduction ancienne ; elles sont contemporaines ou fossiles.

Image 1: Dunes boisée de pins



↳ La dune à Genévrier (Code 2250) qui représente un enjeu intermédiaire. Ce sont des dunes colonisées par des Genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), souvent accompagnés de la Filaire à feuille étroite (*Phillyrea angustifolia*) et du Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*).

Image 4 : Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*)



Image 5 : Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*)



↳ Les steppes salées à saladelles (Code 1510) représentant un enjeu intermédiaire. Ces milieux sont des associations végétales basses et ouvertes dans des milieux à forte salinité et aridité estivale caractérisées par la présence de certaines saladelles comme la saladelle de Girard *Limonium girardianum* et *Limonium virgatum* et de l'Armoise bleissante (*Artemisia caerulescens*). Elles se développent en bordure des dépressions salées et des lagunes temporaires.

Image 2 : Saladelle de Girard (*Limonium girardianum*)



• Les habitats d'intérêts communautaires

↳ Les dunes blanches (Code 2120) représentant un enjeu fort. Il s'agit des dunes à Oyats (*Ammophila arenaria*), dunes mobiles littorales en voie de fixation. La végétation y est peu dense et liée à la lentille d'eau douce pluviale. Cet habitat très fragile constitue une partie du cordon dunaire en arrière plage du salin.

Image 3 : Dune blanche



↳ Les dunes embryonnaires (Code 2110) représentant également un enjeu fort. Cet habitat de surface très faible, non cartographiable est tout de même présent sur le site. Il est notamment confirmé par la présence d'Euphorbe couchée (*Euphorbia peplis*) sur le littoral.

Image 4 : Euphorbe couchée (*Euphorbia nantus*)



↳ Les dunes grises (Code 2130) représentant un enjeu fort. Ces dunes, stabilisées et colonisées par des espèces herbacées, se situent en arrière du cordon dunaire de dunes blanches en secteur dunaire actif ou fossile. Ce type de dune est assez densément végétalisé par des herbacées ou des petits arbustes qui puisent l'eau douce dans la lentille d'eau pluviale. Les espèces caractéristiques sont le Lis de mer (*Pancratium maritimum*), le Raisin de mer (*Ephedra distachya*) et l'Immortelle des sables (*Helichrysum stoechas*).

Image 9 : Dune grise



Image 10 : Immortelle des sables (*Helichrysum arenarium*)



↳ Les formations à salicornes (Code 1310) représentant un enjeu moyen. Ces formations basses et broussailleuses de Salicornes annuelles et pérennes (*Salicornia spp.*, *Sarcocornia spp.*, *Arthrocnemum spp.*), de Soudes (*Suaeda spp.*) et d'Obiones (*Halimione spp.*) en mosaïque, sont caractéristiques des zones halophiles. Elles se développent sur des sols où la nappe d'eau proche du sous-sol est salée à sursalée. Ces espèces supportent de longues périodes de sécheresse et d'immersion. Elles constituent le second habitat le plus représenté sur le salin.

Image 5 : Salicorne (*Salicornia europaea*)



Image 6 : Obione (*Halimione portulacoides*)



↳ Les prés salés (Code 1410) représentant un enjeu moyen. Cet habitat forme souvent une mosaïque avec celui des formations basses à salicornes. Il s'agit des hautes jonchaies et des prairies halo-psammophiles. Ce sont des formations caractéristiques des zones halophiles soumises à inondation. Les prairies halo-psammophiles, composées de plantes herbacées et de graminées telles que le Choin (*Schoenus nigricans*), le Plantain à feuilles grasses (*Plantago crassifolia*), le Chlore non perfolié (*Blackstonia imperfoliata*), se situent principalement dans des zones basses sableuses (dépressions interdunaires) temporairement inondées en hiver. Les hautes jonchaies sont souvent associées aux prairies halo-psammophiles qui se trouvent dans les parties basses soumises à inondations. Ensemble, ils créent des formations herbacées des dépressions périodiquement inondées. Les hautes jonchaies se composent de Joncs et de graminées : Jonc maritime (*Juncus maritimus*), Jonc aigu (*Juncus acutus*), Inule fausse Criste (*Inula crithmoides*).

Image 7 : Jonc maritime (*Juncus maritimus*)



1.1.3.4-b La flore patrimoniale

La diversité des habitats du salin rend compte de la diversité des plantes que l'on peut y trouver. L'étagement de la végétation est régi par la topographie et un fort gradient de salinité. Les végétaux du salin sont caractérisés par une tolérance à la sécheresse et au sel. Les espèces les plus tolérantes au sel étant les halophiles vraies : Salicornes (*Salicornia spp.*, *Arthrocnemum spp.*,...), Soudes (*Suaeda spp.*), Obiones (*Halimione spp.*)... qui se trouvent sur substrat sableux sec, salé, plus ou moins haut.

Les espèces de niveau topographique intermédiaire sont plus rares et dépendantes des conditions d'inondation : Joncs (*Juncus spp.*), Scirpes (*Scirpus spp.*), Saladelles (*Limonium spp.*).

La strate arbustive, lorsqu'elle est présente, est dominée par la Filaire à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia*), le Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), le Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*). Les espaces boisés sont couverts par le Genévrier, le Pin parasol (*Pinus pinea*) ainsi que quelques Pins d'Alep (*Pinus halepensis*) et maritimes (*Pinus pinaster*).

Sur le salin d'Aigues-Mortes, 278 taxons ont été identifiés ([Annexe 3](#)) dont 19 sont protégés et une très rare : Malcomie naine (*Malcomia nana*). Huit autres taxons (dont 7 sont d'intérêt patrimonial) seraient potentiellement présents sur le site.

La flore aquatique a fait l'objet d'un inventaire rapide en août 2007, sur le site d'Aigues-Mortes afin de caractériser les différents types de lagunes. Deux espèces ont été observées : *Ruppia cirrhosa* et *Zostera noltii*.

Image 8 : Ruppia spiralee (*Ruppia cirrhosa*)



Image 9 : Zostère naine (*Zostera noltii*)



Le groupe des organismes unicellulaires planctoniques et benthiques est bien représenté dans les salins. Les études exhaustives conduites à salin de Giraud ont montré que ce sont les diatomées et les cyanobactéries qui dominent, et que la composition spécifique dépend des conditions de salinités (Tableau 2).

Tableau 2 : Liste des microorganismes observables en fonction de la salinité

Salinité totale en sel (g/L)		Phytoplancton	Espèces caractéristiques	Zooplancton
élevée	> 150	Chlorophycés 50%	<i>D. salina</i> , <i>Halobacterium</i> , <i>Halococcus</i>	2 espèce halophile spécifique: <i>Artemia salina</i> 60% <i>Fabrea salina</i> 40%
		Diatomés 32%		
		Dinoflagellés 9%		
		Cyanobactéries 9%		
moyenne	80-150	Diatomés 58%	<i>Dunalia salina</i> , <i>D. viridis</i> , <i>Synechococcus</i> , <i>Microcoleus</i> <i>chthonoplaste</i> , <i>Aphanotheca</i> .	Rotifères et copépodes 90%
		Dinoflagellés 39%		Ciliés
		Cyanobactéries flocculentes 2%		Larve de polychètes
faible	45-80	Toutes les groupes avec une dominance de Diatomés	<i>Lyngbya estuarii</i> , <i>Aphanotheca</i> , <i>Oscillatoria</i> et <i>Spiruline</i> , <i>Halophytica</i> , <i>Dactylococcopsis</i> ...	Rotifères et Copépodes 65%, Ciliés, Larves de Polychètes
	0-45			Ostracodes, Copépodes, Crustacées, Gastéropodes, Poissons

Source : Toumi et al., 2005, David. J.S, 2000 ; Britton et Johnson, 1987

À noter qu'au-delà de 180g/l de salinité totale, seules *Dunaliella salina*, chlorophycée unicellulaire riche en bêta-carotène, et *Halobacterium*, bactérie autotrophe, se développent. Ces microorganismes sont à l'origine de la couleur rose des bassins les plus concentrés. *Dunaliella* constitue la nourriture des artémias (crustacés) (BRITTON R. et JOHNSON R., 1987).

1.1.3.4 c- Une faune patrimoniale

Les oiseaux :

Le procédé de production de sel de mer entraîne des conditions favorables à l'alimentation, la reproduction et le repos de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau.

Les principaux oiseaux observés sur le salin, en plus du Flamant rose (*Phoenicopterus roseus*), appartiennent aux groupes des anatidés, des limicoles, des laridés, des sterninés, des podicoedidaés et des ardéidés. Mais le salin accueille également d'autres espèces d'oiseaux terrestres dont de nombreux passereaux.

Parmi les 200 espèces d'oiseaux observés sur le salin (Annexe 4), 98 sont migratrices de passage dont 12 estivantes, 57 sont migratrices-hivernantes et 45 sont observables toute l'année sur le salin d'Aigues-Mortes.

Parmi ces espèces, 84 sont des oiseaux d'eau. Ils sont attirés par les lagunes créées par l'activité salicole, la végétation des digues et les boisements du site.

La proximité de la mer et la proximité de roselières et marais d'eau douce jouent aussi un rôle dans la présence de ces oiseaux. Les nombreux bassins d'eau saumâtre, les digues, les îlots ou les arbres du salin constituent des espaces d'alimentation, de repos et/ou de nidification.

Parmi ces 84 espèces, 7 sont représentatives du salin avec des effectifs importants, 25 sont fréquentes sur le salin et 27 sont observées mais peu abondantes. Les 25 restantes sont rares ou accidentelles sur le salin d'Aigues-Mortes.

Le salin accueille 200 espèces d'oiseaux dont 157 sont protégées à l'échelle nationale. À l'échelle européenne, 99 espèces sont visées par la Directive Oiseaux dont :

↳ 49 sont des espèces menacées de disparition, des espèces vulnérables à certaines modifications de leur habitat, des espèces considérées comme rares (population faible ou répartition locale restreinte), et des espèces nécessitant une attention particulière à cause de la spécificité de leur habitat, ainsi que les espèces migratrices dont la venue est régulière.

↳ 50 sont des espèces d'Oiseaux pour lesquelles la chasse n'est pas interdite à condition que cela ne porte pas atteinte à la conservation des espèces (espèces de l'annexe II de la Directive Oiseaux).

Image 10 : Avocette élégante (*Recurvirostra avosetta*)



Les mammifères :

D'après les observations des sauniers et chasseurs, 8 espèces de mammifères sont présentes sur le salin (Tableau 3).

Tableau 2 : Mammifères potentiels ou observés sur le salin d'Aigues-Mortes

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Directive Habitat	Protection nationale (Arrêté de 1981)	Convention de Berne	Convention de Bonn
Ecureuil roux	<i>Sciurus vulgaris</i>		art.I		
Belette	<i>Mustela nivalis</i>		art.III		
Lapin de garenne	<i>Oryctolagus cuniculus</i>				
Sanglier	<i>Sus scrofa</i>				
Renard	<i>Vulpes vulpes</i>				
Blaireau	<i>Meles meles</i>			Ann.III	
Rat noir	<i>Rattus rattus</i>				
Rat musqué	<i>Ondatra zibethicus</i>				

Source : CSME

Les poissons et invertébrés aquatiques :

D'une façon générale, les salins sont des milieux marginaux pour les poissons et ne présentent qu'une faible diversité d'invertébrés aquatiques comparée à d'autres habitats salés, comme les lagunes naturelles en connexion avec la mer. (Sadoul N. *et al.*, 1998)

Les étangs du salin, en bordure du littoral, accueillent quelques espèces de poissons capturées lors du pompage de l'eau de mer. La survie des poissons est seulement possible dans ces étangs de salinité proche de la mer (37g/l en sel total) et qui restent en eau toute l'année. Au-delà d'une concentration en sels de 80g/l, aucun poisson n'est capable de survivre (Sadoul N. *et al.*, 1998).

Aucune étude n'a été réalisée sur les espèces aquatiques du salin d'Aigues-Mortes.

Les observations liées à l'activité de pêche permettent d'avoir des informations sur les espèces aquatiques présentes sur le salin. Les espèces exploitées sont l'Anguille (*Anguilla anguilla*) (espèce en danger critique d'extinction), la Joël (*Artherina boyeri*), des Muges (*Mugil spp.*), des Carpes (*Cyprinus carpio*), du Blackbass (*Micropterus salmoides*), des Sandres (*Sander lucioperca*), des Loups (*Dicentrarchus labrax*), des crevettes (*Crangon crangon*), des Palourdes (*Tapes decussata*), des Crabes verts et divers autres petits poissons.

Il faut noter la richesse des bassins et canaux du salin en *Artemia spp.*, crustacés très tolérant au sel. Leur densité augmente jusqu'à une salinité de 240 g/L puis décroît.

Cette espèce est très productive, pouvant atteindre des densités de plus de 100 000 individus/m³ en conditions optimales. Apprécies de nombreux oiseaux d'eau (Flamant rose, Avocette élégante,...), les artémias contribuent à la richesse avifaunistique du salin, (SADOUL N. *et al.*, 1998).

Image 11 : Artémia (*Artemia*)

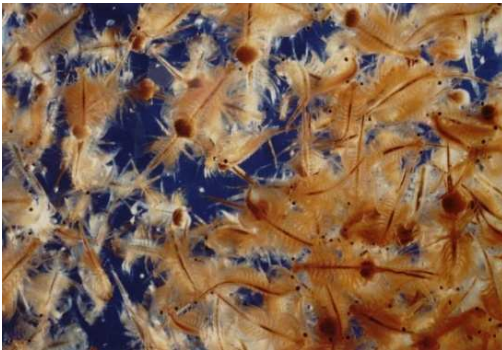
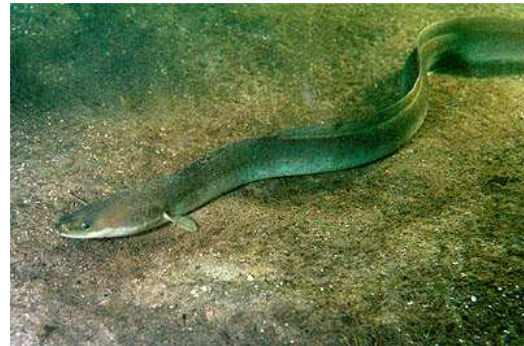


Image 12 : Anguille (*Anguilla anguilla*)



Les reptiles et les amphibiens

Trois espèces d'intérêt patrimonial ont été observées sur le salin. D'autres espèces sont potentiellement présentes sur le site. Les connaissances sur les reptiles et amphibiens nécessitent d'être améliorées sur le site.

Tableau 4 : Reptiles et amphibiens potentiels ou observés sur le salin d'Aigues-Mortes

Nom français	Nom latin	Liste rouge nationale (arrêté 1981)	Directive Habitats	Protection nationale	Convention de Berne
Psammodrome des sables	<i>Psammodromus hispanicus</i>	A surveiller		Art.1	Ann.III
Crapaud pelobate	<i>Pelobates cultripes</i>	A surveiller	Ann.II	Art.1	Ann.II
Couleuvre de Montpellier	<i>Malpolon monspessulanus</i>	A surveiller		Art.1	Ann.III
Cistude d'Europe	<i>Emys orbicularis</i>	Vulnérable	Ann.II et IV	Art.1	Ann.II
Crapaud calamite	<i>Bufo calamita</i>	A surveiller	Ann.IV	Art.1	Ann.II
Rainette méridionale	<i>Hyla meridionalis</i>	A surveiller	Ann.IV	Art.1	Ann.II
Psammodrome algire	<i>Psammodromus algirus</i>	A surveiller		Art.1	Ann.III
Couleuvre vipérine	<i>Natrix maura</i>	A surveiller		Art.1	Ann.III
Tortue Caouanne	<i>Caretta caretta</i>	A surveiller	Ann.II et IV	Art.1	Ann.II

En gras : espèce observée

Image 19 : Psammodrome des sables



Image 20: Couleuvre de Montpellier



1.2- Le programme LIFE NATURE « LIFE + MC-SALT »

1.2.1- Description

La Compagnie des Salins du Midi et des salines de l'Est participe au projet européen LIFE Nature « *Gestion environnementale et restauration de salins méditerranéens et de lagunes côtières* » (« Environmental Management and Restoration of Mediterranean Salt Works and Coastal lagoons », LIFE10 NATIT256 MC-SALT), dénommé Life + MC-SALT. Ce programme permettra de rénover les systèmes hydrauliques du salin et d'œuvrer plus en profondeur pour la préservation des lagunes côtières et des oiseaux associés.

1.2.2- Les objectifs

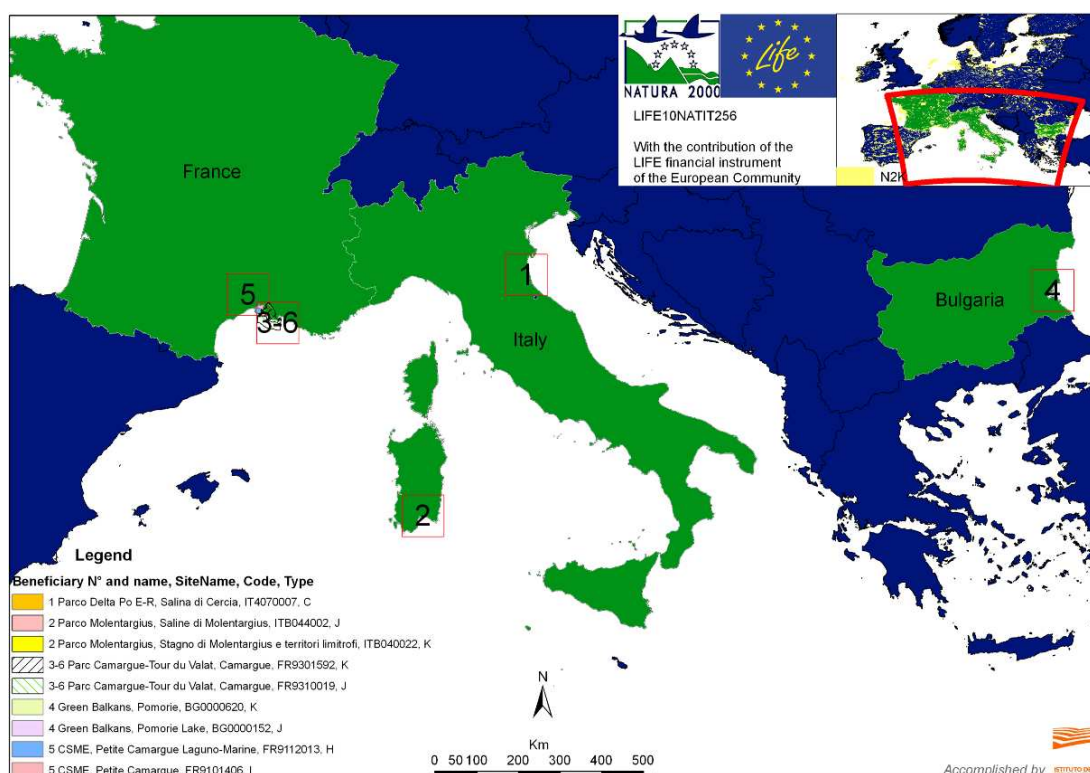
L'objectif de ce projet européen est de protéger et/ou d'augmenter la biodiversité des salins en activité (c'est-à-dire exploités pour la production de sel) ou inactifs, en France, en Italie et en Bulgarie. Les actions, dont la mise en œuvre est prévue sur quatre ans (2012-2016), correspondent à des travaux de rénovation des systèmes hydrauliques utilisés par les salins ou de restauration de lagunes côtières salicoles. Ces actions comprennent également des initiatives en faveur de la reproduction des oiseaux et de la protection des habitats naturels. De nombreuses actions de communication et de sensibilisation sont aussi programmées.

Le budget global du projet pour l'ensemble des sites concernés s'élève à 4 949 869 d'Euros avec la contribution de l'instrument financier LIFE pour l'environnement de l'Union Européenne d'un montant de 2 395 663 €.

1.2.3- Les partenaires et les sites concernés

Ce projet est coordonné par l'Organisme de Gestion pour les Parcs et la Biodiversité du Delta du Pô en Italie, qui a souhaité mettre en réseau plusieurs salins afin de soutenir et de valoriser la saliculture méditerranéenne.

Carte 12 : les sites concernés par le Projet Life + MC-SALT



En France la compagnie des salins du midi met en œuvre des actions sur le Salin d'Aigues-Mortes en activité. Le Parc naturel régional de Camargue et la Tour du Valat prévoient des actions sur la propriété du Conservatoire du Littoral à Salin de Giraud.

En Italie, le Parc régional du delta du Pô d'Émilie-Romagne prévoit des mesures sur le salin en activité de Cervia. Le Parc Naturel Régional du Molentargius-saline agira sur le salin inactif de Molentargius en Sardaigne.

Enfin, en Bulgarie l'ONG Green Balkans prévoit des actions sur le lac de Pomorié, site de production de sel situé au bord de la mer Noire.

1.2.4- [Les principales actions du projet LIFE Nature sur le salin d'Aigues-Mortes](#)

1.2.4.1- [Restauration de 16 martelières et 4 stations de pompage](#)

Cette action permet de conserver les lagunes côtières salicoles, habitat d'intérêt communautaire prioritaire, et de maintenir ou d'améliorer les conditions d'accueil des espèces d'oiseaux d'eau directement inféodés à ces milieux et qui représentent de forts enjeux écologiques à l'échelle de l'Europe (Flamant rose, 7 espèces de laro-limicoles coloniaux reproducteurs, 27 espèces de limicoles côtiers migrateurs et hivernants). Toute perturbation de la gestion hydraulique salicole entraînerait la disparition des lagunes côtières salicoles et risquerait de faire échouer la reproduction ou de perturber l'alimentation de ces oiseaux.

Image 21 : Martelière, ouvrage permettant la circulation d'eau entre les lagunes



Le suivi de l'état de conservation des lagunes côtières salicoles et des populations d'oiseaux associés permettra d'évaluer l'efficacité de ces actions. Un protocole devra être mis au point dans le cadre du projet Life.

1.2.4.2- Création d'îlots de nidification et actions pour limiter le dérangement occasionné par le Goéland leucophée

Ces actions et travaux doivent favoriser les conditions d'accueil de 7 espèces reproductrices (Goéland rilleur, Sterne caugek, Sterne naine, Sterne pierragarin, Sterne Hansel, Mouette mélanocéphale, Avocette élégante) dont le statut est vulnérable ou rare à l'échelle de l'Europe.

Ces mesures consistent en la création et la restauration d'îlots de nidification. Ces derniers doivent présenter un ensemble de critères typologiques pour satisfaire à la reproduction. L'isolement aux prédateurs terrestres est contrôlé par les niveaux d'eau et la distance à la berge. La forme et la localisation de l'aménagement vis-à-vis du vent dominant assure la protection de la structure face à l'érosion, la présence de pente douce diminue ainsi le pouvoir des vagues et offre une variabilité de micro-habitats favorable à la formation de colonies plurispécifiques. Enfin, la superficie et le recouvrement de surface de l'îlot (sables coquilliers, végétation) détermine la taille de la colonie et les espèces présentes. Les travaux, du domaine de l'ingénierie écologique, consistent à restaurer ces caractéristiques typologiques par des engins de terrassement.

Image 13 : Ilot de nidification créé pour les oiseaux



Ces mesures comprennent également des actions pour limiter le dérangement par le Goéland leucophée, espèce qui accapare de nombreuses ressources et dont les effectifs ont fortement augmenté ces 25 dernières années. Il colonise la plupart des sites propices à la reproduction et exclut par compétition les autres espèces. De plus, son comportement prédateur peut avoir un effet dévastateur sur les œufs et les poussins des autres espèces d'oiseaux d'eau.

La préemption des sites de nidification des Goélands rilleurs, des mouettes, sternes, avocettes par le Goéland leucophée est sans nul doute la nuisance la plus importante provoquée par cette espèce dans les zones humides littorales. L'objectif à atteindre est de libérer certains de ces sites occupés aujourd'hui par ce goéland pour permettre la nidification des autres espèces. La combinaison de deux méthodes, effarouchement pratiqué de janvier à mars, période d'installation des goélands, pour limiter le recrutement de nouveaux individus, et éradication en avril des couples qui se sont installés, est aujourd'hui testée expérimentalement depuis 4 ans sur deux colonies du salin d'Aigues-Mortes et semble apporter des résultats satisfaisants. La mise en œuvre de ce protocole sur deux nouveaux sites permettrait d'une part de renforcer la taille de l'échantillon et de libérer des sites de nidification qui font cruellement défaut sur le secteur des Bouches-du-Rhône du salin d'Aigues-Mortes.

Image 14 : Effaroucheur automatique



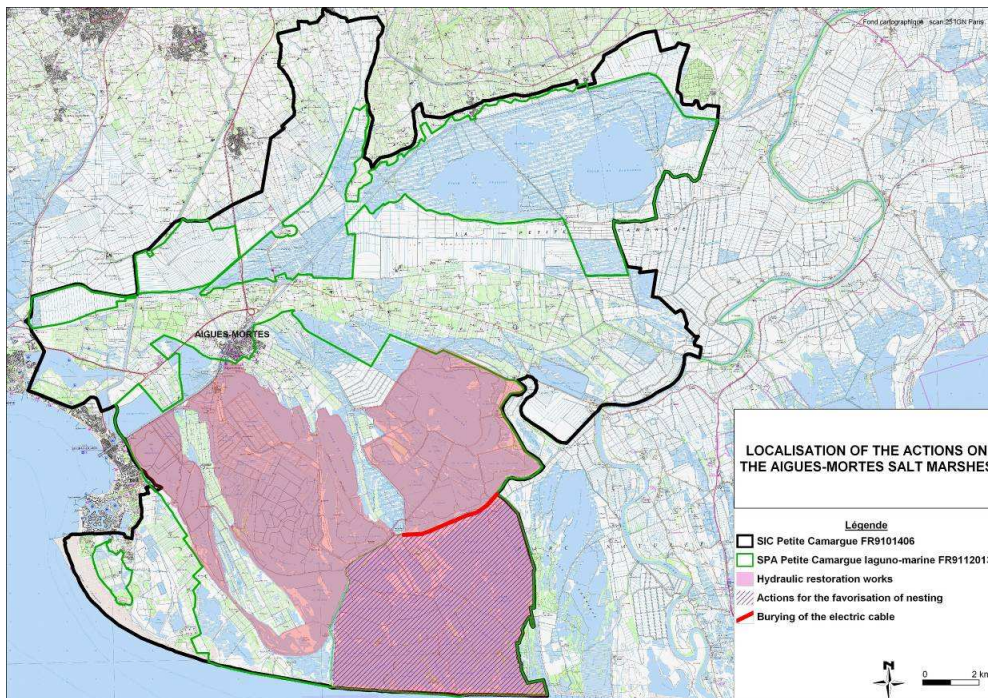
1.2.4.3- Travaux d'enfouissement de lignes électriques

Un premier tronçon de ligne électrique a déjà été enterré. C'est dans cette logique que le deuxième tronçon électrique d'une longueur de 3,5 kilomètres situé juste à côté doit être enfuit prochainement.

Le but de cette opération est d'éviter les problèmes de collision des Flamants roses avec les câbles entraînant régulièrement la mortalité d'oiseaux, ainsi que la dégradation régulière des habitats d'intérêt communautaire à proximité.

À titre d'exemple, en octobre 2009, une collision entre des flamants et la ligne électrique a provoqué un incendie entraînant la dégradation de milieux naturels. Des formations à salicornes et des prés salés (Habitats 1420 et 1410) ont été brûlés sur environ 0,5 ha. L'enfouissement de la ligne électrique sur cette portion particulièrement sensible semble être une solution adaptée pour éviter les problèmes de collision entre les oiseaux et les lignes électriques ainsi que la dégradation régulière des habitats naturels à proximité.

Carte 13 : localisation des différentes actions menées sur le salin d'Aigues-Mortes



Source : CSME

1.2.4.4- Installation de 3 observatoires et 15 panneaux d'information

L'objectif est d'augmenter la qualité de l'accueil des visiteurs et de limiter le dérangement des oiseaux. Ces aménagements permettront aussi de sensibiliser le grand public au rôle joué par les salins méditerranéens dans la préservation de la biodiversité.

1.2.4.5- Réalisation d'un documentaire "sel et nature"

On constate que le rôle écologique des marais salants méditerranéens est peu connu par le grand public. Le documentaire permettra d'expliquer le lien entre la production de sel de mer et la biodiversité. Ce film sera diffusé à l'écomusée du sel d'Aigues-Mortes et mis également à disposition des animateurs en éducation à l'environnement, des milieux scolaires, dans les lieux d'accueil du public.

1.2.4.6- Actions de communication et de sensibilisation

Une plaquette de présentation du programme Life relatif au salin d'Aigues-Mortes a été réalisée en juillet 2012. Une rubrique spéciale Life "marais salants" est créée et mise à jour régulièrement sur le site internet www.salins.com. Enfin, des communiqués, des conférences et des dossiers de presse seront réalisés.

2- Matériels et protocole d'évaluation

Matériels

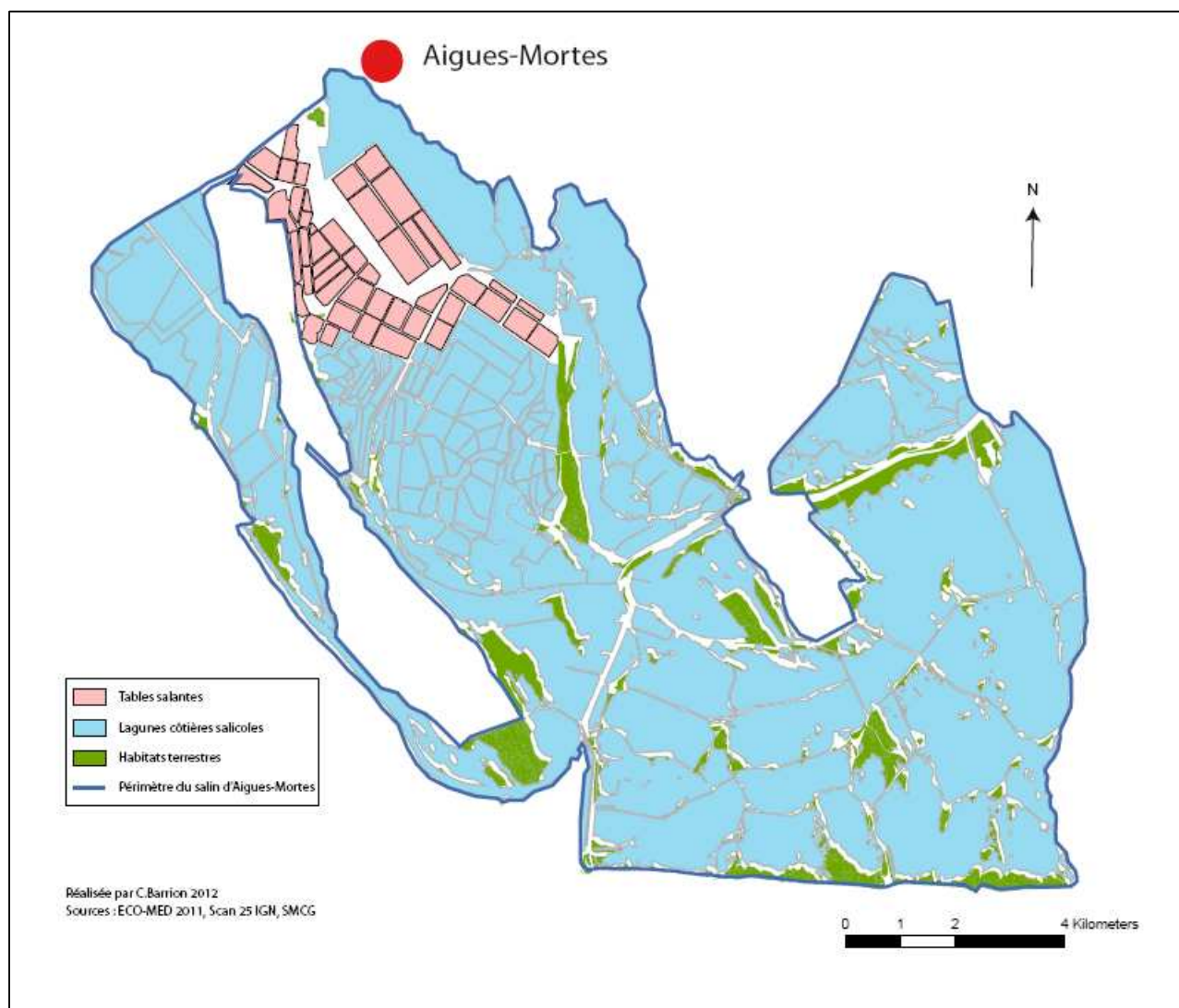
2.1- Présentation du salin d'Aigues-Mortes

2.1.1- Généralités

D'une superficie de 8296 hectares le salin d'Aigues-Mortes comprend 6069 hectares de lagunes côtières salicoles ce qui représente 73 % du territoire du salin. Il compte également de 7% de tables salantes soit 420 hectares. Les 20 % restant sont des habitats terrestres variés comme les prés-salés méditerranéens ou les dunes littorales, qui s'étendent sur 1807 hectares.

De par sa situation géographique par rapport au petit Rhône, située à 14km au sud-est du salin et par un réseau de canaux qui l'entoure, le salin est protégé et isolé des apports des bassins versants environnants.

Carte 14 : Présentation du salin d'Aigues-Mortes en 2012



2.1.2- La période d'étude

La CSME connaît à partir de 2011 un changement de son périmètre due à la vente de terrains, notamment dans la partie Nord-est du salin dans la zone du Lairan. Cette vente a changé le mode de fonctionnement du système salinier. En effet, les sauniers ont dû modifier leurs mouvements d'eau et réadapter leurs côtes et densités théoriques. C'est ce nouveau mode de gestion qui caractérise notre période d'étude : de mars 2011 à février 2012.

2.1.3- Les caractéristiques du milieu

2.1.3.1- Les températures

Le climat est de type méditerranéen. Les hivers sont doux (températures moyennes comprises entre 0°C et 10°C), et les étés sont chauds, avec des températures dépassant les 30°C en juillet et août (Tableau 4).

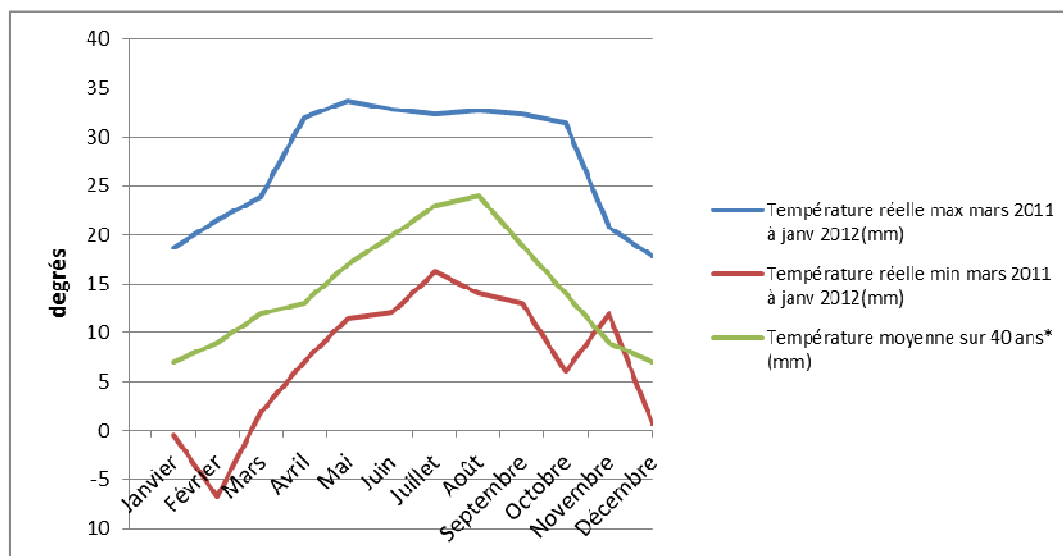
Tableau 5 : Données des températures mensuelles sur le salin d'Aigues-Mortes

UPSL-AGM	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Température réelle max mars 2011 à janv 2012(°C)	18,7	21,6	23,9	32	33,7	32,9	32,4	32,7	32,4	31,5	20,8	17,8
Température réelle min mars 2011 à janv 2012(°C)	-0,5	-6,7	1,9	7	11,5	12,1	16,3	14	13,1	6,1	11,9	0,8
Température moyenne sur 40 ans* (°C)	7	9	12	13	17	20	24	23	19	14	9	7

*Températures prises entre 1970 et 2010

Source : météo relevée sur le salin par UPSL

Graphique 1 : Évolution thermique annuelle sur le salin d'Aigues-Mortes



Sur notre période d'étude le climat méditerranéen se confirme avec des mois d'été chaud (juin, à août). La température maximale observée étant en juin avec 32,9 degrés. Les mois les plus froids étant ceux de l'hiver (Décembre à février) avec une température minimale enregistrée de -7 degrés en février.

2.1.3.2- Les précipitations

Les précipitations sont mesurées par un réseau de pluviomètres (Image 22) ; douze au total. Chaque unité de gestion est affectée à un pluviomètre, ce qui permet d'estimer le volume de précipitation pour chacune.

Image 15 : Pluviomètre



Les pluies sont irrégulières et peu nombreuses au cours de l'année et des épisodes de sécheresse peuvent survenir pendant l'été (Tableau 5).

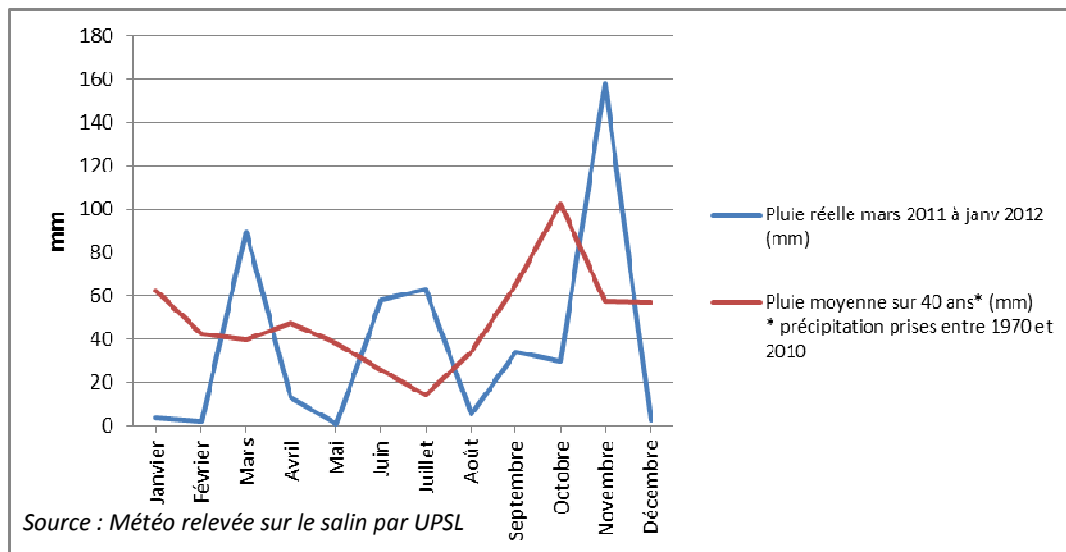
Tableau 6: Données des précipitations mensuelles sur le salin d'Aigues-Mortes

UPSL-AGM	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Pluie réelle mars 2011 à janv 2012 (mm)	3,5	2	90	13	1	58	63, 4	5,2	34,2	30	158	2,5	460,8
Pluie moyenne sur 40 ans* (mm)	62,4	42,4	40	47,6	38	26	14, 2	32,2	65	102,4	57,5	56	586,9

*précipitations prises entre 1970 et 2010

Sources : météo relevée sur le salin par UPSL

Graphique 2 : Pluviométrie du salin d'Aigues-Mortes entre mars 2011 et janvier 2012



D'une manière générale notre période d'étude est pluvieuse. En effet, sur le graphique ci-dessus trois grands périodes de précipitations se distinguent : en automne-hiver (de septembre à novembre) avec un total de 222 mm de précipitations cumulées, au printemps (de mars à avril) avec 103 mm de pluie cumulée et enfin au début de l'été (juin à juillet) avec un total de 121 mm de précipitations cumulées.

2.1.3.3- Les vents

Situé dans l'axe du couloir Rhodanien, la zone est soumise à des vents violents pendant une centaine de jours par an.

Les vents de secteur nord (le Mistral) et nord-ouest (la Tramontane) sont froids et secs. Ils soufflent en moyenne à 50-60 km/h mais peuvent atteindre des pointes à 120 km/h. Ils augmentent l'évaporation, diminuent la température et l'hygrométrie (la quantité relative d'eau présente dans l'eau).

Les vents de secteur sud (marin), les brises de mer du sud sud-ouest et les vents de sud-est liés aux dépressions soufflent pendant l'automne et l'hiver. Ils sont chargés d'humidité et ont un faible pouvoir d'évaporation.

2.1.3.4- L'évaporation

Sur le salin, l'évaporation est mesurée quotidiennement pendant la période de production. Elle est mesurée sur un bac contenant de l'eau douce (Image 23). Un facteur est ensuite appliqué pour avoir une correspondance sur les différents clos et tables salantes en fonction de leur salinité. À titre d'exemple, une évaporation de 10 mm pour l'eau douce correspond à 8 mm pour les partènements les moins concentrés (< 40g/l) et 5 mm pour les tables salantes.

Image 25: Évaporomètre



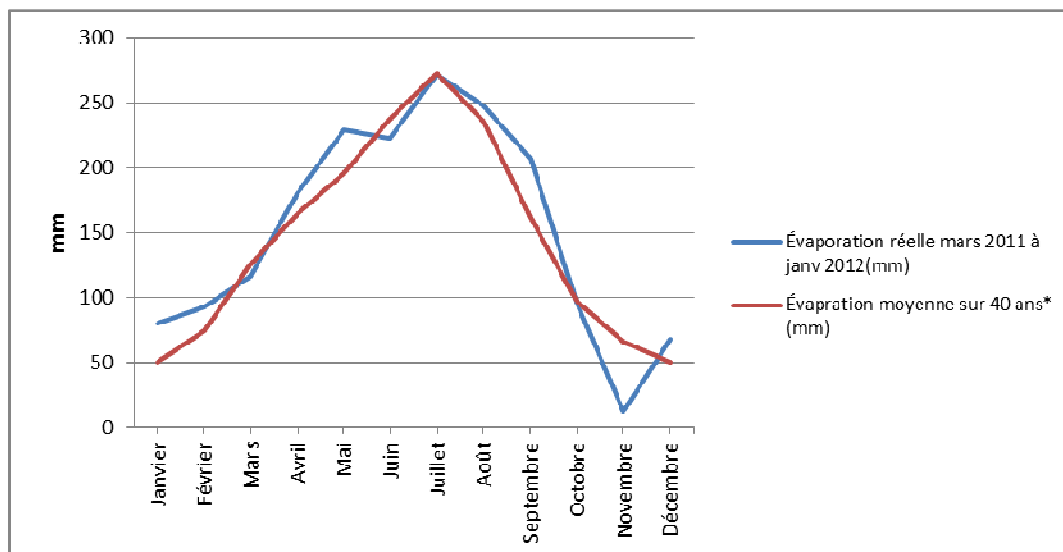
Tableau 7 : Données des évaporations mensuelles sur le salin d’Aigues-Mortes

UPSL-AGM	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Évaporation réelle mars 2011 à janv 2012(mm)	80,2	93,3	116	180	229	223	271	248	207,5	97,2	13	68,6	176,
Évaporation moyenne sur 40 ans* (mm)	51,1	74,6	125	164	196	237	273	236	162	98,2	66,8	51,2	1737

*précipitations prises entre 1970 et 2010

Sources : météo relevée sur le salin par UPSL

Graphique 3 : Évaporation du salin d’Aigues-Mortes entre mars 2011 et janvier 2012



Sur notre période d'étude l'évaporation augmente de façon quasi-continue du mois de février jusqu'à son maximum en juillet-août, puis redescend rapidement jusqu'à être faible en octobre (97,2 mm) et très faible pour les mois d'hiver (novembre, décembre, janvier, février).

Ainsi, pour la production de sel de mer, les facteurs climatiques tels que les températures et les vents sont décisifs. Ils déterminent l'évaporation qui influence directement la production de sel, mais aussi la végétation et la faune de cette zone humide. La mesure de ces paramètres est permanente sur le salin. Il induit les décisions de gestion notamment les mouvements d'eau pour la fabrication du sel.

2.2- Les lagunes côtières salicoles et les oiseaux typiques

2.2.1- Définition d'une lagune côtière salicole

D'après le code Corine les lagunes côtières sont des « *étendues d'eau salée côtières, peu profondes, de salinité et de volume d'eau variables, séparées de la mer par une barrière de sable, de galets ou plus rarement par une barrière rocheuse. La salinité peut varier, allant de l'eau saumâtre à l'hypersalinité selon la pluviosité, l'évaporation et les apports d'eau marine fraîche lors des tempêtes, d'un envahissement temporaire par la mer en hiver ou à cause des marées. Avec ou sans une végétation des *Ruppia maritima*, *Potamogeton*, *Zostera* ou *Chara* (Corine 91 :23.21 ou 23.22) ».*

Aussi, les bassins et étangs de salines peuvent être également considérés comme des lagunes côtières de type aménagées, dans la mesure où ils sont le résultat de la transformation d'une ancienne lagune naturelle ou d'un ancien marais salé et caractérisés par un impact mineur de l'activité d'exploitation. Il s'agit de cet habitat lagunaire, qui est le plus représenté sur le salin, 6069 hectares (hors tables salantes et réservoirs, 480 ha).

L'habitat « *lagune côtière salicole* » est très particulier car il fonctionne, de façon générale, à l'inverse des étangs soumis aux conditions naturelles : la majorité des lagunes du salin sont asséchées en hiver (sauf celles qui servent de réservoirs de saumures ou les clos près de la mer). Elles sont remises en eau au printemps et le restent pendant toute la période estivale.

De plus, l'artificialisation des lagunes contribue à la création d'une diversité spatiale des différents bassins, reconstituant artificiellement les gradients naturels de confinement des lagunes naturelles. Les variations interannuelles sont réduites tandis que les variations intra-annuelles sont fortes. De même les salinités moyennes sont globalement supérieures. Il en résulte que les lagunes salicoles constituent des habitats diversifiés dans l'espace, non soumis à l'eutrophisation quasi-généralisée des lagunes non salicoles. Leur biodiversité et leur valeur biologique varient en fonction des caractéristiques de chaque bassin avec une diminution de la richesse des communautés végétales et animales avec l'augmentation de la salinité et de la durée d'assèchement (GRILLAS P).

Il existe, en effet, une grande diversité de lagunes salicoles. Ces espaces répartis sur l'ensemble du salin, sont de superficie variable: de 1 hectare à 448 hectares. Il y existe un gradient de salinité spatial et temporel ainsi que des variations temporelles de niveau d'eau.

En période de production, les étangs les plus proches de la mer restent à des concentrations totales en sel proche de celle de la mer (36,7g/l). Plus on se rapproche des tables salantes plus cette salinité augmente, atteignant une salinité totale maximale de 320g/l (en fin de circuit). Les profondeurs des lagunes₄₂

restent faibles. La moyenne de la hauteur d'eau présente sur les étangs est de 30 cm, excédant rarement les 50 cm d'eau.

En période hivernale, beaucoup de lagunes salicoles sont asséchées et seule une lame d'eau, dont les concentrations en sel sont inférieures à 40g/l, reste présente. D'autres lagunes, de profondeur plus importante (max. 80 cm) (Étang de la ville, cuvette du Levan1, cuvette du Repau, étang de Brasol, étang des Plaines de Saint-Jean), servent de réserves de saumures de concentration totale en sel comprises entre 120 et 250 g/l. Les étangs proches du bord de mer restent en eau toute l'année, avec une concentration totale en sel variant de 34g/l à 41,6 g/l.

Enfin, les espaces de productions (tables salantes et réservoirs) reçoivent temporairement, en période de récolte, des eaux de salinité totale extrême (supérieur à 320g/L). Ces milieux très artificiels ne seront pas pris en compte dans la cartographie des habitats et dans l'évaluation patrimoniale

En plus de cette description très détaillée du système salicole, le document d'objectif Petite Camargue a créé une fiche spéciale pour les lagunes côtières salicoles ([Annexe 4](#)).

D'après ces éléments et le fait que les travaux de restauration hydraulique prévus dans le projet Life+ MC-SALT doivent permettre de conserver la diversité d'habitats bien spécifique des lagunes côtières salicoles, nous considérons que l'ensemble des étangs du salin (en excluant les tables salantes et les réservoirs) constitue une seule lagune caractérisée par une diversité d'habitats. L'évaluation de l'état de conservation des lagunes côtières salicoles sera réalisée à l'échelle du système lagunaire salicole et non pas à l'échelle de la pièce d'eau.

2.2.2- Les oiseaux typiques des lagunes côtières salicoles

Le salin accueille 200 espèces d'oiseaux dont 157 sont protégées à l'échelle nationale.

À l'échelle européenne, 99 espèces sont visées par la Directive Oiseaux dont :

↳ 49 sont des espèces menacées de disparition, des espèces vulnérables à certaines modifications de leur habitat, des espèces considérées comme rares (population faible ou répartition locale restreinte), et des espèces nécessitant une attention particulière à cause de la spécificité de leur habitat, ainsi que les espèces migratrices dont la venue est régulière.

↳ 50 sont des espèces d'Oiseaux pour lesquelles la chasse n'est pas interdite à condition que cela ne porte pas atteinte à la conservation des espèces (espèces de l'annexe II de la Directive Oiseaux).

Le procédé de production de sel de mer entraîne des conditions favorables à l'alimentation, la reproduction et le repos de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau en particulier pour les laro-limicoles coloniaux reproducteurs, les Flamants roses et les limicoles migrateurs et hivernants. Le salin représente un site d'accueil important à l'échelle camarguaise ou française pour ces espèces visées par la Directive Oiseaux à l'échelle européenne. Ces espèces d'oiseaux seront donc pris en compte dans l'évaluation de conservation des oiseaux typiques des lagunes côtières salicoles.

2.2.2.1- Les laro-limicoles coloniaux reproducteurs

La mise en eau du salin au printemps et le maintien des niveaux d'eau salée pendant l'été sont favorables à la reproduction et à l'alimentation des laro-limicoles coloniaux reproducteurs. Ces conditions particulières, différentes de celles des milieux naturels qui s'assèchent en été, permettent :

- ↳ Un isolement des sites de reproduction vis-à-vis des prédateurs
- ↳ La présence de ressources alimentaires aquatiques disponibles pour les laro-limicoles coloniaux reproducteurs

Sept espèces de laro-limicoles coloniaux reproducteurs d'intérêt patrimonial à l'échelle de l'Europe (Annexe I de la Directive Oiseaux) sont régulièrement observées sur le salin d'Aigues-Mortes : Goéland railleur (*Chroicocephalus genei*), Avocette élégante (*Recurvirostra avosetta*), Sterne naine (*Sternula albifrons*), Sterne hansel (*Gelochelidon nilotica*), Sterne caugek (*Thalasseus sandvicensis*), Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*) et Mouette mélanocéphale (*Ichthyaetus melanocephalus*).

Ces espèces sont en déclin ou rares en Europe et réclament une attention particulière. La Sterne naine, la Sterne Hansel ou encore la Sterne Caugek voient ainsi leurs effectifs décliner en Europe. En France, la Camargue est une localité de première importance, soit parce qu'elle était jusqu'à récemment leur seul site de nidification régulier (Goéland railleur, Sterne Hansel) ou qu'elle accueillait les effectifs reproducteurs les plus importants (Avocette élégante, Mouette mélanocéphale, Sterne pierregarin). Par ailleurs, le salin d'Aigues-Mortes a accueilli certaines années jusqu'à près de 100 % des effectifs reproducteurs camarguais ou français de plusieurs de ces espèces (Goéland railleur, Sterne hansel, Sterne caugek, Mouette mélanocéphale).

Image 26 : Goéland railleur (*Chroicocephalus genei*)



Image 27: Sterne naine (*Sternula albifrons*)



Image 28: Avocette élégante (*Recurvirostra avosetta*)



Image 29: Sterne hansel (*Gelochelidon nilotica*)



Image 30 : Sterne caugek (*Thalasseus sandvicensis*)



Image 31 : Sterne caugek (*Thalasseus sandvicensis*)



Image 32 : La Mouette mélanocéphale (*Ichthyaetus melanocephalus*)



2.2.2.2- Les Flamants roses

Au printemps et en été, la gestion salicole entraîne un gradient de salinité favorable au développement de ressources alimentaires variées. Les étangs de faible salinité sont caractérisés par la présence de végétation aquatique, de poissons et d'une diversité d'invertébrés aquatiques. Les étangs de forte salinité (> 70g/L) accueillent des quantités importantes de crustacés Artémias, ressources alimentaires de nombreux oiseaux d'eau et en particulier les flamants.

Ces derniers sont visés par l'Annexe I de la directive oiseaux. Le salin accueille entre 5000 et 10 000 individus en été et en hiver. Il représente un site d'importance internationale accueillant plus de 1% de la population méditerranéenne en hiver. C'est un site d'alimentation essentiel également en période estivale pour les Flamants roses, dont le seul site de nidification français est situé à salin de Giraud en Camargue.

Image 33 : Le Flamant rose (*Phoenicopterus roseus*)

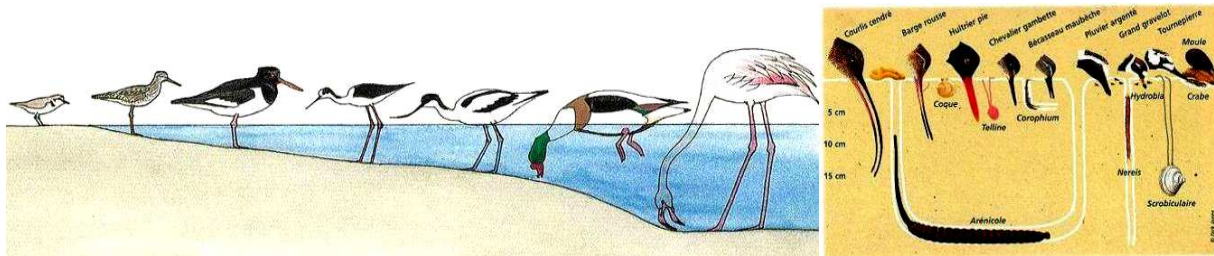


2.2.2.3- Les limicoles hivernants

À l'automne et en hiver, la gestion hydraulique, correspondant à l'assèchement de certains étangs, est favorable à l'accueil des limicoles de passage. Durant la migration d'automne, ils s'alimentent des invertébrés sur les étangs en cours d'assèchement et les hivernants stationnent sur les vasières formées par les étangs asséchés et trempés par les pluies. Ils profitent aussi des vasières libérées sous l'effet du vent sur les étangs permanents.

Le salin d'Aigues-Mortes revêt une grande importance pour la halte migratoire et l'hivernage des limicoles en Camargue, halte migratoire de haute importance. Il constitue l'un des rares milieux en Camargue où l'on trouve de grandes vasières dans une région caractérisée par l'absence de marée (Penloup, 2002).

Image 34: Compartimentation de l'espace par la longueur des pattes, du bec et la hauteur d'eau



Source : SADOUL N. et al., 1998, illustration Dick Jones from Goss-Custard, J. 1975. Beach Feast. Birds 5 (10) : 23-26.

Vingt-sept espèces de limicoles hivernants et migrateurs ont justifié la désignation de la Zone de Protection Spéciale Petite Camargue laguno-marine et qui sont inscrits aux Annexe I et II de la Directive Oiseaux :

Barge à queue noire (*Limosa limosa*), Bécasseau cocorli (*Calidris ferruginea*), Bécasseau maubèche (*Calidris canutus*), Bécasseau minute (*Calidris minuta*), Bécasseau sanderling (*Calidris alba*), Bécasseau variable (*Calidris alpina*), Bécassine des marais (*Gallinago gallinago*), Chevalier aboyeur (*Tringa nebularia*), Chevalier culblanc (*Tringa ochropus*), Chevalier gambette (*Tringa totanus*), Chevalier guignette (*Actitis hypoleucos*), Chevalier sylvain (*Tringa glareola*), Combattant varié (*Philomachus pugnax*), Courlis cendré (*Numenius arquata*), Courlis corlieu (*Numenius phaeopus*), Grand gravelot (*Charadrius hiaticula*), Gravelot à collier interrompu (*Charadrius alexandrinus*), Huitrier pie (*Haematopus ostralegus*), Petit gravelot (*Charadrius dubius*), Pluvier argenté (*Pluvialis squatarola*), Tournepierrre à collier (*Arenaria interpres*), Oedicnème criard (*Burhinus oedicanus*), Avocette élégante (*Recurvirostra avosetta*), Barge rousse (*Limosa lapponica*), Échasse blanche (*Himantopus himantopus*), Phalarope à bec étroit (*Phalaropus lobatus*), Pluvier doré (*Pluvialis apricaria*).

La Bécassine des marais, la barge à queue noire, le chevalier sylvain et l'Oedicnème criard sont des espèces de milieux d'eau douce ou de steppes pour le dernier et leur présence sur le salin est occasionnelle. Le comptage annuel Wetland international des oiseaux d'eau hivernants de la mi-janvier permet d'avoir des données représentatives sur les oiseaux hivernants et a été pris en compte dans le protocole. De fait, cinq autres espèces présentes sur le salin durant la migration mais absentes ou avec des effectifs très réduits en hiver ont été exclus du protocole : le Bécasseau cocorli, le Combattant varié, le Petit gravelot, l'Échasse blanche et le Phalarope à bec étroit.

Image 35 : Échasse blanche (*Himantopus himantopus*)



Image 36 : Gravelot à collier interrompu (*Charadrius alexandrinus*)



Image 37 : Bécasseau minute (*Calidris minuta*)



Image 38: Courlis cendré (*Numenius arquata*)



Méthode

2.3- Protocole et indicateurs de suivi des travaux de restauration hydraulique

On considère que l'évaluation de l'état de conservation des lagunes côtières salicoles et des oiseaux typiques permet d'évaluer l'impact des travaux de restauration hydraulique réalisés sur le salin.

2.3.1- La pertinence des indicateurs

La plupart des démarches d'évaluation de l'état de conservation passe par la mise en place de « *grilles d'indicateurs* » (par exemple: Carnino 2009; CEN L-R 2011; Maciejewski 2012). Ces dernières structurent les indicateurs par critère évalué, et réunissent les critères en fonction du paramètre étudié. Cet « *empilement de boîtes* » est artificiel, et relativement variable d'une publication à l'autre. Si cela n'impacte en rien la manière de relever les indicateurs, l'influence peut en revanche être considérable sur le calcul de la note finale. Certaines agrégations notamment la méthode *des moyennes* peuvent fluctuer en fonction du poids de chacun des paramètres.

Différents systèmes de structuration des indicateurs existent. Les dispositions mises en place pour l'évaluation à l'échelle biogéographique issues du texte de la Directive répartissent les paramètres en trois catégories :

- ↳ Surface / Composition,
- ↳ Structure / Fonction
- ↳ Menaces

Les indicateurs doivent être sélectionnés (Kluszczewski et al. 2010) sur la base de leur :

- **réactivité** : les éléments doivent traduire les modifications du milieu (dégradation comme amélioration) de manière rapide, afin de ne pas masquer les tendances.
- **universalité** : le critère doit être applicable dans l'ensemble de l'aire de répartition de l'habitat concerné, ainsi que sur tous ses faciès.
- **faisabilité** : les moyens et compétences des gestionnaires doivent permettre d'appliquer correctement l'indicateur.
- **pertinence** : il existe un lien entre des actions de gestion réalisables.
- **compréhension** : il doit être accessible aux non-initiés et applicables par eux-mêmes
- **valeur scientifique** : le critère doit être fondé sur un phénomène écologique connu et documenté.

2.3.2- [Le choix des indicateurs et du système de notation](#)

➤ Les indicateurs

La mise au point d'une liste d'indicateurs a été réalisée en deux temps :

⇒ Une **synthèse** du plus grand nombre d'indicateurs disponibles, afin d'avoir une vision large des différentes voies d'évaluation de l'état de conservation. Ceux-ci sont issus des suivis mis en place dans différents programmes en cours sur les lagunes méditerranéennes (Directive Cadre sur l'Eau, Réseau des Suivis Lagunaires, etc.). Mais aussi de la bibliographie, qu'elle soit issue de travaux scientifiques publiés, ou de démarches mises en place au niveau national ou régional par des organismes scientifiques et/ou techniques (CEN L-R, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino).

⇒ Une **sélection** des indicateurs les plus pertinents pour notre sujet d'étude.

Notre participation au groupe de discussion sur la contribution à la méthodologie *d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire prioritaire 1150-2** Lagunes côtières méditerranéennes à l'échelle du site Natura 2000 dans le cadre de la Directive Habitat Faune Flore, organisé par le pôle relais lagunes méditerranéennes, nous a aidé à établir notre propre grille d'indicateurs adaptée à nos lagunes salicoles.

En effet, le groupe de discussion, composé de scientifiques (Conservatoire Botanique Méditerranéen, Ifremer, CNRS, Tour du Valat, Muséum National d'Histoire Naturelle, etc.), d'experts indépendants, de gestionnaires (issus de toute la méditerranée française), de partenaires institutionnels (Agence de l'Eau, DREAL LR, PACA & Corse, Conseil Régional & Général) et des organismes constituant le Pôle-relais lagunes méditerranéennes (CEN Languedoc Roussillon, Tour du Valat, Office de l'Environnement Corse), s'est appuyé sur des programmes ayant attiré à l'étude des lagunes méditerranéennes françaises mis en place depuis de nombreuses années. Parmi eux, certains portent sur la qualification de l'état écologique des lagunes. Bien que l'angle d'approche soit différent selon l'échelle et la zone concernée (la masse d'eau, la zone humide, ou l'écosystème lagunaire dans son intégralité), chaque programme apporte des réponses qu'il est nécessaire d'étudier. De plus, l'ancienneté de ces démarches permet d'élaborer des outils pertinents, dont il faut tenir compte pour mettre en place une démarche cohérente et réalisable.

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) est une directive européenne qui vise à harmoniser la gestion des eaux à l'échelle européenne, en assurant une cohérence législative. Elle se décline à l'échelle des grands bassins hydrographiques, et fixe des objectifs de préservation et de restauration des eaux douces et côtières, superficielles et souterraines. Ces démarches s'inscrivent dans le cadre d'une gestion durable de la ressource en eau. Dans ce cadre, les lagunes côtières sont considérées comme des eaux de transition, pour lesquelles il faut évaluer :

- un état chimique à partir de 41 substances de référence. La note conduit à deux classes d'état (respect ou non-respect des normes).

- un état biologique est évalué à partir de 4 indicateurs (phytoplancton ; macrophytes ; macrofaune benthique de substrat meuble ; ichtyofaune).

D'autres éléments sont en cours d'élaboration, notamment en vue de qualifier le fonctionnement hydrologique des lagunes.

L'objectif de ces suivis est de créer des cartes permettant d'évaluer « l'état écologique » de ces masses d'eau, ainsi que les éléments affectant/dégradant cet état.

D'après la DCE, les lagunes côtières salicoles du site d'Aigues-Mortes ne sont pas considérées comme des eaux de transition du fait de leur caractère artificiel et de la diversité des étangs. Par conséquent elles ne sont pas prises en compte dans les suivis et n'ont pas d'objectifs à atteindre. Ainsi, le salin d'Aigues-Mortes n'est pas directement concerné par la Directive Cadre sur l'Eau.

Le Réseau de Suivi Lagunaire (RSL) est un programme mis en place au début des années 2000 par la Région Languedoc Roussillon, en association avec l'Agence de l'eau RM&C (partenaire technique), l'Ifremer (appui scientifique) et le Cépralmar (appui technique). Le RSL assure le suivi opérationnel de la qualité des eaux des étangs littoraux en région Languedoc Roussillon et en particulier de leur eutrophisation. Le RSL apporte un appui scientifique et technique aux gestionnaires pour définir les mesures de gestion nécessaires à l'amélioration ou à la préservation de la qualité des lagunes du Languedoc Roussillon.

La mise en place de ce réseau de suivi se décline sous trois niveaux :

- un diagnostic complet tous les 6 ans (étude du phytoplancton, des macrophytes, des sédiments, de la macrofaune)
- un diagnostic simplifié, tous les 3 ans (macrophytes)
- un diagnostic de la colonne d'eau, mis en place de manière variable (un état des lieux complet tous les trois ans, des suivis annuels sur certaines lagunes).

Différents éléments sont mesurés (salinité, turbidité, oxygène dissout, nitrites, nitrates, ammonium, phosphate, chlorophylle a et phéopigments, azote total, phosphore total).

Néanmoins, le salin d'Aigues-Mortes n'est pas concerné par le RSL car il n'a pas de problème d'eutrophisation affectant la production de sel.

Le programme Rhoméo est un observatoire des zones humides du bassin Rhône Méditerranée. Développé initialement sur Rhône-Alpes, ce programme devra se déployer sur l'ensemble du Bassin avec l'objectif final de construire, en collaboration étroite avec les acteurs des autres régions, des méthodologies cohérentes de travail ainsi que des outils de traitement de l'information compatibles.

➤ **Les systèmes de notation**

La bibliographie et le retour d'expériences présentent différents systèmes de notation et d'agrégation des notes pour évaluer l'état de conservation.

Les systèmes retenus pour l'étude de l'habitat d'intérêt communautaire prioritaire 1150* « Lagunes côtières » sont :

- le système du critère déclassant
- le système de notation développée par MNHN

A noter que quelque soit le système de notation, l'état de conservation est évalué par rapport à un état objectif. Les différents états de conservation peuvent être représentés sur un gradient comme ci-dessous :



Système du critère déclassant

Celle-ci s'applique pour le rendu biogéographique de l'état de conservation d'un habitat, et consiste à ne retenir uniquement la note du plus mauvais paramètre. C'est également ce système qui permet de calculer la note finale dans le cadre de l'évaluation DCE.

Avantages : appliquer cette méthode pour l'échelle du site assure la cohérence du rendu avec les attentes européennes. L'état de conservation est considéré comme optimal lorsque tous les critères sont optimaux, ce qui reste le seul moyen d'assurer la persistance d'un état de conservation favorable sur le long terme.

Inconvénients : la note peut manquer de continuité et ainsi masquer l'évolution lente de l'écosystème (pour un suivi diachronique de l'état de conservation). Elle ne traduit pas correctement le résultat des mesures de gestion.

→ Le système de notation

Chaque indicateur est évalué selon trois modalités qui donnent une note en 3 classes : bon, altéré ou dégradé.

C'est la note la plus mauvaise qui donne l'état de conservation global à la pièce d'eau.

Indicateurs	Etat de conservation		
	Bon	Altéré	Dégradé
A	< 20	20-40	> 40
B	> 2	3-6	< 6
C	< 10%	10%-20%	> 20%

Résultat



Rq : Concernant la colonne d'eau, dans un souci de cohérence avec les méthodes DCE et RSL, c'est l'avant dernier déclassant qui sera retenu comme valeur pour cet indicateur.

→ L'agrégation des notes

Ce système de notation permet d'obtenir un état (bon, altéré ou dégradé) par pièce d'eau. Afin d'agréger ces notes (et ainsi passer de la pièce d'eau à l'échelle du site), il est proposé de synthétiser les résultats sous la forme de pourcentage de surface total concerné par chaque classe.

	surface (ha)	%
Bon	15,61	21
Altéré	16,07	21
Dégradé	33,6	45
Non évalué	9,5	13

Système développé par le MNHN

Le MNHN, grâce aux travaux de Nathalie Carnino, a proposé une méthode de calcul basée sur le système de notation dégressif (Carnino 2009). Partant d'un capital de 100 points, on soustrait ou ajoute des points suivant les éléments relevés pour chaque indicateur : ce calcul aboutit à une note finale que l'on compare à des seuils d'état de conservation. Cette méthode est également utilisée dans les autres méthodologies développées par le MNHN (Goffe 2011; Lepareur 2011; Maciejewski 2012b)

Avantages : la continuité de la note permet au gestionnaire d'évaluer l'évolution de son site, et l'efficacité de

ses mesures. La possibilité de différencier l'importance accordée aux facteurs permet de rendre certains critères déclassant, sans toutefois l'afficher clairement dans méthode...

Inconvénients : cela ne concorde pas avec les méthodes européennes en place pour les rendus à l'échelle biogéographique.

→ Le système de notation

Chaque indicateur est évalué selon trois à cinq modalités qui donnent un nombre de points.

Les points sont attribués par modalités aux indicateurs selon une hiérarchisation de leur importance, ce qui revient à pondérer les indicateurs :

- les indicateurs les plus importants (déclassant), dont l'état dégradé suffit à évaluer la pièce d'eau en état dégradé. Ils regroupent notamment les pertes de surface ainsi que le fonctionnement des lagunes temporaires.
- les indicateurs les moins importants, dont l'état dégradé permet d'évaluer la pièce d'eau en état altéré. Ceux sont les indicateurs non biologiques, ainsi que la colonne d'eau, etc.
- les indicateurs intermédiaires, dont la somme d'un état dégradé et d'un état altéré permet d'évaluer la pièce d'eau en état dégradé. Ils sont composés des indicateurs biologiques.

Rq : Dans le cas où pour un indicateur, deux modalités sont en parallèles (ex : le cascaill), les deux alternatives sont réunies par un « ou », et c'est la plus mauvaise des deux notes qui est retenue.

→ L'agrégation des notes

La méthode de calcul consiste à additionner les notes par indicateur, pour soustraire le résultat à 100. On obtient ainsi une note sur 100 par pièce d'eau qui permet de définir un état de conservation de la pièce d'eau en fonction de l'échelle Carnino :

- note > 70 : état bon
- note entre 70 et 40 : état altéré
- note < 40 : état dégradé

Indicateurs	Modalités (valeurs-seuils ou classes)	Notation
A	0 < A < 3	0
	3 < A < 6	-5
	6 < A < 9	-10
B	100 % < B < 80 %	0
	80 % < B < 20 %	-10
	20 % < B < 0 %	-20
C	C > 10	0
	C < 10	-15
Note finale		100-0-20-15 = 65

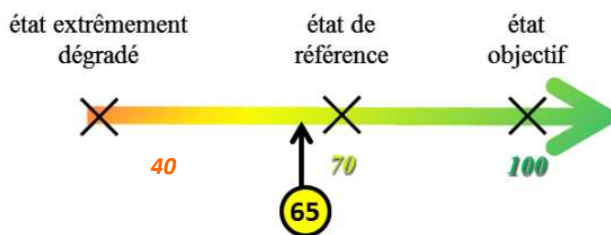


Figure 7 : Système de notation dégressif et axe de correspondance entre la note et l'état de conservation (d'après Carnino, 2009, Goffé, 2011 et Maciejewski, 2012)

L'agrégation des notes pour passer à l'échelle du site Natura 2000 est proposée selon deux systèmes :

- une **moyenne** des notes des pièces d'eau pondérée par la surface des pièces d'eau, qui permet de définir une note sur 100.

		Pièce d'eau										Total
		A	B	G	P	Q	R	S	W	AA	AB	
Surface		16,07	0,2	0,6	1,7	0,8	0,4	0,5	0,7	33,6	0,3	74,78
Indicateur	Surface	0	0				0	0	0	0	0	
	Macrophytes	0	0				0	0	0	NA	0	
	Espèce animale exotique envahissante	30	0				0	0	0	30	0	
	Intégrité des berges	20	20				20	20	20	20	20	
Evolution du niveau d'eau		0	0				0	0	0	60	0	
Etat de conservation	Note	50	80	NE	NE	NE	80	80	80	0	80	28
	Etat	altéré	bon	NE	NE	NE	bon	bon	bon	dégradé	bon	dégradé

- une **discrétisation** de l'état des pièces d'eau pondérée par la surface des pièces d'eau, replacée dans une grille à points qui permet de définir une note sur 100.

Paramètre	Modalités	Note
Surface	Stable ou augmentation	0
	Régression	-60
Structure et fonction	Plus de 70% des pièces d'eau en bon état de conservation	0
	Entre 40 et 70%	-30
	Moins de 40%	-60

Pour les deux systèmes, la note obtenue est placée sur l'échelle définie précédemment (Bon > 70 > altéré > 40 > dégradé) et explicite l'état de conservation de l'habitat Lagune côtière à l'échelle du site au sein du site Natura 2000.

2.3.3- Les indicateurs d'évaluation de l'état de conservation des lagunes côtières salicoles et le système de notation

➤ Les indicateurs

Le choix des indicateurs retenus pour l'habitat est basé sur le groupe de discussion des lagunes côtières méditerranéennes et de la note de l'évolution de l'état de conservation à l'échelle du site Natura 2000, effectué par le Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles de janvier 2012.

À propos de l'état de conservation d'un habitat naturel la directive Habitats –Faune flore de 1992 mentionne :

« L'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que les espèces typiques qu'il abrite, qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques sur le territoire visé à l'article 2 :

« L'état de conservation est jugé comme « favorable » lorsque :

- son aire de répartition ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension

et

- la structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible,

et

- l'état de conservation des espèces qui lui sont typiques est favorable. »

C'est sur cette définition que nous appuierons notre étude.

L'évaluation de l'état de conservation des lagunes côtières salicoles est réalisée à partir de 3 types d'indicateurs :

- un indicateur de surface,
- des indicateurs de structure et de fonctions spécifiques,
- des indicateurs de pression.

➤ **Le système de notation développé par le MNHN**

Le système de notation retenu dans ce protocole d'évaluation des lagunes côtières salicoles est la méthode développée par le MNHN.

2.3.3.1- Indicateur de surface

L'évolution de la surface répond directement au premier alinéa du texte de la Directive Habitat précisant que l'état de conservation est favorable lorsque «*son aire de répartition ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension*» (Communautés Européenne 1992).

L'objectif est donc de mesurer cette superficie afin d'en assurer le suivi. Cette opération est réalisée par un logiciel de Système d'Information Géographique. L'état objectif correspond à la superficie de indiquée dans le Document d'Objectifs des Sites de Petite Camargue au moment de sa validation et correspond à la superficie totale des "lagunes côtières salicoles" en décembre 2007 de 7600 ha.

Si les surfaces diminuent et atteignent une surface inférieure à 4800 ha, on considère alors que l'état est dégradé puisque les surfaces deviennent inférieures à l'état de référence des années 60, date où le salin intègre la zone du Lairan.

On considère que l'indicateur surface a un poids important pour l'évaluation de l'état de conservation des lagunes et correspond à une note de 35 sur un total de 100.

Un système d'évaluation a été mis en place pour évaluer l'évolution de cette superficie :

Indicateur	Modalités	Note d'évaluation
Surface	Surface stable ou en extension (> ou = 7600 ha)	0
	Perte de surface < à 2800 ha	-20
	Perte de surface > à 2800 ha	-35

2.3.3.2- Indicateurs de structures et de fonctions spécifiques

Cinq indicateurs de structures et de fonctions spécifiques ont été retenus dans le protocole.

Indicateur	Modalités	Note d'évaluation
Espèces exotiques envahissantes	Absence	0
	Présence	-5
Variation de la Salinité	Écart de salinité réelle/théorique [0-10]	0
	Écart de salinité réelle/théorique [11-20]	-5
	Écart de salinité réelle/théorique >21	-7,5
Variation des niveaux d'eau	Écart de niveau d'eau réel/théorique [0-10]	0
	Écart de niveau d'eau réel/théorique [11- 20]	-5
	Écart de niveau d'eau réel/théorique >21	-7,5
Présence d'herbiers de phanérogames	Nombre de clos colonisés/ nombre de clos potentiels = 1	0
	Nombre de clos colonisés/ nombre de clos potentiels > 0,5 et > à 1	-2,5
	Nombre de clos colonisés/ nombre de clos potentiels <à 0,5	-5
Qualité de l'eau	Aucun dépassement de seuil	0
	Un résultat > au seuil	-2,5
	Entre 2 et 5 résultats > aux seuils	- 5
	Entre 6 et 10 résultats > aux seuils	-7,5
	Plus de 10 résultats > aux seuils	-10

• Les espèces exotiques envahissantes

La préservation de certains habitats peut être menacée par le développement d'espèces exotiques dites envahissantes. Une plante est invasive (ou envahissante) dans la mesure où il s'agit d'une espèce végétale exogène introduite, qui, par sa prolifération, produit des changements significatifs de composition, de structure et /ou de fonctionnement des écosystèmes. Les espèces exotiques envahissantes de faune comme les cascaills (Ver marin qui en produisant des concrétions calcaires, favorise le confinement de la lagune et participe à son comblement, empêchant le développement d'autres espèces animales ou végétales) peuvent poser d'importants problèmes dans le milieu lagunaire.

Un système de notation a été mis en place pour évaluer la présence ou l'absence de ces espèces :

Indicateur	Modalités	Note d'évaluation
Espèces exotiques envahissantes	Absence	0
	Présence	-5

• Variation de la salinité

Le système lagunaire du salin d'Aigues-Mortes, est composé de différents clos qui sont considérés comme différents faciès d'une lagune. Une typologie des lagunes a été établie en fonction des salinités observées sur la période de production et de la variation des niveaux d'eau au cours d'une année afin de mieux comprendre la diversité des faciès du système lagunaire salicole. Cette typologie a permis de mieux définir les indicateurs de structures et de fonctions spécifiques des lagunes côtières salicoles (Annexe **?Typologie des lagunes**)

Un des facteurs prépondérant dans la diversité des espèces est la salinité. Le gradient de salinité des salins ne s'exprime dans le temps mais aussi dans l'espace. Ainsi, la richesse spécifique de chaque bassin est fonction de sa position dans le circuit de l'eau et, donc de sa salinité particulière. L'évaporation progressive de l'eau provoque la précipitation des sels dissous selon des gammes de solubilité. Par conséquent, la composition ionique de l'eau diffère d'autant plus de celle de mer que les étangs sont éloignés de l'arrivée d'eau de mer. Un gradient de salinité est observé au sein du système lagunaire salicole pendant la période de production de sel d'avril à septembre. Ces variations chimiques sont des contraintes physiologiques pour les organismes marins colonisateurs (Sadoul, 1998).

La densité de l'eau est mesurée tous les jours pour chaque clos par les sauniers à l'aide d'un densimètre. C'est cette valeur qui est archivée dans la base de données des salins appelée PRISME. Les données de salinités ont pu être utilisées sur la période de mars 2011 à février 2012.

Pour convertir les densités en concentration en sels totaux, nous avons utilisé la formule suivante :

$C=0$	si $D < 1,0034$
$C=1512,2 * D - 1517,4$	si $1,0034 \leq D < 1,215$
$C=802,28 * D - 654,72$	si $D \geq 1,215$

C étant la concentration en gramme par litre et D , la densité de l'eau.

La base de données Prisme n'accepte pas de valeur inférieure à 1 car la valeur de densité la plus petite pour l'eau est de 1 (densité de l'eau pure). Ainsi, quand le partènement est à sec, Prisme affecte une densité de 1 et donc la concentration calculée est de 0.

Nous avons utilisé les moyennes mensuelles des densités réelles en période de production pour tous les clos du système lagunaire (nous avons exclus les mois de mars et septembre et parfois avril car ce sont des mois de mise en place des eaux dans les clos). Par ailleurs, les densités théoriques correspondent à la salinité qui doit être atteinte dans chaque clos pour obtenir un gradient de salinité caractéristique d'un salin qui permet une production de sel optimale. Elles correspondent à l'état de référence du système lagunaire salicole. Ces densités ont été converties en concentration en sels totaux et comparées.

L'écart entre la salinité théorique et la salinité réelle permet de vérifier la stabilité du gradient de salinité pendant le printemps et l'été, qui est caractéristique des lagunes côtières salicoles. Ce gradient de salinité entraîne le développement d'une diversité de ressources alimentaires pour les oiseaux comme les Artémies dans les étangs dont la salinité est supérieure à 70 g/Litre, ressource qui devient primordiale par exemple pour l'alimentation des Flamants roses au printemps et en été. Les salinités élevées des clos vont

d'ailleurs renforcer la protection des ilots de nidification vis-à-vis des prédateurs. On considère que l'état de référence du bon état de conservation correspond aux conditions optimales de salinité pour la production de sel. Si le gradient de salinité n'est pas respecté, la diversité des ressources alimentaires est modifiée. Remarque : Il serait intéressant de préciser l'impact des variations de salinité sur les microorganismes afin de justifier les modalités choisies ici en fonction des objectifs de production.

Cet indicateur est calculé pour chaque clos. Une moyenne des notes des pièces d'eau est calculée. Une note d'évaluation finale est attribuée pour évaluer le respect des salinités théoriques :

Indicateur	Modalités	Note d'évaluation
Variation de la Salinité	Écart de salinité réelle/théorique [0-10]	0
	Écart de salinité réelle/théorique [11- 20]	-5
	Écart de salinité réelle/théorique >21	-7,5

- Variation des niveaux d'eau

La hauteur d'eau des étangs a été calculée à partir du niveau d'eau relevé quotidiennement par les sauniers sur des échelles placées dans les étangs et corrigée en fonction de la cote moyenne du sol des étangs.

Les valeurs des hauteurs d'eau sont intégrées qui dans la base de données des salins appelée PRISME. Ainsi, les sauniers nous ont procuré les hauteurs d'eau de mars 2010 à février 2011.

Les moyennes des cotes réelles par mois et les cotes théoriques ont été converties en niveau d'eau (en cm) et comparées. Les mois de mars et septembre (et parfois avril) ont été exclus car ce sont des mois de mise en place des eaux dans les clos.

L'écart entre les niveaux d'eau réels et théoriques permet de vérifier la stabilité des niveaux d'eau pendant le printemps et l'été, qui est caractéristique des lagunes côtières salicoles.

On considère l'état de référence du bon état de conservation correspond aux conditions optimales de niveaux pour la production de sel pour la période d'avril à août. En effet, le maintien des niveaux d'eau au printemps et en été permet d'assurer la présence de ressources alimentaires disponibles pour les oiseaux notamment. Par ailleurs, la stabilité des niveaux d'eau à cette période permet aux ilots de nidification d'être protégés des prédateurs. Si les niveaux d'eau visés pour la production de sel ne sont pas atteints, les conditions optimales de reproduction des oiseaux coloniaux ne sont pas respectées.

Les variations de niveaux d'eau à l'automne et en hiver n'ont pas été prises en compte dans ce protocole. Il pourrait être intéressant d'étudier les variations de niveaux par rapport à un état de référence afin de s'assurer de l'assèchement des niveaux d'eau réalisés sur certains clos.

Cet indicateur est calculé pour chaque clos. Une moyenne des notes des pièces d'eau est calculée. Une note d'évaluation finale est attribuée pour évaluer le respect des niveaux d'eau théoriques :

Indicateur	Modalités	Note d'évaluation
Variation des niveaux d'eau	Écart de niveau d'eau réel/théorique [0-10]	0
	Écart de niveau d'eau réel/théorique [11- 20]	-5
	Écart de niveau d'eau réel/théorique >21	-7,5

- Présence d'herbiers de phanérogames

Les lagunes sont des écosystèmes dont la flore peut être composée majoritairement de macrophytes (algues et phanérogames). En dépit de son apparente pauvreté, la flore comporte de nombreux éléments spécifiques à ces habitats, des « *espèces typiques* » qui nécessitent d'être maintenues en bon état de conservation. L'absence de flore typique n'entraîne pas un mauvais état de conservation. La composition floristique renseigne sur le fonctionnement de la lagune, notamment vis-à-vis de la salinité et de l'eutrophisation.

Pour notre étude, un état général de l'année 2011 est effectué sur la partie Bouche du Rhône car la salinité des clos ne dépasse pas 70g/l, salinité qui correspond à la limite de tolérance des espèces attendues. Une prospection terrain n'a malheureusement pas pu s'effectuer sur tous les clos par manque de moyens et de temps. Néanmoins trois clos (Comète, Jonc-Marin et Corée), correspondant à des faciès différents (lagune permanente de salinité < 40g/L, lagune temporaire de salinité comprise entre 40 et 70 g/L et lagune permanente de salinité comprise entre 40 et 70 g/L) ont été prospectés pour préciser la liste des espèces présentes.

Dans un premier temps, un inventaire de la flore typique s'est déroulé sur trois journées : le 15 juin 2012 pour le clos de la Comète ; le 12 juillet 2012 pour le clos Jonc-Marin et le 19 juillet 2012 pour le clos Corée.

Nous avons repris et adapté la méthodologie proposée par le Réseau de Suivi Lagunaire (RSL). Ainsi, 7 transects ont été réalisés dans le clos de la Comète (lagune permanente de salinité moyenne en période de production : 35 g/l) ; 9 transects dans le clos de Jonc Marin (lagune temporaire de salinité moyenne en période de production : 40 g/l) et 4 transects dans le clos Corée (lagune permanente de salinité moyenne en période de production : 41 g/l) à l'aide d'un GPS (Garmin eTrex Vista HCx) (Cartes 15, 16 et 17).

Carte 15 : Tracé de la prospection terrain sur le clos de la comète le 15 juin 2012



Carte 16 : Tracé de la prospection terrain sur le clos du Jonc marin le 12 juillet 2012



Carte 17 : Tracé de la prospection terrain sur le clos de Corée le 19 juillet 2012



Sur chacun d'eux une observation des macrophytes avec prise d'échantillons a été réalisée à l'aide d'un quadra en plexiglas (Image 38).

Image 38 : Quadra



Une photographie aérienne couleur et infrarouge de mai 2011, fournie par le Parc Naturel Régional de Camargue permet de détecter les herbiers et les algues. L'utilisation de l'image infrarouge est intéressante car dans l'infrarouge la végétation se distingue mieux que sur une image couleur. En effet, les plantes absorbent fortement le rayonnement aux longueurs d'onde du rouge et du bleu et réfléchissent le vert. C'est pour cette raison que nous distinguons les plantes aquatiques et les algues. L'ortho photographie est traitée par le logiciel SIG, Arc Gis.

Carte 18: localisation des herbiers de macrophytes sur la partie Bouches-du-Rhône du salin d'Aigues-Mortes



L'indicateur retenu correspond à la présence d'herbiers phanérogames de la liste de référence sur les 15 clos ayant des conditions potentielles d'accueil. Les modalités correspondent au rapport Nombre de clos colonisés / nombre de clos potentiels. Si le rapport est de 1, tous les clos potentiels sont colonisés.

Indicateur	Modalités	Note d'évaluation
Présence d'herbiers de phanérogames	Nombre de clos colonisés/ nombre de clos potentiels = 1	0
	Nombre de clos colonisés/ nombre de clos potentiels > 0,5 et < à 1	-2,5
	Nombre de clos colonisés/ nombre de clos potentiels < à 0,5	-5

Remarque : Afin de préciser cet indicateur, il serait intéressant de comparer les surfaces potentielles (ou attendues) aux surfaces réellement colonisées. Il faudrait faire un travail de reconnaissance terrain précis et le comparer avec l'image infrarouge. La surface des herbiers permet d'évaluer la progression ou la régression des herbiers existant à l'échelle du système lagunaire salicole.

• La qualité de l'eau

Seule la qualité de l'eau de mer, qui permet d'alimenter en eau le salin, est analysée une fois par an pendant la période de production. En 2012, le prélèvement a été effectué en juin. Plusieurs paramètres ont été définis en tenant compte des analyses effectuées habituellement sur les lagunes méditerranéennes

dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (eaux de transition), du Forum Interrégional des Lagunes Méditerranéennes (FILMED) et du Réseau de Suivi Lagunaire de la Région Languedoc-Roussillon.

Dans ce cadre, certains paramètres physico-chimiques, des contaminants chimiques (17 molécules de Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, Indice Hydrocarbures /HCT, chaînes carbonées C10 à > C40/, 10 molécules de Carbures Aromatiques Volatils, 7 molécules de PolyChloro-Biphényles, pesticides organo-chlorés et organo-phosphorés), des éléments traces métalliques (Cadmium, Arsenic, Mercure, Plomb, Chrome, Cuivre, Nickel, Zinc) et des germes microbiologiques ont été mesurés sur l'eau de mer pompée.

La liste des éléments analysés et des seuils de qualité est précisée dans le tableau ci-dessous:

Structure	Seuils de qualité utilisés pour le salin d'Aigues-Mortes (d'après avis d'expert)
Éléments de qualité	
Paramètres physico-chimiques	
Température	Avis d'expert permettant d'exprimer un dépassement de seuil sur l'ensemble des paramètres
Turbidité	
Matières En Suspension (MES)	
potentiel Hydrogène (pH)	
Densité	
Chlorures (Cl)	
Carbone Organique Total (COT)	
Métaux	
Nickel	< 0,05 mg/ litre
Cadmium	< 0,001 mg/ litre
Plomb	< 0,005 mg/ litre
Arsenic	< 0,005 mg/ litre
Zinc	< 0,02 mg / litre
Cuivre	< 0,01 mg / litre
Chrome	< 0,005 mg/ litre
Mercure	< 0,001 mg/ litre
Autres substances	
Substances benzéniques (BTEX)	< 2 ug / litre
Indice Hydrocarbures	<0,10 mg/litre
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	< 0,02 µg/litre par élément
PCB	< 0,01 ug/litre par élément
Pesticides	
Alachlore	0,025 µg/litre
Atrazine	0,025 µg/litre
Chlorfenvinphos	0,025 µg/litre
Chlorpyrifos	0,025 µg/litre
Diuron	0,025 µg/litre
Endosulfan	0,025 µg/litre
Isoproturon	0,025 µg/litre
Simazine	0,025 µg/litre
Trifluraline	0,025 µg/litre
Hydromorphologiques :	
Nitrates (NO3)	< 1 mg/litre
Azote total (N)	< 1 mg/litre

Les paramètres physico-chimiques permettent de connaître les caractéristiques générales du milieu. Néanmoins, la valeur de certains paramètres peut indiquer des anomalies ou perturbations. On considère que la turbidité doit être inférieure à 30 ou que le PH doit rester proche de 7. Un avis d'expert permet d'exprimer un dépassement de seuil de l'ensemble des paramètres généraux.

- Le carbone organique total (COT) représente la quantité totale des matières organiques exprimée en carbone (mg/l) contenue dans la solution.
- Les matières en suspension (MES) représentent la quantité de matières non dissoutes (mg/l). Cette mesure montre la pollution physique d'une eau. En effet, ces matières augmentent la turbidité des eaux, limitent la pénétration de la lumière et peuvent provoquer des dépôts plus ou moins nocifs.
- Le potentiel Hydrogène (pH) : permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution. Pour notre système lagunaire le pH doit être proche de 7
- La turbidité : désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Elle doit être inférieure à 30.
- La densité : désigne la concentration en sel dans une eau.

Les résultats d'analyse ont été comparés aux seuils de qualité pour chacun des éléments analysés.

Indicateur	Modalités	Note d'évaluation
Qualité de l'eau	Aucun dépassement de seuil	0
	Un résultat > au seuil	-2,5
	Entre 2 et 5 résultats > aux seuils	- 5
	Entre 6 et 10 résultats > aux seuils	-7,5
	Plus de 10 résultats > aux seuils	-10

2.3.3.3- Indicateurs de pression des lagunes

Un groupe de 12 indicateurs décrivant les causes potentielles de dégradation de la lagune et leur évolution a été pris en compte (Tableau 8). Ces éléments servent à quantifier les pressions à l'échelle du site. Une note est attribuée à chaque indicateur selon la grille présentée dans le Tableau 8. On considère que les indicateurs de pression ont tous le même poids. La note d'évaluation finale correspond à la somme des notes des différents indicateurs. Elle varie entre 0 et -30.

Indicateur	Modalités	Note
La chasse de loisir	Pas d'activités	0
	Impact faible ou activité pratiquée de façon durable	-1
	Impact fort	-2,5
La pêche de loisir	Pas d'activités	0
	Impact faible ou activité pratiquée de façon durable	-1
	Impact fort	-2,5
Fréquentation touristique	Pas d'activités	0
	Impact faible ou activité pratiquée de façon durable	-1
	Impact fort	-2,5
Pêche professionnelle	Pas d'activités	0
	Impact faible ou activité pratiquée de façon durable	-1
	Impact fort	-2,5
Activités aquacoles	Pas d'activités	0
	Impact faible ou activité pratiquée de façon durable	-1
	Impact fort	-2,5
Activité dégradant le fond de la lagune	Pas d'activités	0
	Impact faible ou activité pratiquée de façon durable	-1
	Impact fort	-2,5
Croissance démographique du bassin versant	Impact nul	0
	Impact faible	-1
	Impact fort	-2,5
Nature des activités humaines du bassin versant	Impact nul	0
	Impact faible	-1
	Impact fort	-2,5
Imperméabilisation du bassin versant	Impact nul	0
	Impact faible	-1
	Impact fort	-2,5
La vulnérabilité du lido	Nulle	0
	Faible	-1
	Forte	-2,5
Pression de l'activité agricole sur les espaces naturels	Impact nul	0
	Impact faible	-1
	Impact fort	-2,5
Les politiques environnementales	Impact positif	0
	Faible impact	-1
	Impact nul	-2,5

2.3.4- Les indicateurs d'évaluation de l'état de conservation des oiseaux typiques des lagunes côtières salicoles et le système de notation

Le MNHN est chargé par le Ministère de l'Ecologie de l'élaboration des méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces à l'échelle du site (www.developpement-durable.gouv.fr/Evaluer-l-etat-de-conservation-des.html). Si au 25/04/2012 les premiers éléments de méthodologie concernant les habitats sont disponibles (voir chapitre précédent), ceux concernant l'état de conservation des espèces sont à venir.

la Directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992 mentionne :

« L'état de conservation d'une espèce est l'effet de l'ensemble des influences qui, agissant sur l'espèce, peuvent affecter à long terme la répartition et l'importance de ses populations sur le territoire visé à l'article 2 ;

« L'état de conservation » sera considéré comme « favorable », lorsque :

les données relatives à la dynamique de la population de l'espèce en question indiquent que cette espèce continue et est susceptible de continuer à long terme à constituer un élément viable des habitats naturels auxquels elle appartient

et

l'aire de répartition naturelle de l'espèce ne diminue ni ne risque de diminuer dans un avenir prévisible

et

il existe et il continuera probablement d'exister un habitat suffisamment étendu pour que ces populations se maintiennent à long terme. »

En l'absence de méthodologie précise, c'est sur les grandes lignes de cette définition que nous identifierons les indicateurs et le système de notation se rapportant à celui développé par le MNHN pour les habitats.

2.3.4.1- Les laro-limicoles coloniaux reproducteurs

Parmi les règles générales de pondération des paramètres utilisés pour l'évaluation de l'état de conservation, il est fait mention d'un état de référence. Cet état de référence apparaît difficile à formuler pour des espèces nomades comme les laro-limicoles coloniaux dont les effectifs et de la répartition peut varier de façon importante selon des facteurs environnementaux propres au site mais aussi de facteurs externes parfois éloignés comme ceux ayant cours dans les zones d'hivernage.

Cet état de référence sera basé à la fois sur des concepts de biologie propres à ces espèces et leur historique de l'occupation de l'espace en Camargue et sur le salin d'Aigues-Mortes.

a- La dynamique des populations

Les effectifs reproducteurs et le succès de reproduction sont deux composantes essentielles de la dynamique des populations animales. Le premier, largement utilisé dans les processus d'évaluation, permet de mesurer l'évolution de la taille des populations à une échelle donnée et de la comparer à d'autres régions. Il est

cependant très dépendant des facteurs externes. Le second trop souvent peu utilisé présente l'avantage de dépendre étroitement des conditions locales et contribue aux générations futures.

Le suivi des laro-limicoles coloniaux est mené en Camargue, Grau-du-Roi à Fos-sur-Mer, depuis 1956 et a consisté à un recensement tous les trois ans environ jusqu'en 1991. A partir de 1993, la méthode de recensements a été perfectionnée et est développée sur une base annuelle. Mis en œuvre initialement par la Tour du Valat, il est aujourd'hui coordonné par la Tour du Valat et les Amis des Marais du Vigueirat.

Le suivi consiste à recenser les effectifs reproducteurs par comptage des nids présents sur une base hebdomadaire de début mai à fin juin sur l'ensemble des colonies de Camargue. Les comptages sont réalisés à distance puis à pied jusqu'aux premières éclosions (généralement 1 à 3 visites par colonie) puis de nouveau à distance pour limiter le dérangement. Les petits laro-limicoles coloniaux sont des espèces très mobiles pendant la saison de reproduction et peuvent, en cas d'échec (perte des œufs ou des poussins), coloniser rapidement de nouveaux sites. Le suivi hebdomadaire permet ainsi de déterminer le pic d'abondance de chaque espèce sur l'ensemble de la Camargue tout en évitant les doubles-comptages. L'effectif régional pour une espèce correspond ainsi à la somme du nombre de couples de chaque colonie présente au pic d'abondance.

Les recensements sur le salin d'Aigues-Mortes n'ont pu être réalisés à partir du sol entre 2002 et 2005 et seuls des recensements aériens ont pu être pratiqués. La validité de ces recensements est fonction de la détectabilité des colonies qui varie en fonction de leur taille. Les colonies de quelques couples peuvent ainsi passer inaperçues lors des survols. Les recensements de ces quatre années sont de fait difficilement comparables aux autres années.

Le suivi des effectifs reproducteurs est accompagné du suivi du succès de la reproduction : sur un échantillon de colonies, les poussins sont recensés par classe d'âge d'une semaine à partir d'une cache mobile. Les dates de comptage sont déterminées en fonction de la date d'éclosion de chaque espèce afin de ne prendre en compte que les poussins proches de l'envol issus des pontes recensées à l'éclosion. La productivité en poussins est exprimé par le rapport du nombre de poussins proches de l'envol et du nombre de couples à l'éclosion (nombre de poussins/couple).

Ce protocole a été mis en œuvre sur les colonies du salin d'Aigues-Mortes à partir de 1993.

En raison des incertitudes du recensement et de la capacité de l'observateur à détecter tous les poussins présents, la productivité observée de chaque colonie permet de recalculer les nombres minimum et maximum de poussins produits de la façon suivante :

Productivité observée (P_{obs})	N poussins min	N poussins max
0	0	0
$0,01 < P_{eff} \leq 0,1$	$N \text{ couples} * 0,01$	$N \text{ couples} * 0,1$
$0,1 < P_{eff} \leq 0,5$	$N \text{ couples} * 0,11$	$N \text{ couples} * 0,5$
$0,5 < P_{eff} \leq 1$	$N \text{ couples} * 0,51$	$N \text{ couples} * 1$
$1 < P_{eff} \leq 1,5$	$N \text{ couples} * 1,1$	$N \text{ couples} * 1,5$
$1,5 < P_{eff} \leq 2$	$N \text{ couples} * 1,51$	$N \text{ couples} * 2$

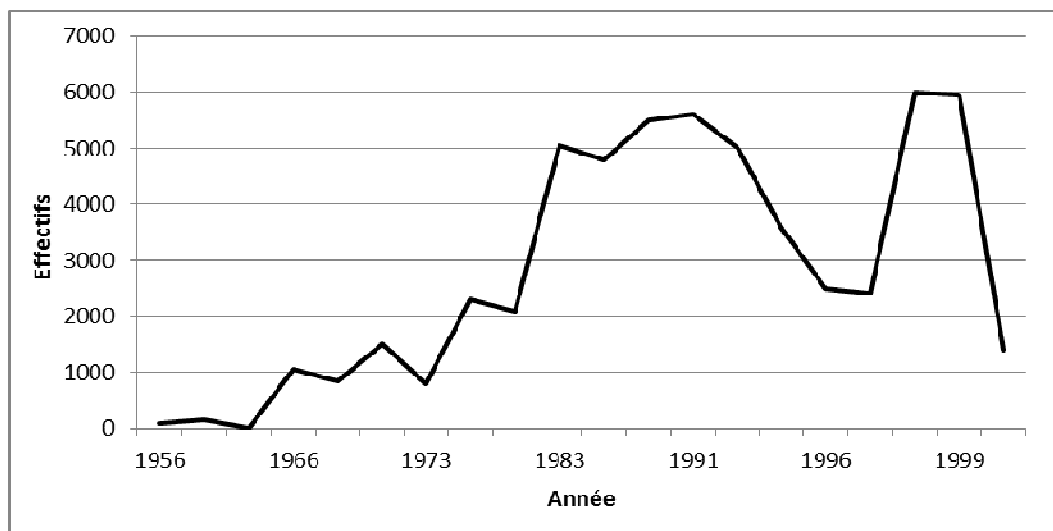
Indicateur de l'évolution des effectifs.

Les effectifs de ces espèces ont varié de façon importante sur le salin au cours de ces cinquante dernières années (Figure 1). Entre 1956 et 1973, le salin d'Aigues-Mortes est resté relativement marginal pour la nidification de la plupart de ces oiseaux. C'est à partir de 1976 que l'on assiste à une très forte croissance des effectifs de petits laro-limicoles coloniaux. Ces espèces ont vu leur nombre multiplié par 6 jusqu'à la fin des années 1980.

Au début des années 1990, la Sterne pierregarin et la Mouette rieuse montrent une forte décroissance de leurs effectifs. Cette forte diminution est compensée en partie par l'arrivée sur le salin de forts contingents de Mouette mélanocéphale, Goéland railleur et Sterne Caugek, répartis en quelques rares colonies.

À partir de l'année 2000, toutes ces espèces sans exception témoignent d'une chute importante du nombre de couples revenant à des niveaux de population que l'on n'avait plus observés depuis les années 1960 et 1970. Cette chute est d'autant plus rapide que le nombre de colonies des trois espèces précédentes était réduit. Au contraire, les effectifs de la Sterne pierregarin, de la Sterne naine ou de l'Avocette, diminuent progressivement du fait du nombre plus important de colonies (Sadoul & Pin 2006).

Graphique 4 : Évolution des effectifs reproducteurs des petits laro-limicoles coloniaux, toutes espèces confondues, sur le salin d'Aigues-Mortes, de 1956 à 2000



Source : Tour du Valat

Chez des espèces aussi mobiles, les effectifs varient très fortement d'une année à l'autre sur une localité en raison du déplacement des colonies. Par conséquent, il paraît plus pertinent de prendre en compte non pas les effectifs observés sur le salin mais la proportion qu'ils représentent à l'échelle d'une région biogéographique homogène, la Camargue.

L'état de conservation des laro-limicoles est évalué sur la proportion des effectifs salin/Camargue de chaque année de la période 2006-2011, soit les 6 dernières années durant lesquelles les recensements ont été suivis selon la même méthode.

Il est comparé à un état de référence calculé sur la période durant laquelle les laro-limicoles coloniaux ont été les plus abondants sur le salin, soit de 1982 à 1999. Les effectifs totaux toutes espèces confondues représentaient alors environ 51% des effectifs camarguais (min 35%, max 78%). A ce titre, cet état de référence apparaît comme un état particulièrement, voire exagérément, favorable. Il exprime cependant ce que le salin a pu accueillir comme effectifs et est une représentation de sa capacité d'accueil pour ces espèces.

L'état de référence est ainsi exprimé par la médiane de la proportion des effectifs salin/Camargue calculée pour chaque espèce entre 1982 et 1999 et encadrée par les premier (25%) et troisième (75%) quartiles, expression de la variation de cette médiane :

quartile 25% < médiane espèce x < quartile 75%

Une première note est attribuée pour chaque année de la période de la 2006-2011 en fonction de la position de la proportion des effectifs salin/Camargue par rapport à l'état de référence de la façon suivante :

Proportion des effectifs salin/Camargue (P_{eff})	Note
$P_{\text{eff}} = 0$	0
$0 < P_{\text{eff}} \leq$ quartile 25%	1
quartile 25% < $P_{\text{eff}} \leq$ médiane référence	2
Médiane référence < $P_{\text{eff}} \leq$ quartile 75%	3
$P_{\text{eff}} >$ quartile 75%	4

La note finale correspond à la moyenne des notes pour la période 2006-2011.

Ex : état de référence de l'espèce X = 0,3 < 0,5 < 0,7

Année	P_{eff}	Note
2006	0,1	1
2007	0	0
2008	0,25	1
2009	0,4	2
2010	0,65	3
2011	0,45	2
	Moyenne	1,5

La moyenne finale varie de 0 à 4. Egale ou supérieur à 2, elle dénote une proportion égale ou supérieure à la période de référence.

Indicateur	Moyenne finale (M)	Note d'évaluation
Proportion des effectifs salin/Camargue	$0 \leq M < 1$	-20
	$1 \leq M < 2$	-10
	$M \geq 2$	0

Indicateur de la taille des colonies.

La taille des colonies est un compartiment important pour les espèces coloniales. Elle influence à la fois le bon fonctionnement des comportements sociaux, la compétition intraspécifique pour la ressource alimentaire et la protection de la colonie vis à vis de la prédation aviaire. Le Goéland leucopnée, dont les colonies sont disséminées sur l'ensemble du salin, représente une menace potentielle pour les colonies des espèces patrimoniales. La défense de groupe contre ce prédateur est d'autant plus efficace que la taille des colonies est importante.

L'état de conservation des laro-limicoles est évalué pour cet indicateur sur la taille médiane des colonies observées entre 2006 et 2011. Dans les colonies plurispécifiques, ce sont l'ensemble des individus et des espèces qui participent à la défense de la colonie. Par conséquent, nous avons considéré la taille de la colonie comme la somme des effectifs maximums de chaque espèce présente dans la colonie.

Comme précédemment, il est comparé à un état de référence calculé sur la période 1982 et 1999. L'état de référence est ainsi exprimé par la taille médiane des colonies observées entre 1982 et 1999 encadrée par les premier (25%) et troisième (75%) quartiles.

Une note est attribuée en fonction de la position de la taille médiane des colonies 2006-2011 par rapport à l'état de référence de la façon suivante :

Indicateur	Taille médiane (T_m) 2006-2011	Note d'évaluation
Taille des colonies	$0 \leq T_m < \text{quartile } 25\%$	-10
	$\text{quartile } 25\% \leq T_m < \text{Médiane référence}$	-5
	$T_m \geq \text{Médiane Référence}$	0

En l'absence d'une espèce, une note de 10 est attribuée.

Indicateur productivités des colonies.

La productivité des colonies est un élément essentiel de la dynamique des populations. Elle exprime l'état de santé immédiat des colonies et dépend en majeure partie des facteurs environnementaux locaux.

L'état de référence peut être défini en fonction de la productivité nécessaire pour garantir un maintien des populations, *i.e.* pour compenser la mortalité des adultes et immatures. Pour des espèces longévives (forte survie) comme les laro-limicoles coloniaux, cette productivité moyenne est égale à 0,6 poussin par couple.

La sterne naine est parmi ces espèces la plus petite et la moins longévive. Le seuil de productivité moyen permettant de compenser la mortalité adulte est de 0,8 poussin par couple.

L'état de conservation des laro-limicoles coloniaux est évalué pour cet indicateur sur la productivité moyenne de chaque espèce entre 2006 et 2011.

La productivité moyenne est représentée par une fourchette min et max et est obtenue par le calcul suivant :

$$\text{Productivité min} = \Sigma (\text{Nombre de poussins min}) / \Sigma (\text{Nombre de couples})$$

$$\text{Productivité max} = \Sigma (\text{Nombre de poussins max}) / \Sigma (\text{Nombre de couples})$$

La note d'évaluation compare les productivités min et max en fonction de la productivité de référence de la façon suivante :

Indicateur	Productivité (P) 2006-2011	Note d'évaluation
Productivité	$P_{min} = P_{max} = 0$	-20
	$P_{max} < 0,3$	-15
	$0,3 \leq P_{max} < 0,6$	-10
	$P_{min} \leq 0,6 < P_{max}$	-5
	$P_{min} > 0,6$	0

En raison d'une productivité de référence différente, la note d'évaluation pour la Sterne naine est calculée de la façon suivante :

Indicateur	Productivité (P) 2006-2011	Note d'évaluation
Productivité	$P_{min} = P_{max} = 0$	-20
	$P_{max} < 0,4$	-15
	$0,4 \leq P_{max} < 0,8$	-10
	$P_{min} \leq 0,8 < P_{max}$	-5
	$P_{min} > 0,8$	0

En l'absence d'une espèce, une note de 20 est attribuée.

b- L'aire de répartition

L'évolution des effectifs traitée précédemment comme l'évolution de la proportion des effectifs nicheurs du salin d'Aigues-Mortes par rapport à ceux de l'ensemble de la Camargue intègre en partie une évolution de la répartition de ces espèces à l'échelle de cette unité biogéographique. Nous nous intéressons ici à l'aire de répartition à l'échelle du salin.

Le choix du site de nidification est fonction de deux grands ensembles de facteurs :

- la présence de zones d'alimentation à proximité, c'est à dire dans le rayon de prospection alimentaire propre à chaque espèce (environ 5km pour la Sterne naine, au delà de 20 km pour la Sterne caugek ou la Mouette mélanocéphale),
- la présence d'un site de nidification isolé de la prédation terrestre, peu dérangé et dont les caractéristiques typologiques (superficie, exposition au vent, végétation, nature du substrat) permettent l'accueil d'un nombre de couple suffisant et la protection des œufs et des poussins.

Cette situation idéale part du principe que les individus sont totalement libres de leur choix, c'est à dire qu'ils sélectionnent les sites parmi un nombre abondant, voire illimité, de possibilités.

En raison de rayons d'action importants pour la recherche alimentaire et de la diversité des habitats d'alimentation sur et aux alentours du salin, nous considérons que ces espèces sont peu contraintes par les ressources trophiques pour sélectionner une zone de nidification. Inversement, plusieurs travaux ont démontré que les sites de nidification dans les espaces lagunaires n'apparaissent pas comme une ressource abondante. Les oiseaux sont alors contraints de sélectionner les sites parmi un nombre limité de choix

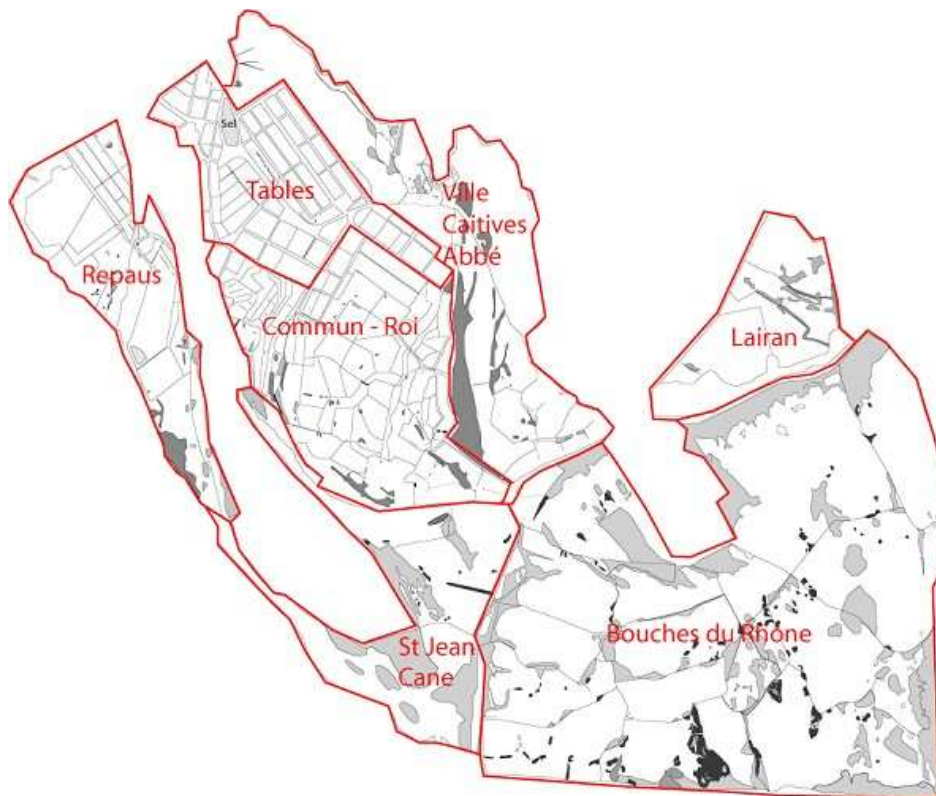
jusqu'à s'installer sur des sites de mauvaise qualité, *i.e.* la répartition des colonies sur le salin apparaît plus dépendante de la présence/absence de sites de nidification que de zones d'alimentation.

Prendre comme état de référence la répartition des colonies durant la période 1982-1999 nécessiterait de considérer cette période comme optimale. Tel n'était pas le cas, 87% des effectifs étaient alors concentrés sur les digues des tables salantes, totalement accessibles à la prédation terrestre. Les succès reproduction observés à cette période étaient alors extrêmement bas.

Le mode de distribution spatiale des oiseaux coloniaux est par définition discontinu et fortement agrégée. De ce fait, la définition d'un état de référence est délicat pour cet indicateur. Si une grande taille de colonie apparaît comme un atout pour limiter l'impact de la prédation aérienne, l'augmentation des effectifs sur un même espace présente le désavantage potentiel d'accroître la compétition intraspécifique pour la ressource alimentaire et l'attraction des prédateurs terrestres. De plus, elle augmente la proportion de la population exposée aux risques (prédation terrestre, aléas climatique localisé, dérangement).

Une répartition de référence peut alors être définie par une dispersion équilibrée des effectifs sur l'ensemble du salin opposée à une forte agrégation en un seul secteur.

Nous avons divisé le salin en 7 secteurs géographiques et nous avons calculé la proportion moyenne des effectifs que chacun de ces secteurs a accueillis entre 2006 et 2011.



Les notes d'évaluation sont attribuées en fonction du nombre de secteurs occupés et de la proportion maximale enregistrée sur l'un des secteurs. Plus le nombre de secteur est important (déplacement vers la droite dans le tableau) et plus la répartition est équilibrée (déplacement vers le bas) et plus la note est basse. Ainsi, si les effectifs sont concentrés sur un seul secteur (100%), une note de 20 est attribuée. A l'opposé, si 73

les effectifs sont répartis sur les 7 secteurs de façon équilibrée (14,3% sur chaque secteur), la note de 0 est attribuée.

Proportion (%)	Nombre de secteurs occupés						
	1	2	3	4	5	6	7
91-100	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14
81-90	-	-17	-16	-15	-14	-13	-12
71-80	-	-15	-14	-13	-12	-11	-10
61-70	-	-13	-12	-11	-10	-9	-8
51-60	-	-11	-10	-9	-8	-7	-6
41-50	-	-9	-8	-7	-6	-5	-4
31-40	-	-	-6	-5	-4	-3	-2
21-30	-	-	-	-3	-2	-1	0
11-20	-	-	-	-	-	0	0

La même méthode de notation sera appliquée pour comparaison sur 6 années entre 1993 et 1999 (l'année 1996 n'ayant pas fait l'objet de recensement).

c- Superficie des habitats d'accueil

Indicateur de l'évolution de la superficie des lagunes salicoles

L'évolution de la superficie des lagunes salicoles, en tant qu'habitat d'alimentation et de nidification des larolimicoles, est un premier indicateur d'évaluation pour ces espèces. En comparaison avec l'évaluation des lagunes salicoles, sa note d'évaluation est plus basse puisque une réduction de leur superficie n'entraîne pas une diminution proportionnelle de la capacité d'accueil pour les oiseaux.

Indicateur	Superficie entre 2006 et 2011	Note d'évaluation
Evolution de la superficie des lagunes salicoles	Stable ou en augmentation	0
	Diminution ≤ 20 %	-5
	Diminution > 20%	-10

Cet indicateur est identique pour toutes les espèces.

Indicateur de l'évolution de la superficie des habitats de nidification

Les habitats de nidification préférentiels des larolimicoles coloniaux sont les îlots isolés de la prédation terrestre. En l'absence de cet isolement, les colonies sont exposées à un risque élevé de succès de reproduction inférieur à celui nécessaire au maintien de la taille des populations.

Indicateur	Superficie entre 2006 et 2011	Note d'évaluation
Evolution de la superficie des sites de nidification	Stable ou en augmentation	0
	Diminution ≤ 20 %	-10
	Diminution > 20%	-20

Cet indicateur est identique pour toutes les espèces.

L'état de conservation sera calculé, dans un premier, pour chacune des huit espèces de laro-limicoles coloniaux. Dans un second temps, l'état de conservation de ce peuplement sera estimé à partir de la moyenne des scores obtenus pour chacune de ces espèces.

2.3.4.2-Les Flamants roses

a- La dynamique de population

Le Flamant rose exploite le salin d'Aigues-Mortes pour son alimentation tout au long de l'année. Puisque le nombre de flamants sur le site varie en fonction de la saison et des effectifs présents en France sur le littoral méditerranéen, l'évolution de son abondance sur le salin a été appréhendée au travers de ses effectifs relatifs par rapport au littoral méditerranéen pour la saison de nidification.

Les recensements des Flamants roses sont effectués sur l'ensemble du littoral par la Tour du Valat deux fois par an : en janvier et en mai. Ces comptages sont réalisés sur le salin d'Aigues-Mortes clos par clos à l'aide d'une longue vue. Sur le reste du littoral, sont combinés des recensements aériens et des comptages à partir du sol selon les localités. Hors Camargue, les recensements à partir du sol s'effectuent avec la collaboration des associations naturalistes du littoral méditerranéen français (*Arnaud & al, 2011*).

Comme pour les laro-limicoles, un état de référence est défini en se basant sur les années antérieures, de l'année 1987 (après la vague de froid de 1985 et le moment où la population méditerranéenne se rétablit) à l'an 2000. La médiane (quartile 25 et 75%) de la proportion effectifs du salin d'Aigues-Mortes/ effectifs littoral est calculée sur cette période de référence.

Ensuite, la médiane de cette même proportion effectifs du salin d'Aigues-Mortes/ effectifs littoral méditerranéen entre 2011 et 2012, P_{eff} , est calculée et une note est attribuée en fonction de sa position par rapport à l'état de référence :

Proportion des effectifs salin/littoral (P_{eff})	Note
$0 \leq P_{eff} < \text{quartile } 25\%$	-20
$\text{quartile } 25\% \leq P_{eff} < \text{médiane référence}$	-10
$P_{eff} \geq \text{Médiane référence}$	0

Ce calcul est fait pour les 2 périodes janvier et mai. On a donc un premier système de notation sur 20 (janvier) et un second (mai) sur 20.

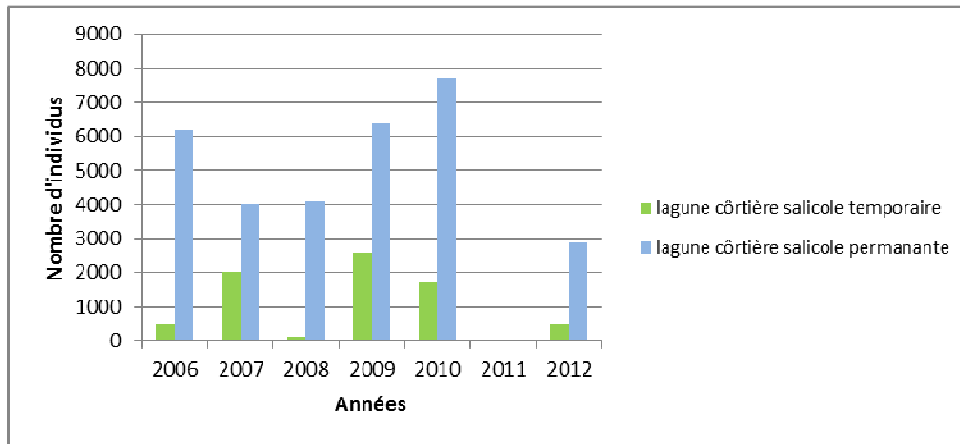
b- L'aire de répartition naturelle

En Méditerranée, la répartition des Flamants roses coïncide avec celle des salins car cet oiseau est totalement adapté à ce milieu. Il n'est gêné ni par la profondeur de l'eau (il a pied dans de nombreux étangs et peut nager), ni par sa salinité (ils sont munis d'une glande qui leur permet d'évacuer le sel par les narines) (*Arnaud & al, 2011*).

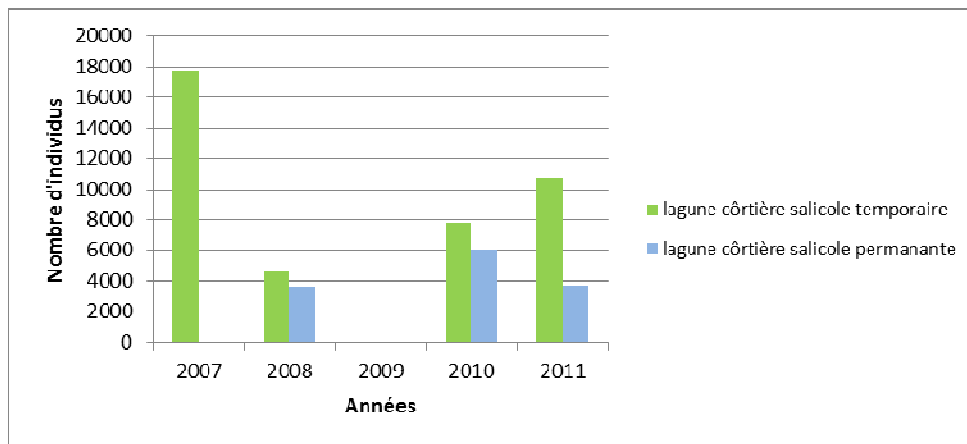
Au printemps et en été, la gestion salicole entraîne une prolifération des crustacés *Artémia* dont se nourrissent principalement les Flamants (Graphique 5).

En hiver, lorsque les Artémias disparaissent, les Flamants exploitent les bassins de salinité moyenne où ils consomment des larves de chironomides, des vers, de petits mollusques ainsi que des œufs d'Artémias (*Arnaud & al, 2011*) (Graphique 6).

Graphique 5 : Répartition des Flamants roses sur le salin d'Aigues-Mortes en fonction des différents types de lagunes de mai 2007 à mai 2011



Graphique 6 : Répartition des Flamants roses sur le salin d'Aigues-Mortes en fonction des différents types de lagunes de janvier 2006 à janvier 2012



Un état de référence est calculé en prenant en compte les mêmes années que précédemment (1987 –2000) et ce ci pour le mois de mai et le mois de janvier.

Sept grands types de lagunes salicoles ont été définis (voir **annexe ?**) :

- Lagune permanente de salinité < 40g/l
- Lagune permanente de salinité [40-70]g/l
- Lagune permanente de salinité [70-150]g/l
- Lagune temporaire de salinité [40-70]g/l
- Lagune temporaire de salinité [70-150]g/l
- Lagune temporaire de salinité [150-200]g/l
- Lagune temporaire de salinité [200-300]g/l

Pour chaque type de lagune, la médiane (+25% quartile) de la proportion des effectifs de flamants rencontrés dans chaque type de lagune / total salin entre 1987 et 2000 doit être calculée.

La même médiane P_{eff} , comme précédemment, doit être calculée et comparée à l'état de référence de la façon suivante pour chaque type de lagune.

	Indicateur	Note
Type de lagune	$0 \leq P_{eff} < \text{quartile } 25\%$	-3,3
	$\text{quartile } 25\% \leq P_{eff} < \text{médiane référence}$	-1,65
	$P_{eff} \geq \text{Médiane référence}$	0

Si tous les flamants se retrouvaient concentrés dans un seul type de lagune, la note max (3.3) serait attribuée à 6 lagunes et 0 pour la dernière. Par conséquent en faisant le somme de la note de chaque lagune, on obtient la note finale de 20 ($3.3 \cdot 6 = 19,8 = 20$).

Nous ne disposons pas du résultat des recensements par clos pour les mois de mai 2001 à 2006 et mai 2009 sur le salin d'Aigues-Mortes. Il en est de même pour les mois de janvier 2001 à 2005.

Les calculs seront donc réalisés pour mai en prenant en compte les mois de mai 2007, 2008, 2010, 2011 et pour janvier en prenant en compte les mois de janvier 2006-2010 et 2012.

Tu auras donc un premier système de notation sur 20 (janvier) et un second (mai) sur 20.

c- L'existence d'un habitat suffisamment étendu

L'évolution de la superficie des lagunes salicoles apparaît comme un indicateur de l'évolution des habitats d'alimentation des flamants. La notation a été répartie de la façon suivante :

Indicateur	Superficie entre 2006 et 2011	Note d'évaluation
Evolution de la superficie des lagunes salicoles	Stable ou en augmentation	0
	Diminution $\leq 20\%$	-10
	Diminution $> 20\%$	-20

2.4.3- Les limicoles hivernants et migrants

Pour ces espèces, la méthodologie retenue est identique à celle utilisée pour le Flamant rose. Comme seules 4 espèces sur les 15 espèces sélectionnées font partie de l'annexe I de la directive Oiseaux (Avocette élégante, Barge rousse, Gravelot à collier interrompu et Pluvier doré), l'ensemble du peuplement sans distinction d'espèce (en faisant la somme des effectifs de chaque espèce) sera considéré. La comparaison des effectifs se fera à l'échelle de la Camargue et non pas à l'échelle méditerranéenne. Dans les indicateurs de la dynamique des populations, l'indice de diversité est ajouté.

a- La dynamique de population

Une note sur 40 sera attribuée pour l'effectif et la diversité sera notée sur 20.

Pour connaître la dynamique de population des limicoles hivernants, un calcul des effectifs (nombre d'individus) sur le salin d'Aigues-Mortes et des effectifs relatifs des 4 espèces de l'Annexe I (Avocette, Barge rousse, Gravelot à collier interrompu et Pluvier doré) est calculé par rapport à la Camargue .

Les données des limicoles hivernants proviennent d'une synthèse (Tour du Valat) de dénombrement réalisé par différentes structures : Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS), les marais du Vigueirat, Parc naturel régional de Camargue, Réserve Nationale de Camargue, Parc ornithologique Pont de Gau, le Domaine de la Palissade, la Tour du Valat, les salins (Aigues-Mortes et Salin de Giraud) et enfin la Fédération Départementale des Chasseurs des Bouches du Rhône. Il faut noter que nous ne disposons pas des données de la Camargue entre 2001 à 2005, ainsi nos calculs et nos graphiques commenceront en 2006 pour la Camargue et les effectifs relatifs. Également, en 2011 il n'y a pas eu de comptage Wetland sur le salin d'Aigues-Mortes.

La Tour du Valat réalise le comptage des limicoles hivernants à la mi-janvier sur le salin d'Aigues-Mortes par un seul passage et les transmet ensuite l'organisme Wetland International. Ce comptage se réalise clos par clos, au sol et à la longue vue.

Pour les données au niveau de la Camargue, le dénombrement s'effectue également au sol à la longue vue.

Enfin, plusieurs indices de biodiversité ont été calculés, pour savoir si le salin d'Aigues-Mortes et la Camargue sont des sites d'accueil favorables. En effet, les indicateurs de biodiversité ont un double but : quantifier la « *qualité* » et la « *quantité* » de la biodiversité d'une région en étant à la fois compréhensibles et pertinents pour les acteurs politiques et d'autre part suffisamment « honnêtes » dans leurs approximations au niveau scientifique. Ils doivent pouvoir donner une vue synthétique d'un ensemble de données complexes (*Grall, 2003*).

Il existe trois indicateurs pour évaluer la biodiversité :

Le premier utilisé est celui de **Shannon-Weaver** qui est le plus couramment utilisé dans la littérature. Il est basé sur :

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

Avec :

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

p_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude, qui se calcule de la façon suivante :

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

C'est un indicateur d'équitabilité. H' est minimal (=0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce, H' est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (*Frontier, 1983*).

Le deuxième indice utilisé est celui de **Simpson** qui mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce :

$$D = \sum Ni (Ni-1)/N (N-1)$$

N_i : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité. Dans le but d'obtenir des valeurs « plus intuitives », on peut préférer l'indice de diversité de Simpson représenté par $1-D$, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0 (*Schlaepfer, Bütler, 2002*).

Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Le fait d'ajouter des espèces rares à un échantillon, ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité.

Enfin le dernier est celui de la diversité de **Hill**. Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon-Weaver et de Simpson :

$$\text{Hill} = (1/\lambda)/e^{H'}$$

$1/\lambda$: c'est l'inverse de l'indice de Simpson.

$e^{H'}$: c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. $1/\lambda$ va permettre la mesure du nombre effectif d'individus très abondants. e^H va en revanche permettre de mesurer le nombre effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares. Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1, et plus la diversité est faible. Afin de faciliter l'interprétation, il est alors possible d'utiliser l'indice 1-Hill, où la diversité maximale sera représentée par la valeur 1, et la diversité minimale par la valeur 0.

C'est l'indice de Hill qui semble le plus pertinent dans la mesure où il intègre les deux autres indices. C'est ce dernier que nous interprétons dans nos résultats.

b- L'aire de répartition naturelle

Avec une superficie actuelle de 6069 hectares de lagunes côtières salicoles, La Compagnie des salins du Midi et des salines de l'Est contrôle les hauteurs d'eau et les niveaux de salinité pour produire le sel de mer. De ce fait, si la production de sel reste telle qu'elle est organisée aujourd'hui avec un niveau de récolte actuelle, alors l'aire de répartition du système lagunaire restera stable au cours du temps.

Aussi, si la CSME assure le bon maintien et le bon fonctionnement de ces martelières et des ces pompes alors, l'assèchement de certains étangs, sera favorable à l'accueil des limicoles hivernants.

La méthodologie appliquée pour les flamants rose s'applique pour les limicoles hivernants.

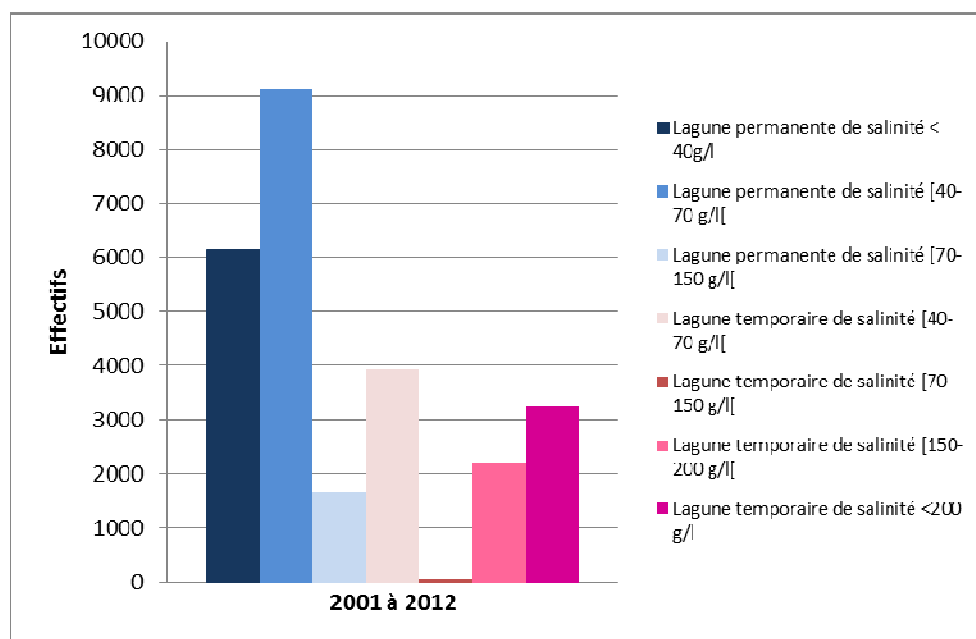
Une note sur 20 est attribuée à l'indicateur "Aire de répartition naturelle"

2.4.3.3- L'existence d'un habitat suffisamment étendu

Le salin d'Aigues-Mortes revêt une grande importance pour la halte migratoire et l'hivernage des limicoles. Il constitue l'un des rares milieux en Camargue où l'on trouve de grandes vasières dans une région caractérisée par l'absence de marée (Penloup, 2002).

Leur présence augmente à la fin de la période de production de sel, qui coïncide avec l'assèchement des étangs. Les vasières ainsi formées mettent à disposition d'importantes ressources alimentaires. La localisation des limicoles sur le site dépend des hauteurs d'eau et de la salinité. D'après les recensements des effectifs effectués par la Tour du Valat, la zone d'accueil la plus importante est la partie Bouches-du-Rhône du salin, là où les salinités ne dépassent pas les 70 g/l (Graphique 7).

Graphique 7 : Répartition des limicoles hivernants toutes espèces confondues sur le salin d'Aigues-Mortes en fonction des différents types de lagunes sur la période 2001 à 2012



Ainsi, si le salin d'Aigues-Mortes ne connaît pas une diminution de sa superficie et qu'il assure une bonne gestion de ses mouvements d'eau, alors le salin sera un milieu favorable pour l'accueil des limicoles hivernants.

La méthodologie appliquée pour les flamants rose s'applique pour les limicoles hivernants.
Une note sur 20 est attribuée à l'indicateur " L'existence d'un habitat suffisamment étendu".

2.4- Protocole et indicateurs de suivi des travaux de restauration des ilots de nidification

Le protocole et les indicateurs retenus sont développés dans la partie **2.3.4.1 - Les laro-limicoles coloniaux reproducteurs** de ce même document.

2.5- Protocole et indicateurs de suivi des travaux d'enfouissement de la ligne électrique

Deux indicateurs sont retenus pour évaluer l'impact des travaux d'enfouissement des lignes électriques : le nombre annuel de collisions entre les câbles et les oiseaux et l'état de conservation des habitats observés sous les lignes électriques.

2.5.1- Indicateurs de collision

Le nombre de collisions entre les oiseaux et les câbles électriques est évalué de façon annuelle.

Une note de 0 à -50 est attribuée à cet indicateur.

Nombre de collisions/an	Note
Nombre = 0	0
0<nombre<10	-20
5<nombre <10	-40
Nombre >10	-50

2.5.2- Indicateurs de l'état de conservation des habitats présents à proximité des lignes électriques

Sous les lignes électriques, on observe la présence de 2 habitats d'intérêt communautaires :

→ **les fourrés salés méditerranéens (*Sarcocornetea fruticosi*) (1420)**: ces formations basses et broussailleuses de Salicornes annuelles et pérennes (*Salicornia spp.*, *Sarcocornia spp.*, *Arthrocnemum spp.*), de Soudes (*Suaeda spp.*) et d'Obiones (*Halimione spp.*) en mosaïque, sont caractéristiques des zones halophiles. Elles se développent sur des sols où la nappe d'eau proche du sous-sol est salée à sursalée. Ces espèces supportent de longues périodes de sécheresse et d'immersion.

Image 39 : Fourrés salés méditerranéens



→ **Prés salés méditerranéens (*Juncetalia maritimi*) (1410) – 194 ha** : cet habitat forme souvent une mosaïque avec celui des formations basses à salicornes. Il s'agit des hautes jonchaies et des prairies halo-psammophiles. Ce sont des formations caractéristiques des zones halophiles soumises à inondation

Image 40 : Prés salés méditerranéens



Ainsi, un état de conservation de ces habitats peut-être évalué par des indicateurs cohérents décrits dans le catalogue régional des mesures de gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire établi par la DIREN. Voici ci-dessous les indicateurs utilisés pour chacun de ces habitats pour évaluer leur bon, moyen ou mauvais état de conservation.

Les notes sont calculées pour chacun des 2 habitats et ajoutées pour obtenir une note finale inférieure ou égale à -50.

VEGETATIONS PIONNIERES A *SALICORNIA* ET AUTRES ESPECES ANNUELLES DES ZONES BOUEUSES ET SABLEUSES (*SALICORNION PATULAE*, *THERO-SUAEDION SPLENDENTIS*) (1420)

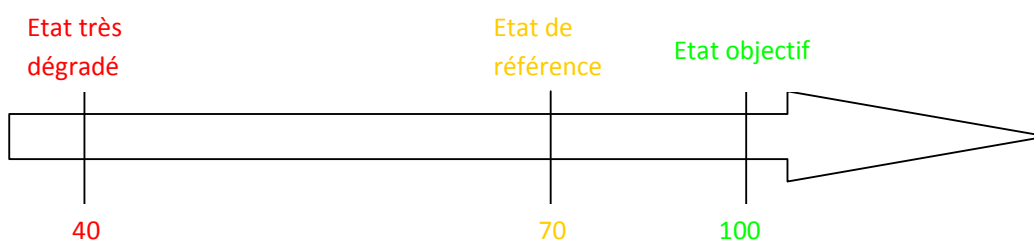
Note = 0	Note = -12,5	Note = -25
Bon	Modéré	Défavorable
Tapis herbacés annuels développés sans perturbation visible	Végétation localement détruite par des perturbations (passage de véhicules, sur piétinement - par des balades équestres notamment), < 20% de la superficie perturbée	Végétation perturbée sur plus de 20% de la superficie

PRES SALES MEDITERRANEENS (*JUNCETALIA MARITIMI*) (1410)

Note = 0	Note = -12,5	Note = -25
Bon	Modéré	Défavorable
Recouvrement sol nu lié au piétinement < 10 %	Recouvrement sol nu lié au piétinement 10 à 20 %	Recouvrement sol nu lié au piétinement > 30 %
Recouvrement litière < 10 %	Recouvrement litière 10 à 20 %	Recouvrement litière > 20 %
Pas d'espèce ligneuse (taille > 1,00 m) présente	Espèces ligneuses présentes de façon très éparse (< 1 tige par hectare)	Espèces ligneuses nettement présentes (> 1 tiges par hectare)
Absence d'espèces exotiques envahissantes	Recouvrement d'espèces exotiques envahissantes <25%	Recouvrement d'espèces exotiques envahissantes >25%

2.5.3. Synthèse globale des indicateurs de l'impact des travaux d'enfouissement des lignes électriques

Indicateurs	Paramètres	Note d'évaluation	Evaluation de l'état de conservation
Indicateur de collision	Nombre de collision par an	-50 < Note A < 0	0 < Note finale (100 + Note A + Note B + Note C) < 100
Indicateur de l'état de conservation des habitats	Etat de conservation de l'habitat 1420	-25 < Note B < 0	
	Etat de conservation de l'habitat 1410 Variation des niveaux d'eau Présence d'herbiers de phanérogames Qualité de l'eau	-25 < Note C < 0	



Bibliographie

Publications scientifiques :

- ARGAGNON.O, 2012. *Note sur l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site Natura 2000*. CBN Med, Montpellier.13 p
- BAYER, BUTTLER, FINKENZELLER, GRAU. 1990, *Guide de la flore méditerranéenne. Caractéristiques, habitat, distribution et particularités de 536 espèces*. 287 p.
- BLONDEL J., 1963. *Le problème du contrôle des effectifs du Goéland argenté (Larus argentatus michahellis Naumann) en Camargue*. Terre et Vie, vol.17. p 301-315.
- BLONDEL J. et ISENMANN P., 1971. *L'évolution récente des effectifs nicheurs de laro-limicoles en zone saumâtre de Camargue*. Alauda, vol.39. p. 29-36.
- BLONDEL J. et ISENMANN P., 1973. *L'évolution de la structure des peuplements de laro-limicoles nicheurs de Camargue*. Terre et Vie, vol. 27. p. 62-84.
- BLONDEL J. et ISENMANN P., 1981. *Guide des oiseaux de Camargue*. Ed : Delachaux & Niestlé, Paris. 344 p.
- BRITTON R. et JOHNSON R., 1987. *An Ecological Account of a Mediterranean Salina: The Salin de Giraud, Camargue (S.France)*. Station biologique de la Tour du Valat. Biological Conservation n°42 p 185-230.
- CADIOU B., PONS J-M. et YESOU P., 2004. *Oiseaux marins nicheurs de France métropolitaine (1960 - 2000)*. Éditions Biotope, Mèze, 218 pages.
- CARNINO. N, 2009. *État de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site. Méthode d'évaluation des habitats forestiers*. MNHN/ONF, Paris. 200 p.
- FRONTIER S., 1983, *Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*, 1ere édition Dunod, 558 p.
- GRALL J., 2003. *Traitement des données stationnelles (faune)*, REBENT, 10 p.
- GRILLAS P., 2001. *Guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéennes. 2: Les espèces. Région Languedoc Roussillon Montpellier*, 241 p.
- ISENMANN P., JOHNSON A., HAFNER H., KAYSER Y., LEFEBVRE G., MATHEVET R., PINEAU O., POULIN B., SADOUL N., BARBRAUD C., TAMISIER A., 2004. *Les oiseaux de Camargue et leurs habitats. Une histoire de cinquante ans 1954-2004*. Ed : Buchet/Chastel, Paris. 300 p.
- KOROVESSIS N. et LEKKAS T., 1999. *Solar saltworks production process evolution-wetland function*. Hellenic Saltworks et University of the Aegean, Athens, Greece in Symposium on "Saltworks: preserving saline coastal environment", Global NEST, Hellenic saltworks S.A.
- LAURET M., 2011, *Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon*, IFREMER, RSL, 148 p.
- MNHN (Muséum National d'Histoire Naturelle, service du patrimoine naturel), Conservatoire Botanique National de Porquerolles, 1995. *Livre Rouge de la Flore Menacée de France*. Ministère de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages. Collections Patrimoines Naturels vol. 20, 500p.

- PENLOUP A., 2002. *Pôle relais lagunes méditerranéennes. Programme d'actions*, Station Biologique Tour du Valat Arles, 36p
- PERENNOU C., SADOUL N., PINEAU O., JOHNSON A. et HAFNER A., 1996. *Gestion des sites de nidifications des oiseaux d'eau coloniaux*. Conservation des zones humides méditerranéennes n°4. Ed : MedWet, Tour du Valat, Camargue France.114p.
- PERTHUISOT J.P., 1982. *Introduction générale à l'étude des marais salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France). Le cadre géographique et le milieu. Géologie Méditerranéenne, Données Hydro chimiques, Biologiques, Isotopiques, Sédimentologiques et Dia génétiques sur les Marais Salants de Salin de Giraud, Sud de la France.* (Greco 52 du CNRS) Tome IX, n°4, p. 309-328.
- PIN C., SADOUL N., SEJOURNE S, 2006. *Bilan du suivi des populations de laro-limicoles sur le Salin d'Aigues-Mortes- Saison 2006*. Les amis du Vigueirat et CSME, publication interne. 14 p.
- PIN C., SADOUL N., SEJOURNE S, 2008. *Bilan et suivi des aménagements ornithologique réalisé sur le Salin d'Aigues-Mortes- Saison 2008*. Les amis du Vigueirat et CSME, publication interne. 26 p.
- PIN C., SADOUL N., SEJOURNE S, 2009. *Bilan et suivi des aménagements ornithologique réalisé sur le Salin d'Aigues-Mortes- Saison 2009*. Les amis du Vigueirat et CSME, publication interne. 29 p.
- PIN C., SADOUL N., SEJOURNE S, 2010. *Bilan et suivi des aménagements ornithologique réalisé sur le Salin d'Aigues-Mortes- Saison 2010*. Les amis du Vigueirat et CSME, publication interne. 26 p.
- SADOUL N., JOHNSON A. R., WALMSLEY J. G. and LEVEQUE R., 1996. *Changes in the numbers and the distribution of colonial charadriiformes breeding in the Camargue, Southern France*. Colonial Waterbirds 19 (Special Publication 1). p. 46-58.
- SADOUL N., WALMSLEY J. et CHARPENTIER B., 1998. *Les salins entre terre et mer*. Conservation des zones humides méditerranéennes n°9. Ed : MedWet, Tour du Valat, Camargue France.95p.
- SADOUL N., 2004. *Le suivi des laro-limicoles sur le littoral méditerranéen français*. Tour du Valat, Camargue, France. 11p.
- SCHLAEPFER R, BÜTLER R., 2002, *Analyse de la dynamique du paysage*, Fiche d'enseignement 4.2, École polytechnique de Lausanne, 1p.
- WETLANDS INTERNATIONAL, 2006. *Waterbird Population Estimates-Fourth Edition*. Wageningen, The Netherlands, Wetlands International.

Documents techniques de gestion :

- CSME, 2008. *Plan de gestion environnementale du salin d'Aigues-Mortes (2008-2013 (Camargue France))*. 188p.
- DAVID F., 2006. *Mis en place d'une base de données géoréférencées comme outil d'aide à la gestion des espaces saliniers d'Aigues-Mortes*. Mémoire, Cartographie des Territoires et Système d'Information Géographique, Université Paul-Valéry Montpellier III.178p.
- PALLU C., 2006. *Site Natura 2000 de Petite Camargue. Diagnostic écologique du salin d'Aigues-Mortes (Gard, France) et préconisations de gestion du milieu naturel*. Mémoire de M2 Environnement et Ecologie, université Paris-Sud 11. 45p.
- Syndicat mixte de Camargue gardoise (SMCG), 2006. *DOCOB NATURA 2000 « Petite Camargue »*. Document de travail. ~ 200p.

VANDEWALLE P., COULET E. et CHERAIN Yves, 2001. *Plan de gestion 2001-2005 de la Réserve Nationale de Camargue*. 89p.

VIANET R., oct. 2006. *Étude préalable à la désignation du site Camargue dans le réseau Natura 2000*. Parc Naturel Régional de Camargue. 126 p.

Documents de communication grand public :

MAB France, 2000. *Les réserves de biosphère, des territoires pour l'homme et la nature*. UNESCO. Ed. Octavius Gallimard. 21p.

SEJOURNE. S, 2009. *L'actualité « espaces naturels » des salins*, Horizon Sel, N°2, Décembre 2009

SEJOURNE. S, 2010. *L'actualité « espaces naturels » des salins*, Horizon Sel, N°3, Mars 2010

SEJOURNE. S, 2010. *L'actualité « espaces naturels » des salins*, Horizon Sel, N°4, Juin 2010

SEJOURNE. S, 2012. *L'actualité « espaces naturels » des salins*, Horizon Sel, N° 7, 1^{er} semestre, 2012

Références Internet :

Site Internet du PNR de Camargue, [en ligne], disponible sur : www.parc-camargue.fr , (consulté en mars 2012)

Site Internet du SMCG, centre du Scamandre, [en ligne], disponible sur : www.camarguegardoise.com , (consulté en mars 2012).

Site Internet de la DIREN LR, [en ligne], disponible sur : www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr, (consulté en avril 2012).

Site Internet des Salins [en ligne], disponible sur : <http://www.salins.fr/index.php> , (consulté en mars 2012)

Site Internet des cahiers CORINE BIOTOPE, [en ligne], disponible sur : www.natura2000.espaces-naturels.fr/biotope/base.asp?dossier=biotope&fichier=base&hab=15, (consulté en mai 2012).

Site Internet des cahiers d'habitats Natura 2000, [en ligne], disponible sur : <http://natura2000.environnement.gouv.fr/habitats/cahiers.html>, (en mai 2012).

Site Internet du RSL, [en ligne], disponible sur : www.rsl.cepralamar.com, (consulté en mars 2012).

Site du Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon, [en ligne], disponible sur : www.cenlr.org , (consulté en avril 2012)

Site Internet INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel) du MNHN (Muséum National d'Histoire Naturel), [en ligne], disponible sur : <http://inpn.mnhn.fr/> , (consulté en mai 2012)

Annexes

Annexe 1 : Localisation des 2 Sites RAMSAR sur le salin d'Aigues-Mortes

Annexe 2 : Arrêté du 25 avril 2006 portant désignation de la ZPS Petite Camargue laguno-marine

Annexe 3 : Liste des espèces végétales observées sur le salin d'Aigues-Mortes

Annexe 4 : Liste des espèces d'oiseaux observés sur le salin d'Aigues-Mortes et statuts de protection

Annexe 5 : Fiche lagune côtières salicoles (DOCOB Petite Camargue)