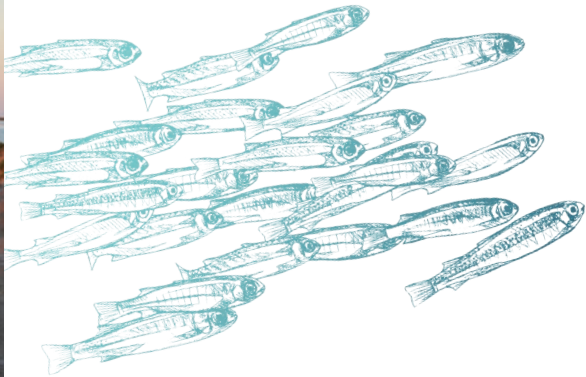


LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

DANS LES ANCIENS
SALINS DE CAMARGUE

SCIENCES & GESTION



Institut de recherche
pour la conservation
des zones humides
méditerranéennes







La Tour du Valat est un centre de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes créé il y a plus de 60 ans par Luc Hoffmann. Depuis lors, elle a développé ses activités de recherche avec le souci constant de mieux comprendre ces écosystèmes pour mieux les gérer.

Convaincue que ce n'est qu'en conciliant activités humaines et conservation du patrimoine naturel que les zones humides pourront être préservées, la Tour du

Valat développe depuis de nombreuses années des programmes de recherche et de gestion intégrée favorisant les échanges entre usagers et scientifiques, et promeut les avantages des zones humides auprès des décideurs.

SUIVEZ-NOUS SUR : WWW.TOURDUVALAT.ORG

-  Facebook Tour du Valat
-  Twitter@TourduValat
-  LinkedIn Tour du Valat
-  Vimeo Tour du Valat

AUTEURS PRINCIPAUX :

Lorena Segura, Marc Thibault et Brigitte Poulin

CONTRIBUTEURS :

Lisa Ernoul et Marion Péguin

REMERCIEMENTS :

Coralie Hermeloup, Jean Jalbert, Yves Chérain, Benjamin Bricault, Emilie Luna-Laurent et Delphine Nicolas

CITATION :

L. Segura, M. Thibault & B. Poulin. *Les solutions fondées sur la nature dans les anciens salins de Camargue*. Tour du Valat. 2018. France.

MAQUETTE :

Guillaume Baldini - Décembre 2018

IMPRIMÉ PAR :

Pure Impression - Février 2019 avec des encres végétales sans solvant et sur papier 100 % recyclé

ILLUSTRATIONS :

Cyril Girard

PHOTOS DE COUVERTURE :

M. Gauthier Clerc / Tour du Valat et Bureau des Guides Naturalistes (couverture). M. Thibault (quatrième de couverture)

AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :



Cette publication a été soutenue par la Commission européenne à travers le financement LIFE ONG. Ce document reflète uniquement le point de vue des auteurs et son contenu ne peut aucunement être considéré comme reflétant le point de vue de la Commission européenne.

SOMMAIRE

Les Solutions fondées sur la nature : de quoi s'agit-il?	5
Le concept des Solutions fondées sur la nature	5
Les Solutions fondées sur la nature : des avantages pour les populations et l'environnement	6
Les Solutions fondées sur la nature : une reconnaissance internationale	7
Les écosystèmes de zones humides comme zones tampons climatiques naturelles	9
Les anciens salins de Camargue	11
Contexte historique : la transformation des zones humides côtières pour la production industrielle de sel	12
Des écosystèmes importants situés sur le territoire	13
La nouvelle vie des anciens salins	15
Nouvelle administration et nouveaux objectifs	15
Nouveaux défis : dynamique côtière et élévation du niveau marin	16
Nouvelle stratégie : transformer les anciens salins en une zone tampon afin de limiter les effets de l'élévation du niveau marin	17
Évaluation des solutions fondées sur la nature appliquées aux anciens salins de Camargue	20
Évaluation environnementale	20
Évaluation sociale (bien-être des populations humaines)	26
Évaluation économique	28
Conclusions	33

**LES SOLUTIONS
FONDÉES SUR LA NATURE**
**LEÇONS TIRÉES DE LA
RESTAURATION D'ANCIENS SALINS
DANS LE SUD DE LA FRANCE**

INTRODUCTION

Le changement climatique provoque des phénomènes météorologiques extrêmes tels que des sécheresses, des inondations, des canicules et des cyclones. Ces événements affectent déjà les écosystèmes et la biodiversité, ont des incidences sur le bien-être des populations humaines, et entraînent des pertes économiques et des menaces pour les vies humaines^{1, 2}. La région méditerranéenne est particulièrement menacée, avec un niveau marin qui pourrait s'élever de 10 à 25 cm d'ici à 2050³. L'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets constituent donc une priorité majeure.

LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE : DE QUOI S'AGIT-IL ?

LE CONCEPT DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) définit les Solutions fondées sur la nature comme des stratégies appliquées à l'échelle du paysage et conçues pour protéger, gérer durablement et restaurer les écosystèmes naturels ou modifiés. Les Solutions fondées sur la nature (SfN ou NbS pour Nature-based Solutions) utilisent une approche de gestion adaptative pour faire face aux changements sociétaux (changement climatique, sécurité alimentaire et approvisionnement en eau, pollution de l'eau, santé humaine et catastrophes naturelles) tout en assurant le bien-être des populations humaines (services écosystémiques) et en soutenant la biodiversité⁴ (figure 1).

Les SFN recherchent des techniques alternatives pour travailler « avec » les écosystèmes plutôt que de compter uniquement sur des solutions d'ingénierie conventionnelles pour contrecarrer les forces de la nature.



Figure 1.
Schéma des Solutions
fondées sur la nature
©IUCN

LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE (SFN) : DES AVANTAGES POUR LES POPULATIONS ET L'ENVIRONNEMENT

Les infrastructures en béton (appelées infrastructures grises) ne peuvent pas toujours résister aux changements tels que l'élévation du niveau marin ni les compenser, et nécessitent un entretien et des ajustements réguliers. De plus, ces infrastructures artificielles ont tendance à causer une érosion indésirable en d'autres lieux et à accentuer la fragmentation des écosystèmes, ce qui aboutit souvent à des paysages stériles. Par ailleurs, la construction de telles structures est indirectement liée à des activités ayant des incidences négatives indirectes comme l'extraction et le transport de matériaux⁶ (figure 2).

Les Solutions fondées sur la nature constituent donc une alternative attrayante pour la gestion des risques naturels et la protection de la biodiversité. Elles permettent de trouver des solutions durables pour faire face aux changements et aux risques environnementaux à long terme. Elles comprennent des solutions entièrement naturelles, des solutions naturelles gérées, des solutions mixtes et de l'ingénierie structurelle respectueuse de l'environnement⁵. Elles permettent aussi d'élargir le débat sur la biodiversité et la conservation de la nature pour y inclure les populations humaines en intégrant des facteurs sociétaux tels que le bien-être humain, le développement socio-économique et les principes de gouvernance.

Il a été scientifiquement prouvé que les zones humides, les forêts, les systèmes côtiers et d'autres écosystèmes sains et résilients peuvent considérablement réduire les effets de l'exposition aux risques naturels en servant de barrières de protection ou de zones tampons^{2, 6, 7}. Des chercheurs néerlandais ont par exemple effectué des mesures sur plusieurs marais, et ont ainsi vérifié que les zones humides végétalisées – telles que les marais salés, les mangroves et les roselières – aident à atténuer la charge des vagues sur les digues côtières en diminuant leur force et leur intensité⁸.



Figure 2.

Brèches dans la digue littorale des anciens salins de Camargue.

© M. Thibault / Tour du Valat

À la suite de ces recherches, les scientifiques ont conclu que la restauration de tels écosystèmes pouvait compléter les méthodes d'ingénierie conventionnelle pour répondre aux besoins sociétaux en matière de protection contre les inondations, d'infrastructures et de production de ressources alimentaires, tout en favorisant la biodiversité et d'autres services écosystémiques (figure 3).

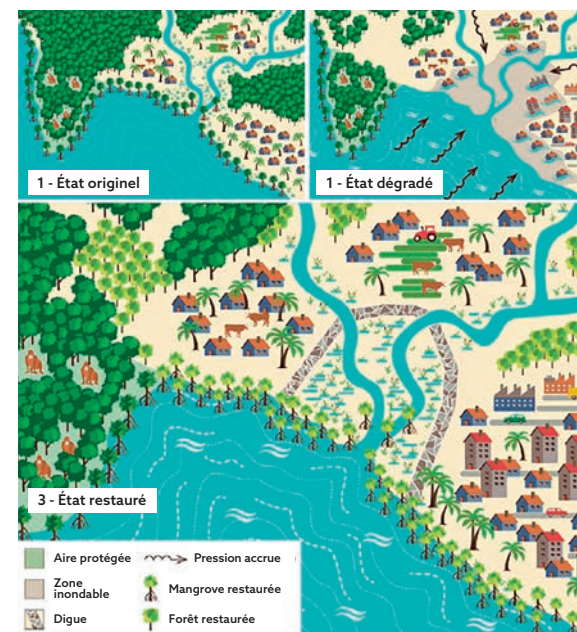


Figure 3.

Solutions fondées sur la nature utilisées conjointement au développement d'infrastructures.

© IUCN

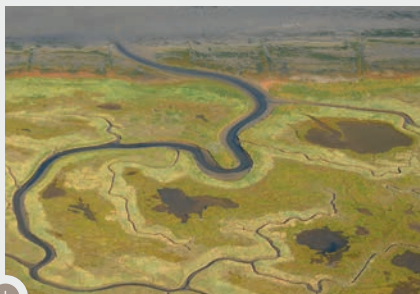
LES SFN : UNE RECONNAISSANCE INTERNATIONALE

L'approche des Solutions fondées sur la nature est très largement acceptée au sein des cadres politiques mondiaux, notamment par la Convention sur la diversité biologique (2014), la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), le Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNISDR), l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), la Banque mondiale, le Partenariat pour l'environnement et la réduction des risques de catastrophes (PERRC) et le nouveau programme de l'ONU pour les villes – Habitat III.

Horizon 2020, le Programme-cadre de l'Union européenne pour la recherche et l'innovation, a intégré l'approche des Solutions fondées sur la nature dans son plan de travail, et travaille à la définition, la diffusion et la mise en œuvre de cette approche afin d'accroître la sensibilisation et la mobilisation des utilisateurs finaux, et d'orienter l'offre et la demande vers des solutions fondées sur la nature.

Il existe de nombreux exemples montrant de quelles manières les Solutions fondées sur la nature fournissent des résultats positifs (tant pour l'environnement que pour les sociétés humaines) dans divers paysages et écosystèmes du monde entier. Des exemples d'études de cas en Europe sont présentés ci-dessous.

ENCADRÉ 1 ÉTUDES DE CAS DE SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE



© Eckard Boot Natuurmonumenten

Défi pour la société

Risques côtiers

Exemple de SFN

Création d'une zone tampon et restauration écologique de zones humides¹⁴ (Rhin, Pays-Bas)

Zones tampons climatiques naturelles :

Restauration de zones naturelles pour stocker l'eau et éviter les inondations dans les zones urbaines et agricoles.

Cette stratégie comprend :

- le déplacement de digues pour libérer de l'espace pour l'écoulement des cours d'eau ;
- la restauration de marais salés côtiers pour rétablir leur dynamique sédimentaire, compenser l'élévation du niveau marin et rétablir les connexions hydrauliques pour les poissons migrateurs.

Défi pour la société

Atténuation des risques d'inondation

Exemple de SFN

Restauration hydromorphologique de cours d'eau (Bolzano, Italie)

La rivière Mareta dans le nord de l'Italie, était jalonnée de nombreuses infrastructures et avait été exploitée pour l'extraction de sédiments. Ces actions avaient rétréci son lit et supprimé les zones de rétention d'eau, exposant le bassin du Vipiteno à des risques accrus d'inondation.



© CIRF

30 ans plus tard, des actions de restauration morphologique ont été menées pour élargir et recréer le lit de la rivière. Ces travaux comprenaient la destruction ou le remodelage de 17 seuils ainsi que le réapprovisionnement en gravier (130,000 m³) sur un linéaire de 2 km.

LES ÉCOSYSTÈMES DE ZONES HUMIDES COMME ZONES TAMPONS CLIMATIQUES NATURELLES

Des zones humides en bon état écologique sont essentielles pour atténuer les effets négatifs du changement climatique en agissant comme zones tampons climatiques naturelles. Les zones humides associées aux zones côtières, cours d'eau et lacs, peuvent stocker et ralentir la circulation de l'eau lors des inondations. Ces systèmes peuvent contribuer à stabiliser les débits, réduire les pics de crue et les risques d'inondation pour les villes et les autres infrastructures importantes¹⁷ (voir l'encadré 2 à propos de leur importance face aux intrusions marines). Ces zones tampons climatiques naturelles évoluent avec le changement climatique et s'y adaptent tout en améliorant la qualité de vie des populations humaines et la conservation de la biodiversité.

Les mangroves, par exemple, sont largement reconnues en tant que barrières protégeant les côtes des inondations. Dans le monde entier, des pays tels que le Costa Rica, les États-Unis, le Vietnam, la Thaïlande, le Mexique (figure 4) et les Philippines investissent dans la restauration des mangroves afin de préserver leurs moyens d'existence, de protéger les sols et la pêche, et de favoriser la séquestration du carbone^{6, 15}. Lorsque les zones humides ont été endommagées par un drainage excessif, du surpâturage ou d'autres pressions, elles libèrent du carbone et contribuent ainsi au changement climatique. C'est pourquoi la conservation et la gestion adéquate des zones humides peuvent non seulement stopper ces émissions de carbone, mais aussi soutenir la capture et le stockage de ce gaz, atténuant ainsi le changement climatique¹⁶.



Figure 4.

Mangroves à Celestún, Mexique

© E. Estevez Aguilar

LA RESTAURATION DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS PEUT RÉDUIRE LE COÛT DES INONDATIONS

Le niveau marin a augmenté de 20 cm en moyenne depuis 1900, et la plupart des modèles laissent supposer qu'il pourrait continuer à monter de 26 cm à 1 m d'ici à la fin du siècle¹⁹. Les scénarios du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat prévoient qu'une élévation moyenne du niveau marin de 30 cm d'ici à 2100 sur les côtes européennes pourrait entraîner le déplacement permanent de plus de 10 000 personnes en raison d'inondations annuelles.

Si le niveau de la mer augmentait de plus de 45 cm, près de 440 000 Européens seront obligés de quitter leur domicile de façon permanente¹⁷. Les inondations constituent le risque naturel le plus fréquent, affectant plus de personnes et de pays que tout autre risque naturel¹⁸. Les pays de l'Union européenne qui risquent de subir le plus de dommages économiques d'ici à 2080 sont les Pays-Bas (avec des dommages prévus s'élevant en moyenne à 6 milliards d'euros par an), suivis de la France, du Royaume-Uni et de l'Allemagne (entre 3 et 4 milliards d'euros par pays)¹⁹ (figure 5).

Selon le Ministère français de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM), les risques d'intrusion marine en France concernent actuellement plus de 860 communes et pourraient toucher 1,4 million d'habitants et 570 000 logements.



Figure 5.

La tempête Kyrill a frappé le nord de l'Europe.

© Philippe Huguen

Compte tenu des fortes incertitudes concernant l'ampleur de l'élévation du niveau marin dans le futur, l'approche des Solutions fondées sur la nature est souvent plus appropriée et moins coûteuse¹⁸ que la construction d'infrastructures grises moins adaptables. Les zones humides nouvellement créées ou l'extension de zones humides existantes aux Pays-Bas ont déjà prouvé leur efficacité en tant que mesures naturelles fiables de rétention des eaux pour amortir les inondations liées aux cours d'eau. En s'inspirant de l'exemple des Pays-Bas, de nombreux pays pourraient mettre en œuvre ces solutions alternatives dans leurs stratégies d'action nationales, et remplacer des infrastructures grises par des infrastructures vertes afin d'atténuer les effets du changement climatique, le cas échéant.

LES ANCIENS SALINS DE CAMARGUE

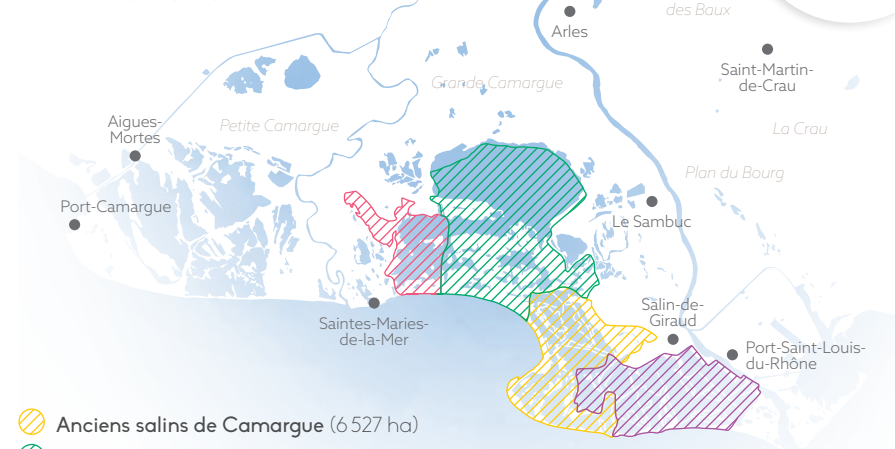
Le delta du Rhône est également appelé la Camargue. Il est situé sur la côte méditerranéenne au sud de la France, à l'ouest de Marseille. Il couvre 140 000 hectares, comprenant des terres agricoles et une diversité exceptionnelle de zones humides et d'écosystèmes côtiers. Des projections récentes estiment que la Camargue sera de plus en plus vulnérable à l'érosion côtière et aux risques de submersion marine¹⁹, avec des épisodes d'élévation extrême du niveau marin associés aux tempêtes, qui pourraient atteindre en 2100 entre 1,6 et 1,8 mètre au-dessus du niveau marin moyen actuel²⁰.

Les anciens salins sont situés au sud-est du delta du Rhône, dans le Parc naturel régional de Camargue et dans la Réserve de biosphère de l'UNESCO. Ce site représente une vaste zone côtière de plus de 6 500 ha qui s'étend sur les communes d'Arles et des Saintes-Maries-de-la-Mer (figure 6).

Figure 6.

Les anciens salins de Camargue

© L. Willm / Tour du Valat



- Anciens salins de Camargue (6 527 ha)
- Réserve naturelle nationale de Camargue (13 200 ha)
- Espaces naturels sensibles du Département des Bouches-du-Rhône (3 800 ha)
- Salins exploités (7 200 ha)

CONTEXTE HISTORIQUE : LA TRANSFORMATION DES ZONES HUMIDES CÔTIÈRES POUR LA PRODUCTION INDUSTRIELLE DE SEL

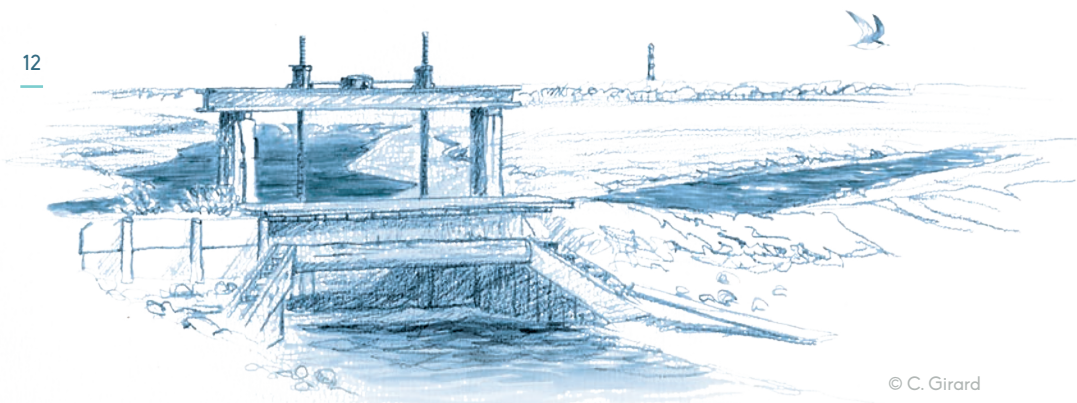
Les salins de Salin-de-Giraud ont été créés en 1855 et se sont progressivement développés aux XIX^e et XX^e siècles. La zone actuellement connue en tant qu'anciens salins de Camargue est restée inexploitée jusque dans les années 1950. Puis, entre 1950 et 1970, ces terrains ont été transformés et aménagés pour la production industrielle de sel.

Au cours de la période de production industrielle de sel, la société des Salins du Midi a entrepris d'importants travaux d'infrastructure (nivellement, digues, création d'ouvrages hydrauliques, électrification, etc.) visant à transformer les zones de végétation halophile méditerranéenne (sansouires), les vasières et les lagunes en bassins d'évaporation et de concentration du sel qui constituent aujourd'hui des salins abandonnés. La dynamique de l'eau et les conditions écologiques, telles que les niveaux d'eau et la salinité, ont été largement transformées au cours des 50 années de production de sel. Les plans d'eau étaient déconnectés des sous-bassins versants environnants, et l'eau de mer était pompée au printemps et en été pour alimenter les bassins d'évaporation. Des digues littorales permettaient un contrôle total des intrusions marines. Ces mécanismes imposaient des niveaux d'eau élevés en été et bas en hiver, ce qui est à l'opposé de la dynamique naturelle en climat méditerranéen.

Le site a connu des difficultés économiques à partir des années 1990 et en 2007, la société des Salins du Midi a décidé de vendre une partie des salins.

En 2011, le site a été acheté par le Conservatoire du Littoral. Sa vocation principale est alors passée de la production de sel à la conservation des zones humides. Un processus de restauration par une gestion adaptative a été mis en place par le Parc naturel régional de Camargue (gestionnaire coordinateur) en partenariat avec la Tour du Valat et la Société nationale de protection de la nature (cogestionnaires) sous l'égide du Conservatoire du Littoral (propriétaire).

Les principaux objectifs étaient de restaurer les processus hydrologiques naturels en reconnectant les lagunes du site entre elles, mais aussi avec les écosystèmes aquatiques environnants et avec la mer.



Ce site accueille une biodiversité importante et sert de zone tampon protégeant des intrusions marines. Une des ambitions principales du projet de restauration est de favoriser la biodiversité, mais le site offre également des espaces dédiés à l'atténuation des effets de l'élévation du niveau marin. Cela répond à des recherches scientifiques récentes qui recommandent d'élargir « l'espace d'accueil » des écosystèmes en utilisant « des caractéristiques naturelles et fondées sur la nature »¹⁹.

DES ÉCOSYSTÈMES IMPORTANTS SITUÉS SUR LE TERRITOIRE

Les anciens salins font partie du site Ramsar « Camargue » et comprennent des lagunes littorales, des steppes méditerranéennes salées, des dunes côtières et des dunes boisées (Pin parasol - *Pinus pinea* (figure 7) et Pin maritime - *Pinus pinaster*). Ils font partie du réseau Natura 2000 avec 17 habitats dont la conservation est visée par la Directive européenne Habitats-Faune-Flore. Ils abritent 315 espèces de plantes (dont 25 espèces protégées), 268 espèces d'oiseaux et constituent un important site de reproduction du Flamant rose (*Phoenicopterus roseus*). Il s'agit également d'un lieu important pour les activités humaines telles que le tourisme, les sports nautiques et la chasse.



Figure 7.

Dune côtière à pin parasol (*Pinus pinea*) et mare temporaire.

© M. Thibault / Tour du Valat

Le pompage de l'eau de mer pendant les mois d'été pour la production de sel avait fait monter le niveau de l'eau et avait entraîné la perte de grandes surfaces de végétation halophile méditerranéenne à *Salicornia* et *Arthrocnemum* - sansouires (figure 8).

Un grand nombre de poissons marins étaient aspirés par la station de pompage, une partie parvenait à se maintenir dans les lagunes situées au début de la voie de circulation de l'eau, où la salinité était encore suffisamment basse pour permettre la survie de certaines espèces de poissons (par ex. l'Anguille d'Europe, les athérines, les mullets), mais la plupart ne réussissaient pas à retourner en mer. De plus, le long de la voie de circulation de l'eau, la salinité croissante (jusqu'à 150 g de sel par litre d'eau) constituait également un obstacle aux populations de poissons et à la survie de la majorité des espèces aquatiques. La plupart des espèces de canards hivernants (à l'exception des tadornes) comptaient également parmi les autres populations animales clairement touchées.

D'autre part, certaines populations d'oiseaux d'eau – dont l'Avocette élégante, le Goéland rائلeur, la Mouette mélanocéphale et plusieurs espèces de sternes – ont connu une augmentation spectaculaire au début de la période d'exploitation des salins. Cela était dû au fait que les niveaux d'eau élevés maintenus artificiellement pendant la période de reproduction empêchaient les prédateurs terrestres d'atteindre les îlots de nidification situés dans les lagunes. Toutefois, le régime hydraulique stabilisé et prévisible ainsi créé a également contribué à favoriser l'augmentation rapide de la population de Goéland leucophée, un oiseau de plus grande taille, qui a finalement supplanté les autres espèces coloniales plus petites, entraînant ainsi un déclin important des populations d'oiseaux d'eau coloniaux.

Cependant, la période de production de sel a été très favorable à la nidification du Flamant rose. Après des siècles de reproduction irrégulière de l'espèce en Camargue, la construction d'un îlot de nidification dans les salins a créé des conditions idéales lui permettant de se reproduire avec succès chaque année à partir de 1977.

Lorsque le Conservatoire du littoral a acheté le site, l'occasion s'est présentée de restaurer l'écosystème, de rétablir sa fonctionnalité et les services écosystémiques associés, y compris les habitats des espèces, les corridors de migration des poissons, la zone tampon de protection contre les intrusions marines, et la qualité paysagère pour les activités de loisir.

Figure 8.

Zone de végétation halophile méditerranéenne (sansouïères) avec des salicornes (*Salicornia*)

© M. Thibault / Tour du Valat



LA NOUVELLE VIE DES ANCIENS SALINS

NOUVELLE ADMINISTRATION ET NOUVEAUX OBJECTIFS

Depuis l'acquisition des anciens salins par le Conservatoire du littoral, une nouvelle gestion a été mise en place avec de nouveaux objectifs, en appliquant une gestion adaptative face à l'élévation du niveau marin afin de renforcer les habitats propices à la biodiversité. La nouvelle stratégie comprend l'abandon des digues littorales et l'adaptation et le renforcement des digues situées plus à l'intérieur des terres.

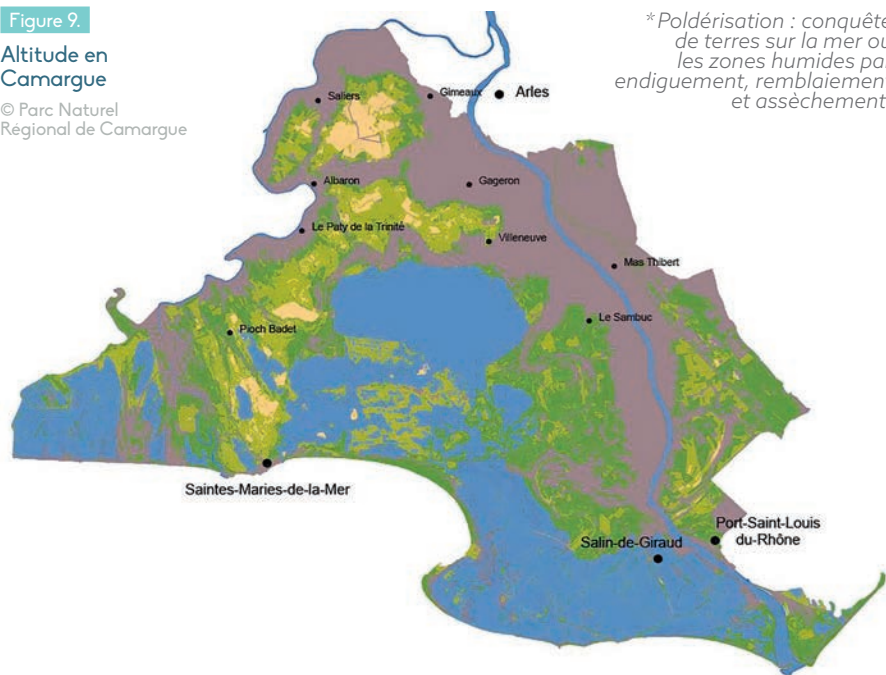
Les objectifs de gestion des anciens salins de Camargue définis par le Conservatoire du littoral sont les suivants :

- 1 **Rétablir un fonctionnement hydrologique plus naturel** qui reconnecte les hydrosystèmes environnants (incluant les lagunes situées plus à l'intérieur des terres, la mer Méditerranée et le Rhône).
- 2 **Restaurer les caractéristiques des écosystèmes naturels** des lagunes littorales et des fronts de mer sableux, notamment des dunes, des steppes salées et des marais salés.
- 3 **Maintenir ou augmenter la capacité d'accueil** des milieux pour la nidification des oiseaux d'eau coloniaux.
- 4 **Mettre en œuvre une gestion adaptative face à l'élévation du niveau marin**, incluant le recul maîtrisé du trait de côte dans les zones touchées par l'érosion.
- 5 **Contribuer au développement durable**, notamment en facilitant le développement d'activités écotouristiques et de loisirs respectueuses de l'environnement.

NOUVEAUX DÉFIS : DYNAMIQUE CÔTIÈRE ET ÉLÉVATION DU NIVEAU MARIN

Comme 70 % de la Camargue est situé à une altitude inférieure à 1 mètre, le territoire risque d'être inondé lorsque le niveau marin s'élèvera (figure 9). Pendant des siècles, la stratégie de prévention des inondations consistait à construire des digues le long du Rhône et de la mer Méditerranée. À partir de 1860, le delta était ainsi presque complètement poldérisé*. Le faible apport en sédiments du Rhône en raison notamment de l'endiguement du delta a eu des conséquences importantes sur la formation des dunes, l'érosion et la répartition de l'eau. Ces éléments conjugués à l'accélération de la montée du niveau marin due au changement climatique ont mis le territoire en situation de vulnérabilité.

Figure 9.
Altitude en Camargue
© Parc Naturel Régional de Camargue



Altitude	Surface	% du territoire
● En dessous de 0 m	2 600 ha	2,6
● ≥ 0 m et ≤ 0,5 m	13 800 ha	13,8
● ≥ 0,5 m et ≤ 1 m	22 200 ha	22,2
● ≥ 1 m	30 500 ha	30,5
● Surface en eau	30 900 ha	30,9

Les gestionnaires des anciens salins sont donc chargés de la difficile tâche de définir des stratégies visant à réduire au minimum la vulnérabilité du territoire à l'élévation du niveau marin. Des modèles de submersion par les eaux marines en relation avec des événements extrêmes sont conçus par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) (figure 10).

Les niveaux d'eau prévus dans le delta sont calculés à l'aide d'images LIDAR. Ces modèles prennent en compte la dynamique du régime hydraulique du Rhône et de l'élévation du niveau marin. Ils servent à orienter les actions portant sur la réduction des risques de catastrophe liés à la mer.

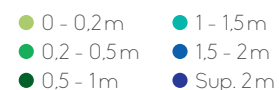
Figure 10.

Niveau marin actuel (à gauche) et prévision de l'élévation du niveau marin en 2100 (à droite) associée à des événements extrêmes

© BRGM



Niveaux d'eau maximaux atteints actuellement



Niveaux d'eau maximaux atteints en 2100



NOUVELLE STRATÉGIE : TRANSFORMER LES ANCIENS SALINS EN UNE ZONE TAMPON AFIN DE LIMITER LES EFFETS DE L'ÉLÉVATION DU NIVEAU MARIN

Comme les digues et ouvrages hydrauliques hérités des activités de production de sel n'étaient plus adaptés aux nouveaux objectifs définis pour le site, plusieurs mesures ont été prises pour reconnecter les masses d'eau. Il s'agissait principalement du curage des canaux, de la construction et de la remise en état de vannes ainsi que du nivellement de digues (figure 11).

Figure 11.

Axe hydraulique restauré et emplacement des ouvrages hydrauliques dans les anciens salins.

Figure © C. Girard et photos © Parc naturel régional de Camargue

- A. Phare de la Gacholle
- B. Étang du Galabert
- C. Étang du Fangassier
- D. Étang du Grand Rascaillan
- E. Étang de Beauduc
- F. Phare de Beauduc



1 Vanne d'entrée d'eau réhabilitée



2 Nouvelle vanne d'entrée d'eau



3 Curage d'un canal

L'hydrosystème des anciens salins a été reconnecté aux lagunes voisines situées dans la Réserve naturelle nationale de Camargue, les lagunes des anciens salins ont été reliées les unes aux autres et les infrastructures de défense côtière (digues) ont été en partie abandonnées, permettant à l'eau de circuler plus librement entre les anciens salins et la mer, au moins de manière saisonnière (figure 12). De larges parties des anciens salins sont maintenant dépoldérisées et l'eau y circule uniquement par gravité.

Comme le site jouxte la Réserve naturelle nationale de Camargue, ce projet de restauration a défini des objectifs de gestion cruciaux pour améliorer la connectivité. En particulier, la restauration vise à retrouver une circulation libre et naturelle de l'eau et la colonisation spontanée par les espèces sauvages.



Figure 12.

La restauration de la dynamique côtière le long des anciens salins induit de nombreux changements, avec un recul du trait de côte dans certaines zones (photos ci-dessus), et une progression dans d'autres.

© Jean E. Roché

ÉVALUATION DES SFN APPLIQUÉES AUX ANCIENS SALINS

ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

L'évaluation écologique des Solutions fondées sur la nature appliquées aux anciens salins met en évidence un meilleur fonctionnement des écosystèmes restaurés des lagunes littorales et des marais salés (tableau 1).

TABEAU 1. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

DÉFI	ACTIONS	BÉNÉFICES	INDICATEURS
1. Érosion côtière et disparition des écosystèmes de plage	Arrêt du maintien et de l'entretien des digues littorales.	Restauration d'un front de mer sableux derrière les digues abandonnées.	Topographie des plages.
2. Élévation du niveau marin	Décloisonnement des lagunes au sein des anciens salins.	Amélioration de la circulation et de la répartition de l'eau.	Évolution des niveaux d'eau dans les lagunes. Suivi du trait de côte.
3. Sursalinisation des lagunes Perturbation du cycle de vie des espèces aquatiques	Reconnexion avec les écosystèmes environnants d'eau saumâtre et d'eau douce.	Diminution de la salinité de certaines lagunes. Rétablissement partiel de la circulation des poissons migrateurs et de la fonction de nurserie.	Salinité de l'eau. Composition de la flore et de la faune aquatiques dans les lagunes littorales. Composition des communautés de poissons.
4. Disparition de zones de <i>Salicornia</i> et autres marais salés	Restauration des cycles naturels (immersion en hiver, assèchement en été) favorables à la végétation des marais salés. Mise en œuvre d'un système de gestion hydraulique adapté.	Restauration des habitats des marais salés, y compris par ceux couverts par la Directive européenne Habitats-Faune-Flore. Restauration d'habitats pour la faune sauvage, y compris les oiseaux d'eau et ceux inféodés aux steppes salées.	Surface des habitats. Composition de la communauté d'oiseaux.

DANS L'EAU

Végétation aquatique

Le suivi réalisé de 2011 à 2018 met en évidence une augmentation de la couverture végétale aquatique dans une partie des lagunes. Le recouvrement par la ruppie spiralée – *Ruppia cirrhosa* (figure 13) est en hausse, et on observe l'installation de la zostère naine – *Zostera noltei* (figure 14) ainsi qu'une augmentation des algues rouges Rhodophyta dans les lagunes proches de la mer, indiquant une meilleure connexion avec la mer. Des stations de ruppie ont également été trouvées à partir de 2015 dans certaines des lagunes temporaires situées plus à l'intérieur des terres. Ce sont des indicateurs positifs, car les espèces du genre *Ruppia* sont associées à une diminution de la concentration en sel.



Figure 13.
Ruppia cirrhosa.
© C. Girard



Figure 14.
Zostera noltei.
© C. Girard

En revanche, la lagune de Rascaillan, dans laquelle aucune reconnexion hydraulique n'a encore eu lieu, ne montre pas de changement significatif de la composition et de la couverture de sa végétation aquatique dont le développement reste très limité, notamment en raison de la forte salinité du milieu. Ce résultat confirme la nécessité de futurs travaux de restauration hydraulique.

Faune macrobenthique

Les macroinvertébrés benthiques sont de petits animaux aquatiques qui vivent sur le fond ou dans le substrat des masses d'eau.

Dans les lagunes littorales méditerranéennes, ils sont le plus souvent représentés par des organismes tels que des mollusques bivalves (coques, palourdes, tellines), des escargots, des vers marins et des larves de diptères.

Ces organismes ayant des exigences écologiques spécifiques, la structure de la communauté de macroinvertébrés benthiques est un indicateur fiable de la qualité de l'eau et des sédiments.

Ainsi, la présence de certaines espèces fournit des informations pertinentes sur les conditions environnementales.



Figure 15.

Microdeutopus gryllotalpa.

© C. Girard

Le suivi des macroinvertébrés benthiques a révélé la présence du crustacé *Microdeutopus gryllotalpa* (figure 15), suggérant une diminution de la concentration en sel dans les lagunes littorales.

De plus, la présence du ver marin *Glycera tridactyla* (figure 16) et de l'Akera à bulle *Akera bullata* (figure 17) trouvés en 2018 montrent une amélioration de la circulation de l'eau et de la connectivité.

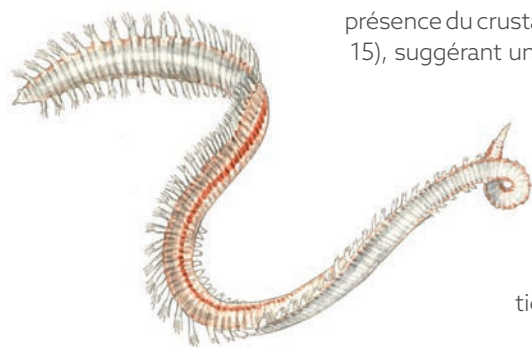


Figure 16

Glycera tridactyla.

© C. Girard



Figure 17.

Akera bullata.

© C. Girard

Poissons et crustacés

Un suivi intensif a été mis en œuvre à partir de 2016 afin d'évaluer le degré de connectivité hydrobiologique entre la mer et les lagunes de la partie nord des anciens salins. L'accent a été mis sur les espèces (poissons et crustacés) qui migrent entre la mer et les lagunes pour accomplir leur cycle de vie. De nombreuses espèces marines migratrices, telles que la sole commune (*Solea solea*) ou la dorade royale (*Sparus aurata*), fraient en mer et les juvéniles migrent vers les zones côtières peu profondes pour se développer au cours de leurs premiers stades de vie. Une arrivée massive de soles juvéniles a été détectée au début du printemps chaque année, indiquant que les anciens salins pourraient jouer un important rôle de nurserie, une fonction essentielle au renouvellement des stocks de poissons marins (figure 18).



Figure 18.

En haut à gauche : Anguille juvénile (*Anguilla anguilla*) En haut à droite : Mulets juvéniles (*Mugilidae* sp.) En bas à gauche : Sole commune juvénile (*Solea solea*) En bas à droite : Crevette grise juvénile (*Crangon crangon*)

© D. Nicolas / Tour du Valat

Les anciens salins représentent également un nouveau corridor migratoire et un nouveau territoire pour les espèces migratrices diadromes* telles que l'Anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*), qui est une espèce en danger. Le suivi sera réalisé pendant deux à trois ans supplémentaires afin d'évaluer l'efficacité des nouveaux ouvrages hydrauliques prévus dans un avenir proche.

*Diadrome : se dit d'une espèce qui passe certaines périodes de son cycle de vie en mer et d'autres périodes en eau douce.

Oiseaux

Le nombre et la diversité des canards hivernants ont augmenté par rapport à la période de production industrielle de sel. Le suivi a notamment mis en évidence une augmentation des espèces telles que le Canard souchet (*Spatula clypeata*) et le Canard pilet (*Anas acuta*) depuis le début de la phase de restauration.

Lorsque le site était utilisé pour la production de sel, il revêtait une importance majeure pour les limicoles hivernants. Les résultats de recensements récents ont montré que les populations de limicoles hivernants (toutes espèces confondues) sont restées stables et que le Bécasseau variable (*Calidris alpina*), une espèce aux effectifs prépondérants, a augmenté (figure 19). La richesse en espèces de limicoles au cours de la migration de printemps a également augmenté.

Figure 19.

Groupe de bécasseaux variables (*Calidris alpina*) et de bécasseaux sanderlings (*Calidris alba*) sur les anciens salins.

© M. Thibault / Tour du Valat



SUR LES TERRES ÉMERGÉES

Végétation terrestre

La végétation a connu un développement impressionnant depuis le début du processus de restauration, en particulier dans les parties nord du site, où la couverture végétale a été estimée à plus de 240 hectares à la fin de 2016, contre seulement 15 hectares en 2011²⁶. La recolonisation par la végétation halophile a commencé par des plantes annuelles telles que les espèces des genres *Salicornia* et *Suaeda*, puis par une expansion plus lente des buissons vivaces, notamment des espèces des genres *Arthrocnemum* et *Sarcocornia*.

La végétation côtière peut contribuer à augmenter le piégeage des sédiments et des matières organiques^{2, 27}, réduisant ainsi les risques d'inondation. Mais surtout, le site fournit des espaces supplémentaires pour atténuer les effets de l'élévation du niveau marin. Cela répond aux recherches scientifiques récentes qui recommandent d'élargir «l'espace d'accueil» des écosystèmes en utilisant «des caractéristiques naturelles et fondées sur la nature»¹⁹.



Figure 20.

Évolution de la couverture végétale dans les dunes.

© Jean E. Roché

ÉVALUATION SOCIALE (BIEN-ÊTRE DES POPULATIONS HUMAINES)

La restauration des anciens salins génère des avantages sociaux tels que la protection contre le changement climatique, la production de connaissances scientifiques, des possibilités d'activités de loisirs et de tourisme, ainsi que des sources d'inspiration artistique (tableau 2).

TABLEAU 2. ÉVALUATION SOCIALE

DÉFI	ACTIONS	BÉNÉFICES	INDICATEURS
1. Protection des personnes et des biens dans les zones environnantes	Établissement d'une zone tampon entre la mer et la digue de protection intérieure pour atténuer les risques de catastrophe.	Le projet répond à l'enjeu de protection des biens et des personnes.	Valeurs d'assurance.
2. Accessibilité au site	Accès libre aux piétons et aux cyclistes dans certaines parties du site. Accès aux véhicules à moteur fortement restreint.	Augmentation de la fréquentation des piétons et des cyclistes.	Nombre de visiteurs.
3. Exploitation des ressources naturelles (chasse et pêche)	Restauration d'un corridor de migration des poissons et d'une zone de nurserie. Chasse de loisir toujours autorisée sur une partie du site.	Effet positif attendu sur les stocks de poissons dans les zones environnantes. 110 chasseurs ont accès au site.	Témoignages de pêcheurs. Suivi des poissons. Suivi des tableaux de chasse.
4. Soutien de la population locale et engagement des parties prenantes	Réunions publiques, ateliers, production de panneaux d'information, de brochures et de vidéos. Visites de scolaires. Visites guidées.	Sensibilisation aux questions relatives au changement climatique (éducation à l'environnement). Compréhension des choix de gestion.	Soutien du public au projet (enquête sociale).

ENCADRÉ 3.

LES ANCIENS SALINS COMME SOURCE D'INSPIRATION ARTISTIQUE

TÉMOIGNAGE D'UN PHOTOGRAPHE :

La Camargue inspire les photographes pour de nombreuses raisons. Tout d'abord, il y a l'interaction de la terre et de l'eau, source de graphismes sublimes sur les plages que de grands photographes tels que Lucien Clergue, Hans Sylvester et Yann Arthus-Bertrand ont saisis chacun à leur manière. La forte salinité de l'environnement fascine également, car le sel cristallise à certains endroits, produisant de véritables œuvres d'art miniatures.

Le rose est très rare dans la nature, mais il est présent en Camargue avec les saladelles (*Limonium spp.*), les microalgues *Dunaliella salina*, les flamants roses et les artémias dans les anciens salins.

Les anciens salins constituent un site remarquable, car la nature sauvage y est à couper le souffle, bien qu'elle ne soit qu'à 45 kilomètres de la zone industrielle et portuaire la plus développée de France (Fos-sur-Mer) ! Le littoral en évolution constante représente un défi majeur pour le photographe en Camargue.

Les images dépendent fortement de l'heure et du lieu. Je me souviens de l'image de mon aigle sur le sable, personne ne m'a cru. Il venait d'être façonné par un Flamant rose, par l'eau et par le vent ce jour-là, à cet endroit-là, et dans ces conditions précises. Un autre grand défi vient de ce paysage généralement très plat. Pour moi, en tant que photographe de paysages, l'espace est constamment coupé en deux par l'horizon. Seules des conditions météorologiques particulières ou un parti pris fort de cadrage peuvent effacer l'horizon.

La lumière de la Camargue sauvage a inspiré d'autres artistes tels que les peintres, Van Gogh bien sûr, mais aussi des artistes moins connus (Pranishnikoff, Ziem...). Les écrivains ont été sensibles à la force des éléments naturels, en particulier le Rhône, et certaines œuvres en sont profondément marquées, notamment celles de Giono, Bosco, Mistral, D'Arbaud, Clavel... Pour ma part, mettre en images les paysages de Camargue est un peu comme peindre et écrire en même temps, écrire juste avec la lumière et raconter des histoires sans pigment ni encre, juste avec des photos.

Jean Emmanuel Roché

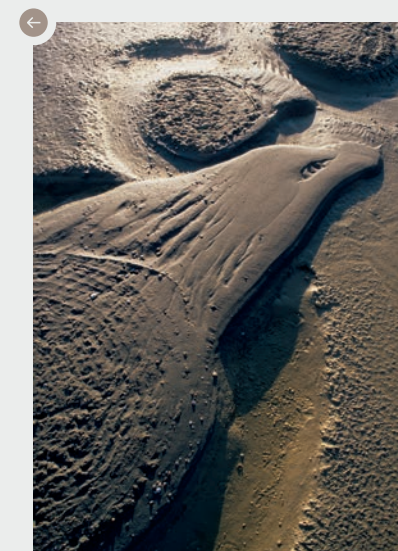


Figure 21.
Tête d'Aigle. © Jean E. Roché

Opportunités de loisirs

La région offre des opportunités à la population locale et aux visiteurs, car elle contribue aux valeurs esthétiques et écologiques du delta du Rhône. Les modifications du paysage et la multiplication des zones sauvages induites par la restauration des écosystèmes créent des points de vue naturels et panoramiques sur les paysages côtiers et marins. Des groupes de cyclistes et des marcheurs visitent fréquemment le site par beau temps (figure 22).

L'accès à la plage est réglementé, mais autorisé. La réglementation de la circulation et du stationnement des véhicules à moteur permet de contrôler les perturbations qui en découlent sur la plupart des zones sensibles, y compris les dunes côtières.

ÉVALUATION ÉCONOMIQUE

La restauration, le renforcement et l'entretien de la digue littorale (y compris des épis et des brise-lames) seraient beaucoup plus coûteux que le maintien de la digue construite plus à l'intérieur des terres pour prévenir les inondations catastrophiques (figure 23).

Le processus de restauration permet également de réduire les coûts environnementaux des activités d'extraction et de transport de matériaux utilisés pour le maintien des infrastructures de protection de la côte (tableau 3 de la page suivante). Accepter l'érosion de la côte et adapter la stratégie de gestion des risques d'inondation est donc considéré comme l'option la moins coûteuse et la plus raisonnable.

Figure 22.

Sorties d'observation de la nature.

© Bureau des Guides Naturalistes



Les avantages économiques de la restauration écologique comprennent non seulement une réduction importante de l'utilisation de fonds publics prévus pour la protection contre les risques d'inondation, mais également les multiples services écosystémiques fournis par les zones humides restaurées.

Ces services incluent :

- 1 **La régulation du cycle des nutriments (purification de l'eau)** des eaux venant de l'amont
- 2 **L'augmentation des ressources alimentaires** à travers la restauration de la migration des poissons et la fonction de nurserie
- 3 **Les habitats et refuges** pour les espèces sauvages
- 4 **Les ressources génétiques**
- 5 **Les valeurs esthétiques**
- 6 **Les sources d'inspiration culturelle** et artistique
- 7 **L'information et le développement cognitif** avec des recherches menées dans la région
- 8 **L'éducation à l'environnement**, à travers des sorties scolaires et des panneaux d'information
- 9 **Les loisirs** (accès à la plage, cyclisme et randonnée, pêche de loisir)
- 10 **La protection des sols** par l'augmentation de la couverture végétale terrestre

La valeur globale estimée des zones humides côtières peut atteindre 160 000 € par hectare et par an²⁸ lorsque le stockage du carbone, la protection du littoral, la pêche et l'amélioration de la qualité de l'eau sont pris en compte. Par conséquent, les services écosystémiques et la conservation de la biodiversité sont des atouts supplémentaires pour l'approche des Solutions fondées sur la nature et devraient être pris en compte par les décideurs et les investisseurs.

Figure 23.

Système de protection contre les risques de catastrophes liées à la mer dans les anciens salins de Camargue.

© D'après le Symadrem, modifié



- Digue de protection de second rang actuelle (gestion publique)
- Digue de protection de second rang actuelle (gestion privée)
- Extension de la digue de protection de second rang (projet)
- Digue littorale abandonnée

TABLEAU 3. ÉVALUATION ÉCONOMIQUE

DÉFI	ACTIONS	BÉNÉFICES	INDICATEURS
1. Érosion côtière	Les infrastructures de protection de la côte ne sont plus entretenues (9 km).	Économies de fonds publics : estimé à 13 à 17 millions d'euros d'investissement pour la reconstruction de digues, 7 à 24 millions d'euros pour la construction d'épis, au moins 800 000 € d'entretien annuel.	Économies dues à l'absence de travaux d'entretien sur les digues littorales.
2. Gestion du risque d'intrusion marine	Investissements uniquement sur la digue de protection intérieure (linéaire : 16 km).	Investissement estimé de 7 à 13 millions d'euros, plus 80 000 € à 140 000 € d'entretien annuel Production de sel maintenue sur la propriété privée voisine du groupe Salins.	Coût d'entretien et d'adaptation de la digue de protection intérieure.
3. Gestion hydraulique des anciens salins	Investissements dans les reconnections hydrauliques. Arrêt de l'entretien de la plupart des digues entourant les lagunes. Gestion de l'eau par gravité.	3 phases d'investissement : < 1,5 million d'euros. Économies liées à l'entretien des digues entourant les lagunes. Économies liées à la non-utilisation des stations de pompage : 30 000 à 60 000 €/an.	Coûts des travaux hydrauliques. Coût d'une gestion naturelle de l'eau comparé au coût d'une gestion artificielle.

Bien sûr, tout n'est pas parfait...

Il reste encore des défis à relever. L'eau douce qui pénètre sur le site à la suite du processus de dépoldérisation est de mauvaise qualité en raison d'activités agricoles en amont, et des solutions doivent être trouvées pour en améliorer la qualité. De nouvelles espèces sauvages, parfois inattendues, colonisent les anciens salins, y compris de grands prédateurs comme le Grand-duc d'Europe *Bubo bubo* qui met en péril la reproduction de la colonie de Flamants roses. La renaturation du site signifie que tout n'est pas sous contrôle et des compromis concernant la biodiversité peuvent exister.

Il n'a pas été facile pour les usagers du site d'accepter l'abandon de la digue littorale. Il est nécessaire d'améliorer la communication et la collaboration avec les habitants de Camargue afin faciliter l'acceptation des changements à long terme qui se produisent sur le site.

Figure 24.
Au travail dans les anciens salins.

© L. Segura



PERSPECTIVES D'AVENIR

Le Conservatoire du littoral et les gestionnaires du site envisagent les actions suivantes :

- **Adaptation de la digue de protection intérieure** à l'élévation du niveau marin (mise en œuvre prévue par les autorités locales) ;
- **Création d'itinéraires cyclables** (en coopération avec les autorités locales) et test de navettes pour améliorer l'accès au site ;
- **Poursuite des travaux de restauration hydraulique**, y compris en amont ;
- **Définition de modèles/scénarios prospectifs** sur les effets de l'élévation du niveau marin ;
- **Poursuite du dialogue** avec les acteurs locaux et les habitants du village voisin de Salin-de-Giraud ;
- **Évaluation des fonctions hydrologiques et de zone tampon climatique** des écosystèmes restaurés.

Actuellement, les évaluations de l'impact de l'élévation du niveau marin sur les zones humides sont incertaines en raison d'une compréhension limitée des interactions hydrodynamiques et géomorphologiques dans les zones à forte intervention humaine. Il est ainsi nécessaire de prendre en compte les dynamiques de la végétation et ses effets hydrodynamiques pour obtenir des prévisions plus réalistes de la réponse des zones humides à la montée du niveau de la mer dans différents écosystèmes côtiers pour concevoir des mesures de gestion efficaces^{29, 30}.

Figure 25.

De nouvelles pistes cyclables sont prévues.

© J. Champagnon



LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

LEÇONS TIRÉES DE LA RESTAURATION D'ANCIENS SALINS DANS LE SUD DE LA FRANCE

CONCLUSIONS

Le projet de restauration des anciens salins est un exemple illustrant comment il est possible d'inverser les effets des aménagements grâce aux Solutions fondées sur la nature et à la restauration des écosystèmes, jusqu'à ce que la nature retrouve ses fonctionnalités et sa résilience. Cet écosystème côtier devient plus résilient et peut ainsi servir de zone tampon et atténuer les effets du changement climatique.

BIBLIOGRAPHIE

- IPCC. 2014. *Climate Change 2014 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability*.
- Renaud, F. G., Sudmeier-Rieux, K., & Estrella, M. (Eds.). 2013. *The role of ecosystems in disaster risk reduction*. United Nations University Press.
- Galassi, G., & Spada, G. 2014. Sea-level rise in the Mediterranean Sea by 2050: Roles of terrestrial ice melt, steric effects and glacial isostatic adjustment. *Global and Planetary Change*, 123, 55-66.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.). 2016. *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp.
- UNISDR. 2009. *UNISDR Terminology on disaster risk reduction*. UNISDR, Geneva.
- Davis, MK; Krüger, I; Hinzmann, M. 2015. *Coastal Protection and Suds - Nature-based Solutions*. RECREATE Project Policy Brief No. 4.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005 *Ecosystems and Human Well Being: Synthesis*. Island Press, Washington DC.
- Vuik, V., Jonkman, S. N., Borsje, B. W., & Suzuki, T. 2016. *Nature-based flood protection: the efficiency of vegetated foreshores for reducing wave loads on coastal dikes*. *Coastal engineering*, 116, 42-56.
- Williams, B. K. 2011. *Adaptive management of natural resources—framework and issues*. *Journal of Environmental Management*, 92(5), 1346-1353.
- Montpellier, France: *Agroforestry: Agriculture of the future? The case of Montpellier* <http://climate-adapt.eea.europa.eu/metadatas/case-studies/agroforestry-agriculture-of-the-future-the-case-of-montpellier>.
- Adaptive Management of Barriers in European Rivers. <https://amber.international/about/>
- Rivers by design. <http://www.ecrr.org/Portals/27/Publications/131223%20Rivers%20by%20Design.pdf>
- RISC-KIT. <https://www.coastal-management.eu/measure/example-dune-rehabilitation-praia-de-faro-pt>
- EUROSITE. <https://www.eurosite.org/dutch-climate-buffers/>
- EUROSITE. 2018. <https://www.eurosite.org/eurosite-highlights/managing-wetlands-nature-based-solution-climate-change/>
- Schuerch, M., Spencer, T., Temmerman, S., Kirwan, M. L., Wolff, C., Lincke, D., & Hinkel, J. 2018. Future response of global coastal wetlands to sea-level rise. *Nature*, 561(7722), 231.
- Centre Européen de prévention de Risque d'Inondation. 2016. "Les collectivités territoriales face aux risques littoraux Élaborer et mettre en oeuvre une stratégie de réduction du risque de submersion marine".
- UNISDR. 2015. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction : Making Development Sustainable - The Future of Disaster Risk Reduction*, ONU, New York.
- BRGM. 2018. *Modélisation de la submersion marine en Camargue - Phase 2. Rapport final*.
- Reimann, L., Vafeidis, A. T., Brown, S., Hinkel, J., & Tol, R. S. 2018. *Mediterranean UNESCO World Heritage at risk from coastal flooding and erosion due to sea-level rise*. *Nature communications*, 9(1), 4161.
- Rodriguez, J. F., Saco, P. M., Sandi, S., Saintilan, N., & Riccardi, G. 2017. Potential increase in coastal wetland vulnerability to sea-level rise suggested by considering hydrodynamic attenuation effects. *Nature communications*, 8, 16094.
- Tour du Valat, Conservatoire du Littoral, SNPN, Parc de Camargue. 2017. *Lettre d'information du site des étangs et marais des Salins de Camargue*.
- Titus, J. G. 1986. Greenhouse effect, sea level rise, and coastal zone management. *Coastal Management*, 14(3), 147-171.
- Spencer, T., Schuerch, M., Nicholls, R. J., Hinkel, J., Lincke, D., Vafeidis, A. T., & Brown, S. (2016). Global coastal wetland change under sea-level rise and related stresses: The DIVA Wetland Change Model. *Global and Planetary Change*, 139, 15-30.
- Gies, E. 2018. Fortresses of mud: how to protect the San Francisco Bay Area from rising seas. *Nature*, 562(7726), 178.
- Tour du Valat, Camargue Regional natural Park. 2016. *Environmental management and conservation of salt marshes and coastal lagoons in the Mediterranean (2011-2016)*. LIFE+MC-SALT.
- Nicholls, R. J., & Cazenave, A. 2010. Sea-level rise and its impact on coastal zones. *science*, 328(5985), 1517-1520.
- Enwright NM, Griffith KT, Osland MJ (2016). Barriers to and opportunities for landward migration of coastal wetlands with sea-level rise. *Front Ecol Environ* 14:307–316.
- Kirwan, M. L., Temmerman, S., Skeeahan, E. E., Guntenspergen, G. R., & Fagherazzi, S. (2016). Overestimation of marsh vulnerability to sea level rise. *Nature Climate Change*, 6(3), 253.
- Kirwan, M. L., & Megonigal, J. P. (2013). Tidal wetland stability in the face of human impacts and sea-level rise. *Nature*, 504(7478), 53.

LES GESTIONNAIRES DU SITE

Trois institutions gèrent le site des anciens salins : le Parc naturel régional de Camargue (responsable coordinateur), la Tour du Valat et la Société nationale de protection de la nature (cogestionnaires). Elles agissent sous l'autorité du Conservatoire du littoral (propriétaire).



Le Parc naturel régional de Camargue

Créé en 1970, cet organisme public réalise des missions d'intérêt général dans le delta de la Camargue : protection et gestion du patrimoine naturel et culturel, aménagement du territoire, développement économique et social, accueil, éducation, information et expérimentation.

La Tour du Valat

Ce centre de recherche dédié à la conservation et à l'utilisation durable des zones humides méditerranéennes a été créé en 1954 par Luc Hoffmann et est propriétaire et gestionnaire de la réserve naturelle régionale de la Tour du Valat qui s'étend sur 1800 hectares. Depuis six ans, la Tour du Valat contribue à la restauration des anciens salins par la modélisation hydrologique, la gestion des milieux naturels, le suivi des espèces et la recherche de financement.



La Société nationale de protection de la nature (SNPN)

Fondée en 1854, la SNPN est la plus ancienne association de protection de la nature en France. Depuis 1927, elle gère la Réserve naturelle nationale de Camargue, adjacente aux anciens salins.



LE PROPRIÉTAIRE DU SITE

Le Conservatoire du littoral

Le Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres est un organisme public français créé en 1975 pour assurer la protection des espaces naturels remarquables du littoral et des rivages des lacs et des plans d'eau de plus de 1000 hectares.





Tour du Valat

Le Sambuc - 13200 Arles - Fr
Tél. : + 33 (0)4 90 97 20 13
secretariat@tourduvalat.org
www.tourduvalat.org

