



Quels constats ? Quels devenirs ?

Septembre 2022
Projet PECHAC

Le changement climatique et ses effets dans la Réserve de biosphère de Camargue

Etat des connaissances en 10 questions/réponses




unesco

Réserve de biosphère de Camargue (delta du Rhône)

Sommaire

Mots des élus	2
Introduction	3
Abréviations et glossaire	4
Retours d'ateliers	5
Le changement climatique	12
Q1. Climat local	13
Q2. Le Rhône	15
Q3. Erosion et submersion	17
Q4. Marais et biodiversité	21
Q5. Mer Méditerranée	24
Q6. Agriculture et salinité	27
Q7. ASA et hydraulique	30
Q8. Qualité des eaux	33
Q9. Habitabilité	38
Q10. Recherche	40

Fondation de France



UMR 5175
CENTRE D'ÉCOLOGIE
FONCTIONNELLE
& ÉVOLUTIVE



cnrs



Parc naturel régional de Camargue



CAMARGUE GARDOISE
SYNDICAT MIXTE DE PROTECTION ET DE GESTION

Le mot de la présidente de la Réserve de biosphère de Camargue — delta du Rhône

La Camargue est souvent mise en exergue comme une des zones en France les plus sensibles et vulnérables aux effets du changement climatique, par exemple l'augmentation du niveau de la mer en lien avec les prévisions du GIEC notamment.

Il est vrai que les conséquences du dérèglement climatique mondial commencent à se voir concrètement sur le territoire de notre réserve de biosphère de l'Unesco aussi bien sur les milieux naturels que sur l'agriculture ou les aménagements littoraux par exemple.

La salinisation des eaux et des sols, l'accroissement de l'érosion littorale, l'élévation accélérée du niveau de la mer, les périodes de sécheresse et de canicules de plus en plus fréquentes sont des marqueurs de ce proces-

sus sur lequel nous nous posons encore beaucoup de questions tant sur sa temporalité que sur son intensité.

Afin de synthétiser les attentes du territoire sur cette délicate question et de vulgariser les données existantes en lien notamment avec les travaux du GREC Sud (Groupe régional d'experts sur le climat en Provence Alpes Côte d'Azur), le Conseil scientifique et d'éthique du Parc et de la Réserve de Biosphère de Camargue a travaillé depuis 18 mois avec l'ensemble des acteurs camarguais dans le cadre du projet PECHAC financé par la Fondation de France.

Ils nous livrent aujourd'hui ce cahier de connaissances et de synthèse des échanges menés ces derniers mois sur le sujet et je les

en remercie.

Ce travail nous permettra notamment, à l'orée du lancement de la révision de la Charte du Parc Naturel Régional de Camargue, de poser les bases des réflexions qui nous permettront de définir collectivement nos orientations stratégiques d'actions jusqu'en 2040.

Mme Anne Claudius-Petit

Présidente du Parc Naturel Régional de Camargue

Conseillère Régionale SUD PACA



Le mot du président du Syndicat Mixte Camargue Gardoise

Je suis ravi d'introduire ce cahier de connaissance destiné à nous faire réfléchir sur ce qui nous arrive et sur l'avenir de notre littoral et de nos terres. Le dérèglement climatique et ses conséquences environnementales et socio-économiques deviennent visibles de tous. Si à l'évidence de tels enjeux doivent être traités à l'échelon des Etats et au niveau international, nous avons localement l'obligation d'agir pour nous adapter. Il s'agit de cultiver l'humilité et d'être confiant dans nos capacités.

Le niveau de la mer monte, cela est une vérité scientifique. Les risques de submersion marine et d'érosion du trait de côté doivent être considérés. La salinisation des eaux de surface, de la nappe et des sols met

en péril notre agriculture et nos marais. Chacun doit prendre sa part de responsabilité et doit venir contribuer même modestement à définir, à financer et à mettre en œuvre nos politiques d'adaptation. Déjà dans tout le grand delta, les habitants et leurs élus, les usagers, les équipes techniques et les scientifiques se mobilisent pour relever ce défi inédit : celui de la résilience sociale et écologique de notre territoire face aux bouleversements à venir.

Je salue le travail d'accompagnement et de médiation du CNRS et des membres du Conseil scientifique et d'éthique commun au Parc naturel régional et à la Réserve de biosphère de Camargue. Que ce petit livret et les informations qu'il rassemble puissent

nourrir les échanges et qu'il permette ensemble d'imaginer un avenir épanoui et le chemin pour y parvenir.

M. Robert Crauste

Maire du Grau du Roi

Conseiller Départemental du Gard

Président de la Communauté de

Communes Terre de Camargue

Président du SMCG



Que savons-nous ?

Que savons-nous — et ne savons-nous pas — du changement climatique et de ses conséquences (biophysiques, socio-économiques) en Camargue ? 3 ateliers ont été organisés en décembre 2021 et janvier 2022 avec des acteurs du territoire de la réserve de biosphère de Camargue-delta du Rhône, puis une restitution collective adossée à 3 exposés scientifiques le 20 juin 2022. À partir des témoignages et des questionnements recueillis lors de ces rencontres, nous proposons dans ce document

un rapide état des lieux des connaissances.

Chemin faisant, nous identifions les enjeux socio-écologiques, les besoins de connaissance comme d'adaptation et de transformation des usages et modes de vie en bord de mer comme à l'intérieur du grand delta.

Nous déclinons la problématique en dix jeux de questions-réponses pour lesquels nous proposons une brève synthèse des connaissances consolidées sur le thème, une explicitation des incertitudes et hypothèses

explorées par les scientifiques, experts et acteurs locaux, et enfin les besoins d'études complémentaires identifiés pour accompagner la décision et l'action vers l'adaptation et la transformation du territoire face au changement climatique.

Fondation
de
France

Le projet PECHAC

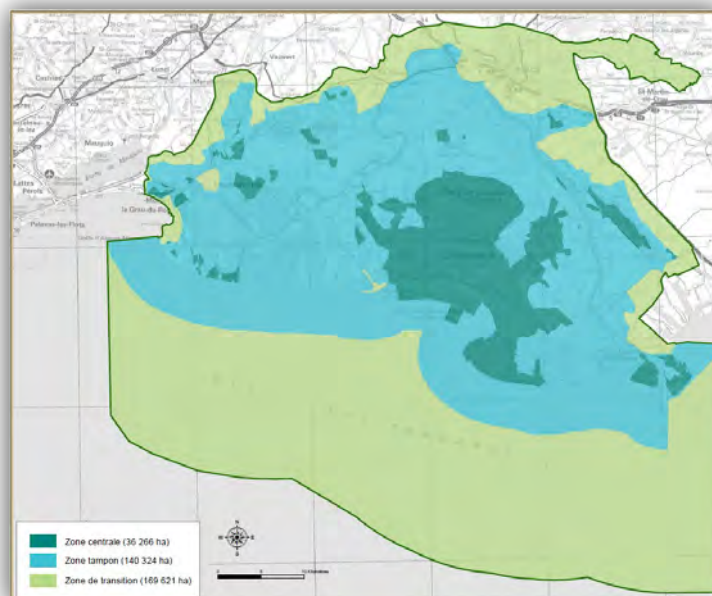
Penser les effets du changement climatique en Camargue est un projet exploratoire financé par la Fondation de France, porté par le CNRS CEFE de Montpellier et un groupe de travail issu du Conseil scientifique et d'éthique du Parc naturel régional et de la Réserve de biosphère de Camargue – Delta du Rhône. Ce projet émergent cherchait d'abord à interroger les différents groupes sociaux en présence sur

leurs visions des changements perçus et mesurés, les craintes et questions posées en lien avec leurs activités, leurs vies quotidiennes ainsi que les futurs possibles du territoire dans toutes ses composantes. Il en découlait ensuite la production d'une synthèse des connaissances scientifiques sur le changement climatique et ses effets socio-écologiques à l'échelle du grand delta du Rhône, synthèse accessible au plus grand

nombre pour servir de support de médiation territoriale en ces temps troublés. Enfin, il s'agissait de diffuser et discuter des constats et des incertitudes avec les différentes parties prenantes de la gestion du territoire pour favoriser les échanges, la connaissance individuelle et collective des besoins et des enjeux, tout en identifiant de nouvelles questions et façons de faire de la recherche.

Le périmètre et le zonage de la
Réserve de biosphère de Camargue
— delta du Rhône

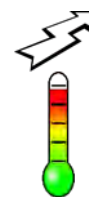
© PNRC, MAB France



Abréviations utilisées

ASA : Association Syndicale Autorisée
CC : Changement Climatique
CLE : Commission Locale de l'Eau
CG : Camargue Gardoise
GEMAPI : Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations – compétence confiée aux intercommunalités lors des lois de décentralisation de 2014, 2015 et 2018.
GPB : Grand Plan du Bourg
GPM : Grand Port Maritime de Marseille
HAP : Hydrocarbures Aromatiques

Polycycliques
MAEC : Mesures Agri-Environnementales et Climatiques (mesures du second pilier de la PAC)
PAC : Politique Agricole Commune
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
SYMADREM : Syndicat Mixte d'Aménagement des Dignes du Rhône et de la Mer
SYMCRAU : Syndicat Mixte de gestion de la nappe phréatique de la Crau



Glossaire

Biseau salé : intrusion d'eau saumâtre ou salée dans une nappe souterraine côtière. On parle souvent de coin salé pour caractériser le même phénomène dans un estuaire d'eau douce.

Climat : temps qu'il fait dans une zone géographique donnée et caractérisé par des valeurs moyennes de précipitations, de températures (et d'autres paramètres météorologiques) mesurées sur de longues périodes (au moins une trentaine d'années).

Évapotranspiration : processus biophysique de transfert d'une quantité d'eau vers l'atmosphère à la fois par l'évaporation au niveau du sol et par transpiration des plantes.

Gouvernance : ensemble des règles, organes de décision, d'information et de surveillance qui permettent de fournir une orientation stratégique au territoire et de s'assurer que les objectifs sont atteints, les ressources employées de façon responsable et dans le respect des intérêts des habitants et des pouvoirs publics. Une « bonne » gouvernance repose sur 4 principes : transparence, responsabilité, Etat de droit, participation.

Libre évolution : mode de gestion d'un espace, initialement modifié ou non par l'homme, gouverné par les processus naturels sans intervention humaine.

Météo : temps qu'il fait en un endroit donné à un instant donné.

Adaptation : L'adaptation désigne une réaction à un stress ou à une perturbation (on s'adapte à quelque chose), qui ne remet pas en cause l'essentiel des valeurs fondamentales du système, lequel conserve ses grandes caractéristiques. La notion d'adaptation durable implique des mesures qui réduisent la vulnérabilité et favorisent la résilience du système à long terme.

Piézométrie : mesure de la profondeur de la surface de la nappe d'eau souterraine.

Poldériser : transformer en polder. Conquête de terres sur la mer, les marais littoraux ou les lacs par endiguement, remblaiement et assèchement.

Renaturation : restauration de milieux naturels. Désigne aussi les processus, naturels ou basés sur des interventions humaines, par lesquels la nature se réinstalle spontanément et gagne en autonomie fonctionnelle.

Résilience : la résilience socio-écologique d'un territoire désigne sa capacité à absorber des perturbations d'origine naturelle (une inondation, une sécheresse, une maladie etc.) ou humaine (la création d'un marché, une politique agricole, une coupe forestière etc.) et à se réorganiser de façon à maintenir ses fonctions et sa structure. En d'autres termes, c'est sa capacité à changer tout en gardant son identité.

Réserve de biosphère : territoire reconnu par l'UNESCO parce qu'il concilie conservation de la biodiversité et développement durable avec l'appui de la recherche, de l'éducation et de la sensibilisation dans le cadre du programme sur l'homme et la biosphère (*Man and Biosphere*, MAB). Les réserves de biosphère partagent leur expérience au sein d'un réseau national (16 sites en France)

et international (plus de 727 sites dans 131 pays).

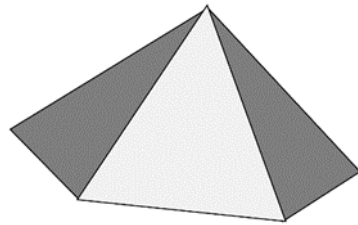
Solutions fondées sur la nature : actions qui s'appuient sur des écosystèmes résilients, fonctionnels et diversifiés pour relever les défis sociétaux que posent les changements climatiques, la gestion des risques naturels, la santé, l'approvisionnement en eau ou la sécurité alimentaire, tout en permettant de préserver et restaurer la biodiversité.

Subsidence : lent affaissement de la surface de la croûte terrestre généralement sous l'effet d'une charge qui vient s'ajouter au-dessus de la croûte (ex. sédiments), soit à l'intérieur ou en dessous de celle-ci suite à des mouvements tectoniques ou des changements thermiques. L'exploitation de ressources souterraines (eau, pétrole, gaz) peut être une cause localement importante de subsidence.

Transformation : la transformation découle du constat que le fonctionnement du système n'est plus tenable, que ce soit pour des raisons socio-économiques ou écologiques, et qu'il faut en changer. L'adaptation transformative est alors une stratégie qui vise à réduire les causes profondes de la vulnérabilité au changement climatique à long terme en éloignant les systèmes des trajectoires non durables ou indésirables.

RETOURS D'ATELIERS - Ile de Camargue

Nous listons ci-après les principaux éléments issus des échanges de l'atelier du 2 décembre 2021 dans l'Île de Camargue au Musée de la Camargue [18 participants].



Le changement climatique empêche de se projeter et réduit les marges de manœuvre en termes de gestion

1) Perceptions, ressentis et constats

Effets négatifs du changement climatique

*Baisse des débits moyens du Rhône
Hausse des températures de l'air
Sécheresse prononcée entre mars et novembre
Pluviométrie importante en octobre
Besoin d'eau douce et de mouvements d'eau face à la salinisation croissante
Recul du littoral (dû aux apports moindres*

en sédiments et à la montée niveau de la mer)

Peur de la submersion marine accentuée par l'abandon de certaines digues frontales

Le changement climatique est souvent mélangé aux autres processus humains et décisions

Effets positifs du changement climatique

*Au moins on est là et on se parle
Opportunités de discuter et réfléchir collectivement aux réponses à apporter
Pas d'effet sur l'exploitation du sel
Pas d'effet sur les débits de crues du Rhône
Pas de baisse des rendements agricoles grâce à la génétique
Augmentation de la température signifie précocité des récoltes*

Arrivée d'espèces nouvelles d'oiseaux (grues, spatules) d'intérêts naturalistes et touristiques

Prolongement de la saison touristique

Requestionne la place de l'homme dans le delta



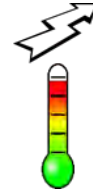
2) Perspectives à amorcer

Etablir un constat et se mettre d'accord pour que les gens aient une perspective, de décrire des scénarios avec plusieurs étapes et des seuils progressifs ;

Penser et anticiper les événements climatiques extrêmes : (1) pour passer de la résistance et du fatalisme au constat nécessaire pour réduire les vulnérabilités et faciliter l'adaptation ; (2) pour faire en sorte que les pouvoirs publics prennent des mesures cohérentes en conséquence ;

Point de vigilance : défendre un tableau trop pessimiste fait que l'État ne s'implique pas tant que les locaux ne sont pas d'accord sur le diagnostic, résoudre les travaux du pertuis de la Fourcade y participera avec deux passes à poissons ;

Clarifier la gouvernance : qui prend en charge le problème ? Sous quelle autorité publique ? Quelle coordination donner aux initiatives qui se multiplient ?



3) Questions aux chercheuses et aux chercheurs

Quelle est la part de la salinisation liée aux différents facteurs : (1) l'absence d'entretien du réseau hydraulique ; (2) la baisse des précipitations ; (3) la montée du niveau marin ; (4) l'irrigation par submersion ?

Quelle est la part du changement observé qui relève des processus internes au delta (érosion, stock de sable, pratiques agricoles) ?

Quels sont les scénarios de montée des eaux ? Comment adapter la protection de la mer et l'industrie salinière ?

Comment mieux connaître et suivre l'hydrogéologie du delta ? Faut-il mieux suivre le sous-sol, les nappes souterraines en réactivant les réseaux piézométriques ?

Quelle synergie construire avec le SYMCRAU ?

Comment avoir une meilleure compréhension du processus d'érosion par rapport à l'énergie de la houle ?

L'enjeu n'est-il pas de ne pas trop complexifier et de rester sur une recherche appliquée ?

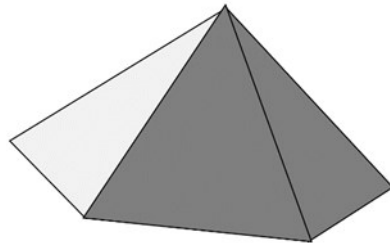
Quelle dynamique collaborative mettre en place pour prendre en charge les effets des changements climatiques ?

Quelle gouvernance d'un projet territorial à l'échelon du grand delta du Rhône ? Faut-il un Parc interrégional et/ou une Réserve de biosphère ?



RETOURS D'ATELIERS - Camargue Gardoise

Nous listons ci-après les principaux éléments issus des échanges de l'atelier du 18 janvier 2022 au Centre du Scamandre [25 participants].



1) Perceptions, ressentis et constats

Effets négatifs du changement climatique

« Ressalure » du territoire mais forte part liée aux humains (gestion des marais, défauts d'entretien des infrastructures, pratiques d'irrigation, taxes sur le pompage)

Drainage plus difficile

Augmentation du niveau marin et de

la fréquence des événements extrêmes et rares

Gels tardifs et modification des saisons (vent/fenaison, insectes, humidité, chaleurs, pollinisation)

Baisse du débit moyen du Rhône et étiages plus précoces

Montée du coin salé dans le Canal du Rhône à Sète et le Petit Rhône

Dégradation générale des roselières

Une ressalure générale du territoire qui concerne les milieux agricoles et naturels

Effets positifs du changement climatique

Moins de moustiques car moins de pluie

Pas de modification des crues

Le SYMADREM fait des études

Plus les gens se parlent, grâce à des réunions comme ici, plus il y a une prise de conscience

Évolution de la demande et des marchés vers d'autres produits compatibles avec le changement climatique

Une meilleure météo attire plus de touristes

Mise en culture de fruits exotiques

Les inondations de 2003 ont pu retarder les effets des remontées salines



2) Perspectives à amorcer

Aujourd'hui le système a trop empêché les humains de se défendre, on le fait ailleurs pourquoi pas nous ?

Si on nous enlève la possibilité de gérer le territoire on ne pourra pas garder l'harmonie du territoire.

Besoins d'information sur le changement climatique et ses conséquences aujourd'hui et pour plus tard.

Face à l'adversité, on peut s'affronter ou au contraire – c'est notre responsabilité – mettre en place des ateliers pour se parler, mais la marge de manœuvre est étroite.

On constate des changements de climat. Le territoire change mais aussi les activités (plus d'activités de loisirs) qui changent la gestion du territoire, si on ne gère pas ce territoire, sans l'homme, le sel remonterait. L'hétérogénéité des cultures, des activités et des interventions ont fait le territoire. Avec un climat favorable on a délaissé la gestion et l'entretien et le climat devenant moins favorable, tout est déséquilibré, il faut remettre le territoire en harmonie, se coordonner et certains/ chacun devront/ devra faire des sacrifices.

Les ASA et la gestion collective doivent être remis en place : gros travail en perspective.

Niveaux d'eau, mauvais états de la rose-lière (en perdition), est-ce dû au CC, à la

gestion, ou aux deux à la fois ? Salinité dans les rizières et les anciens marais de la Souteyranne, irrigation gravitaire pour remédier au manque d'eau.

On ne peut pas refaire comme avant, même si des accords existaient sur la gestion et les interventions passées, le changement climatique est là et rend difficile le maintien de l'harmonie portée par la gestion passée, la transformation est nécessaire.

Ne pas faire abstraction des aménagements passés qui ont permis à la Camargue de traverser le temps.

Recherche de variétés plus résistantes, retour du repiquage mais mécanique, groupe de travail sur les MAEC et les dispositifs agricoles.

Question des digues et de la sédimentation du Petit Rhône.



Existe-t-il un système de gouvernance prenant en compte le changement climatique sur d'autres territoires dont on pourrait s'inspirer ?

3) Questions aux chercheuses et chercheurs

Comment font les autres deltas du Pô, de l'Ebre, du Danube ?

Comment le Syndicat mixte peut-il prendre sa part dans le dispositif pour rassembler les usagers et les opérateurs ?

Comment mieux mobiliser la CLE et le SAGE ?

Une structure devrait centraliser et mettre en place des protocoles de suivis sur le territoire, importance de mettre en commun pour avoir une vision commune (comme en Crau ou GPM) ?



La gestion des terrains en cuvette change avec les changements d'affectation, comment la pression des masses d'eau impacte-t-elle le voisinage ?

Le drainage actif peut-il impacter négativement les eaux de la nappe superficielle lors des périodes de déficit hydrique ?

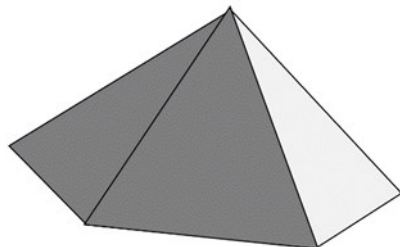
Quand il y a les gros orages on évacue l'eau douce à la mer, comment la conserver sans inonder les usagers ?

Quel fonctionnement du canal du Rhône à Sète mettre en place pour réduire les remontées de sel ?

Quelle modulation des taxes sur l'eau pour augmenter les volumes destinés à l'irrigation afin de lutter contre la salinisation ?

RETOURS D'ATELIERS - Grand Plan du Bourg

Nous listons ci-après les principaux éléments issus des échanges lors de l'atelier du 28 janvier 2022 à la mairie Annexe de Mas Thibert [25 participants].



1) Perceptions, ressentis et constats

Effets négatifs du changement climatique

Montée du niveau de la mer
Difficultés inédites d'évacuation des eaux drainage
Gestion du barrage anti-sel
Inquiétudes quant aux remontées saumâtres dans la nappe de Crau (eau potable, effets de la PAC sur la production de foin)
Moins d'eau de la Durance
Dégradation dans les marais de chasse de Port St Louis

Faut-il accompagner le changement et compenser les effets du changement climatique ?

Eau du Rhône de plus en plus salée
Été sec, bouleversement des saisons
Espèces exotiques animales et végétales entravent les activités agricoles

**Une crise de sens
et de vision du
territoire**

Effets positifs du changement climatique

Le SYMCRAU fait des études pour évaluer/suivre les remontées salines, les enjeux du SAGE nappe de Crau
Le changement climatique pousse au dialogue, prise de conscience des changements
Effets sur les oiseaux hivernants (arrivées des grues aux rassemblements spectaculaires)
Subventions publiques de l'État et de l'Agence de l'eau pour la transition écologique

Travaux de restaurations et de reconnections
Milieus très artificialisés et plats, nécessitant peu d'efforts pour amener de l'eau douce



2) Perspectives à amorcer

Les effets du changement climatique exacerbent les conflits d'usage, révèlent le fantasme de la maîtrise totale du delta, ne plus confondre messenger et responsable, la somme des intérêts particuliers de quelques groupes ne fera pas l'intérêt général. On arrive au bout de la logique de contrôle et c'est cela qui crée les tensions.

Crise de confiance, remise en cause de la connaissance scientifique au profit des points de vue.

Être vigilant sur la manière dont l'État organise sa réponse au CC avec

des projets de protection de l'environnement.

Il ne suffit plus d'éclairer le débat par de la connaissance mais par de la prise de conscience.

Difficulté pour dialoguer : comment convoquer la connaissance et accroître la capacité d'écoute ?

Comment intégrer le court terme et le long terme, y compris sur le plan spatial, la question de la solidarité amont/aval ?

Crises de sens, de vision, qui porte les

visions ? Quels projets de territoire ? Que veut-on de la destination du territoire ? Quelle gouvernance ? Avec et par qui ?

De moins en moins de gens pratiquent le territoire mais ont un avis sur le territoire.

Le rôle du politique est de donner aussi le cap, ce qui manque énormément.

Doit-on continuer d'artificialiser le delta pour gérer le changement climatique ?

3) Questions aux chercheuses et chercheurs

Tant que le GPM est là et constitue une digue, la gestion de l'eau restera artificielle dans le GPB, où elle est bien différente par rapport au reste de la Camargue.

Quelle artificialisation veut-on et comment l'orienter ? Pour rester comme aujourd'hui/geler le territoire ou pour s'adapter au CC et accompagner le changement ? Que signifie « naturel » en Camargue ?

Quel chiffrage des installations de potabilisation, désalinisation des eaux ? Quels prix pour les citoyens ?

Quels sont les projets vertueux sur le territoire, face au changement climatique ? On a de nombreux projets structurants - méthanisations, éoliennes, contournements routiers - sont-ils en phase avec le dérèglement climatique ?

Quelle capacité des scientifiques à accompagner les changements dans l'urgence ?

Accroître nos connaissances hydrauliques : elles sont parcellaires et diffuses.

Produire des scénarios en fonction des effets du changement climatique pour

éclairer les politiques futures.

Quelle échelle de temps pour la décision ? On ne peut pas raisonner à plus de 30 ans, on manque d'études prospectives à différentes échelles spatiales.



Que fait le Parc ? On a l'outil, les élus sont absents, on ne se sent pas membre du Parc ou dans le territoire du Parc, où en est la révision de la charte ? Place du changement climatique dans la nouvelle charte ?

Territoire à gouvernances multiples, ex. : entre le GPM, la Métropole de Marseille et le Pays d'Arles, pas de dialogue, Durance, SYMCRAU, SAGE ; ex. Crise économique du foin de Crau (diminution des surfaces en prairies irriguées), pas ou peu de soutien public à la filière malgré le constat sur l'importance de la gestion de l'eau.

Comment harmoniser/organiser la gouvernance de la Camargue dans son ensemble, et de la Camargue orientale à l'interface de la Crau ?

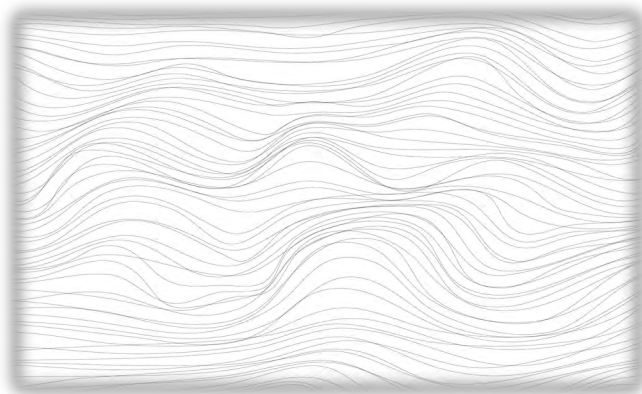
Qu'appelle-t-on gouvernance en Camargue, en pratique ?

Quelle adéquation des financements des politiques publiques vs besoins locaux pour actions de transitions ?

Quand est-ce que l'on agit ? Quelles actions fortes conduire sur ce territoire ?

Quelles assises organiser sur le changement climatique en Camargue orientale et en Crau ? Quand est-ce qu'on passe du déni à l'action véritable (y compris chez les politiques) ?

Menace démocratique non spécifique à la Camargue – montée des attentes, chacun veut s'exprimer mais il faut quelqu'un de charismatique qui prenne une décision, mais quelle décision veut-on ? Quels rôles des maires vs de l'État ? Quel mode de gouvernance ? Le jeu d'acteurs n'est pas visible par l'habitant lambda parce qu'il n'est pas dans la pratique du territoire (mutation ville/campagne), comment expliquer le fonctionnement institutionnel aux citoyens, ne pas être réducteur et éviter les yakafokons ?



RECONNAÎTRE ET CONNAÎTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le climat change, cela n'échappe plus à personne et les conséquences en Camargue sur les équilibres sociaux, économiques et écologiques seront importantes.



Les éruptions volcaniques, la révolution de la Terre autour du soleil, l'inclinaison de la Terre, l'activité solaire, tous ces phénomènes modifient le climat de la planète et expliquent l'alternance de périodes glaciaires et chaudes au fil du temps, mais l'augmentation rapide des températures et l'acidification des océans du dernier siècle ne peuvent pas être expliquées par ces seuls phénomènes naturels. Les changements de la composition de l'atmosphère montrent un accroissement des gaz à effet de serre, c'est-à-dire qui retiennent une partie de l'énergie

réémise par la Terre. Il s'agit notamment du gaz carbonique (CO₂), du méthane, du protoxyde d'azote ou des gaz fluorés principalement issus des activités humaines.

À l'échelle internationale il est primordial de réduire les émissions de gaz à effet de serre – et de respecter l'engagement des accords de Paris de 2015 pour contenir le réchauffement moyen en dessous de +2 °C (et si possible +1,5 °C par rapport à la période préindustrielle) d'ici la fin du siècle.



Ce constat est issu des nombreuses preuves scientifiques rassemblées depuis 1988 par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) créé par l'Organisation Météorologique Mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Les circulations des masses d'air et des courants océaniques sont déjà

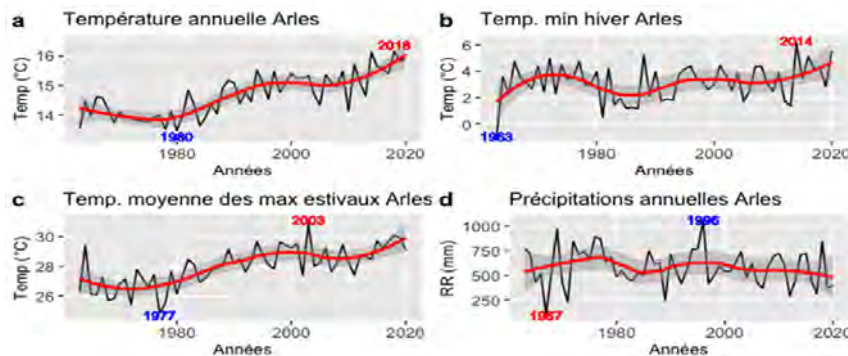
Les gaz à effet de serre déjà émis s'accumulent et changent déjà le climat

perturbées par le réchauffement global de la planète, ce qui modifie le régime des vents et le climat à l'échelle de vastes régions. Le dérèglement des saisons devrait réduire

les précipitations moyennes de printemps et d'été d'ici la fin du siècle jusqu'à moins 30 % et accroître le nombre d'événements climatiques extrêmes.

Des sécheresses et canicules plus fréquentes

En conséquence les activités humaines, les politiques publiques, les investissements, les infrastructures et institutions doivent prendre en compte cette évolution et s'y adapter quitte à engager leur transformation en profondeur.



Source : J. Guiot, CEREGE et GREC SUD

Q1. QUELLE EVOLUTION DU CLIMAT DANS LE GRAND DELTA DU RHONE ?

Le delta du Rhône est soumis au climat méditerranéen franc caractérisé par un ensoleillement important avec plus de 2 500 heures par an et une forte sécheresse estivale et d'abondantes précipitations automnales. Les étés sont chauds et les gelées peu fréquentes.

La température moyenne annuelle d'Arles est passée de 14 °C à la fin des années 1970 à 16 °C en 2020. La vitesse moyenne de réchauffement est évaluée à +0,4 °C par décennie.

Le record des 60 dernières années a été atteint en 2018 et 2014 avec une pointe à 16,1 °C. La température moyenne des nuits hivernales est passée de 2 °C dans les années 1980 à près de 5 °C en 2020 et celle des après-midis estivaux est passée de 27 °C à 30 °C sur la même période.

En basse Camargue (données SNPN/Réserve naturelle nationale de Camargue et Météo France – Tour du Valat, 2020) l'écart à la

moyenne de 1944-2019 est quasi systématiquement positif depuis les années 1980 et de plus de 0,5 °C depuis le mitan des années 2010. 2018 a été l'année la plus chaude (+1,5 °C).



Une tendance claire et à la hausse pour les températures et une tendance non significative pour les pluies

Les précipitations annuelles sont assez stationnaires - même si une légère diminution globale est constatée - et varient autour de 580 mm/an. L'année 1996 qui a atteint 1 000 mm n'a plus été égalée depuis. 2017 a été l'année la plus sèche en basse Camargue avec seulement 275 mm de précipitations.

Le nombre de jours de mistral varie assez fortement entre 60 et 120 jours. On a connu des années venteuses aussi bien au XXe siècle qu'au XXIe siècle. Il n'apparaît donc pas

de vraie tendance.

Le réchauffement climatique se traduit par une expansion thermique des océans, la fonte des calottes polaires et des glaciers de montagne

La température de surface de la mer augmente aussi actuellement de 0,3 °C par décennie, ce qui est plus important que pour l'océan à l'échelle planétaire. Selon le scénario retenu, à la fin du XXIe siècle, l'augmentation pourrait se situer entre +1,1 °C et +3,8 °C.

de vraie tendance.

Les scénarios pour le futur sont définis en fonction de la réduction des gaz à effet de serre plus ou moins importante que l'on sera capable de mettre en place d'ici 2100.

Les scénarios explorés par le GIEC ne présentent pas de véritable différence jusqu'en 2040. Au-delà, les scénarios divergent notablement pour donner un réchauffement de +0,9 °C (avec respect des accords de Paris) à +4,5 °C (si on poursuit la tendance des émissions passées).

La fréquence des canicules augmentera de 3 jours par an pour le scénario à faible émission et de plus de 26 jours par an pour le scénario à forte émission

En absorbant une part importante du CO₂, la mer Méditerranée voit la chimie de ses eaux perturbée

L'acidité de l'eau devrait augmenter, fragilisant alors la coquille des coquillages et de nombreux organismes marins. La culture des moules va devenir difficile dans le Golfe du Lion.

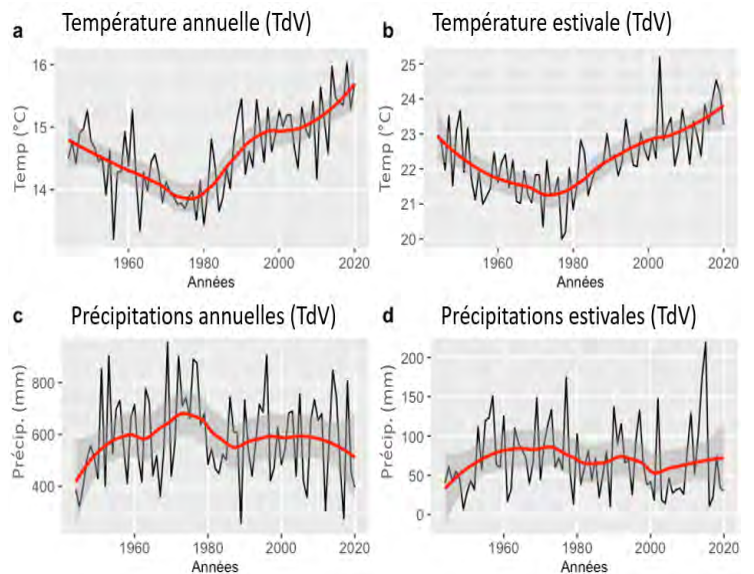
Les précipitations estivales (Mai-Septembre) projetées pour le scénario à faible émission baissent mais de façon non significative tandis que dans le cas de la poursuite des émissions les précipitations baissent de moitié en été.

Le marégraphe de Marseille a enregistré une augmentation de 21 cm depuis la fin du XIXe siècle.

L'élévation du niveau de la mer est passée de 2 mm par an avant 1990 à 3 mm par an depuis cette date.

Pour fin 2100, l'augmentation atteindra 27 à 90 cm selon le scénario avec une probabilité faible mais non nulle de dépasser le mètre. Dès 50 cm d'élévation, la quasi-totalité du territoire de la Camargue (dont 70 % de la superficie est située à moins d'un mètre d'altitude) sera soumise à un fort risque d'inondation. Étant donné que ce niveau de 50 cm est déjà hautement probable quel que soit le scénario d'émission futur, cette situation est d'ores et déjà vraisemblable pour l'ensemble du delta. Cela est évidemment à pondérer selon les secteurs géographiques et l'existence ou non de digues mais les bas-fonds seront soumis aussi au battement de la nappe souterraine.

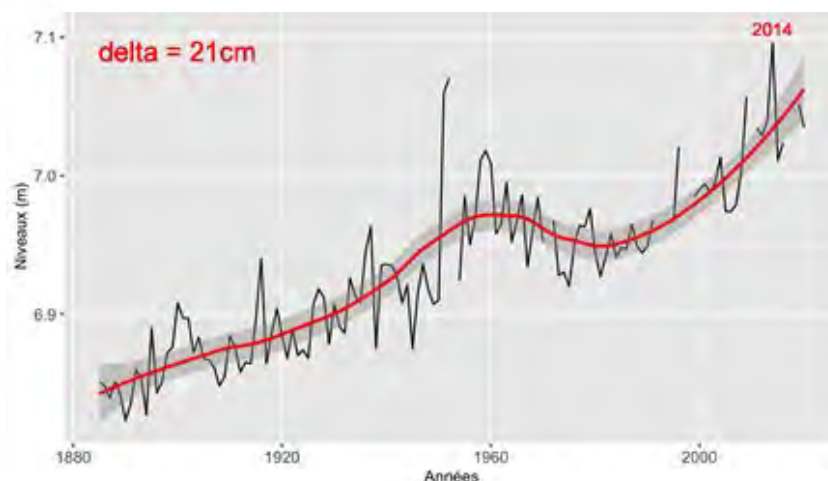
La tempête Gloria qui a touché le delta de l'Ebre en Catalogne début 2020 a montré comment il est difficile de se prémunir des effets dévastateurs des tempêtes de forte intensité mais que les milieux naturels côtiers jouent un rôle tampon et amortissent les effets de ce genre d'évènements.



Source : J. Guiot, CEREGE et GREC SUD



Niveau de la mer Méditerranée au marégraphe de référence de Marseille



Source : J. Guiot, CEREGE et GREC SUD

Q2. QUELLE EVOLUTION DES DEBITS DU RHONE ET DES RISQUES ASSOCIES ?

Les évolutions des écoulements superficiels du fait du changement climatique sont l'objet de nombreux travaux de recherche à l'horizon 2050-2070 à partir de plusieurs scénarios et modèles transformant pluie et température à l'échelle d'un bassin-versant en débit. De ces modèles et projections on peut provisoirement conclure une baisse très probable des écoulements mais dont l'ampleur reste très incertaine en raison des nombreux modèles et

changements d'échelle nécessaires pour reproduire les phénomènes observés.



Des débits d'étiage en baisse, des crues sans changement notable

Selon les scénarios, le débit moyen annuel du Rhône à Beaucaire devrait baisser de 10% à 40%

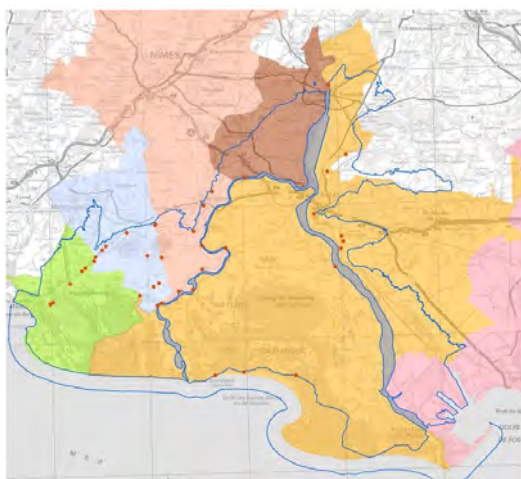
D'une façon générale, les crues devraient connaître une évolution peu marquée en raison de résultats très divergents des simulations pour les affluents du Massif Central. Les pluies diluviennes (nombre de jours de précipitation supérieure à 150 et 190 mm/jour) sur la région méditerranéenne par année depuis les années 1950 ne montrent pas de tendance. Bien que ce phénomène reste caractérisé par une très forte variabilité on observe une augmentation des maximums journaliers dans le sud de la France, en automne notamment dans les Cévennes. Toute-

fois les crues décennales seraient également en baisse de 10 à 20 %.

La température moyenne de l'eau dépasse désormais 15 °C à la station d'Aramon (au nord d'Arles) contre un peu plus de 12 °C il y a près de 50 ans. Cela affecte déjà grandement la vie aquatique, notamment piscicole. À l'horizon 2046-2065 on attend une augmentation supplémentaire de +1,6 °C en moyenne.

Si l'incertitude est importante en raison des hypothèses et erreurs multiples qui résultent de ces travaux de modélisation, la multiplication des travaux et des scénarios permet d'accroître la fiabilité générale des prévisions et de mieux cerner les plages de valeurs des différents changements.

Les tendances détectées invitent à la prudence mais aussi à agir face aux vulnérabilités futures du territoire camarguais face au changement de la qualité et de la quantité disponible et accessible de la ressource en eau mais aussi à l'évolution des risques de crue.



- Ouvrages de ressuyage (co)gérés par le SYMADREM (et les ASA)
 - Zone protégée par les systèmes d'endiguement (SE) du Rhône et de la mer
 - Lit endigué (hors zone protégée)
 - Façade maritime sous compétence SYMADREM
 - EPCI-FP membres du SYMADREM**
 - CA Arles Crau Camargue Montagnette
 - CA Nîmes Métropole
 - CC Beaucaire Terre d'Argence
 - CC Petite Camargue
 - CC Terre de Camargue
 - Métropole Aix Marseille Provence
- Forêt de carte : IGN SCAN-REG 2005
Sources : IGN GEOPLA, INSEE, Statist du SYMADREM, Etude SOCLE
Réalisation SYMADREM
RMNance : 20033

La révision du système de protection contre les inondations suite à la crue de 2003

Suite à un contexte météorologique exceptionnel (2 épisodes de précipitations de type Méditerranéen la seconde quinzaine de novembre ; épisodes longs, de forte intensité et concernant tout le quart sud-est de la France), la crue historique du Rhône de 2003 a marqué les esprits de par l'importance des débits atteints (12 500 m³/s à Beaucaire), sa cinétique (entre le 1er et le 2 décembre 2003, en moins de 30 heures le débit est passé de 2 400

à 10 000 m³/s à Beaucaire) et des ruptures de digues. Avec celles de 1840 et de 1856, cette crue est l'une des trois plus importantes jamais connues depuis le XIXe siècle. Toutes les communes bordant le Rhône des départements du Gard et des Bouches-du-Rhône ont été touchées par des débordements (Avignon, Arles, les communes de Camargue gardoise), pendant plusieurs semaines une grande partie du delta s'est transformée en une vaste

étendue d'eau isolant de nombreux villages et habitations, multipliant le nombre de sinistrés et conduisant à l'évacuation de plus de 7 000 personnes.

Dans ce contexte le SYMADREM a été créé pour assurer la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GEMAPI) sur le territoire du grand delta du Rhône. Ce syndicat mixte regroupe six établissements publics de coopération intercommunale (EPCI-FP) et le département des Bouches-du-Rhône.

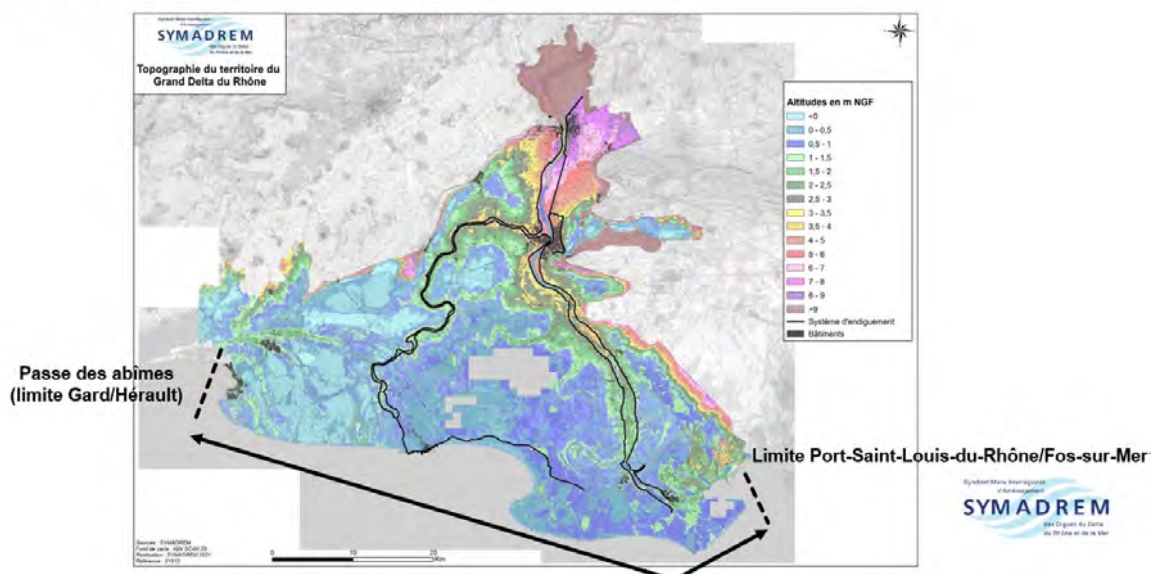
Il réalise les études et les travaux en vue d'améliorer la protection contre les risques d'inondation du Rhône et de la mer. Son objectif à l'horizon

La défaillance du système de protection a été étudiée, le plan Rhône qui a suivi a permis une réflexion stratégique à l'échelle du bassin-versant et a repensé l'aménagement et la prévention du risque inondation.

2030 est d'avoir mis en place un système d'endiguement fluvial sécurisé jusqu'à la crue millénaire. Le SYMADREM élabore également la stratégie littorale qui doit permettre

de lancer un plan d'actions à court, moyen et long terme quant aux submersions marines.

PÉRIMÈTRE DE LA STRATÉGIE LITTORALE



Q3. QUELLE EVOLUTION DU TRAIT DE COTE ET DU RISQUE DE SUBMERSION MARINE ?

Le littoral est la zone d'interface entre la terre et la mer. Il s'agit d'un milieu qui a toujours été changeant car soumis aux actions combinées de la mer, du vent et des fleuves. Le delta du Rhône est récent sur le plan géologique et les humains ont depuis très longtemps cherché à contrôler ces dynamiques naturelles et ainsi à fixer le rivage comme les berges. Si les bras actuels du Rhône ont été fixés dans l'espace et définitivement bordés de digues dès le

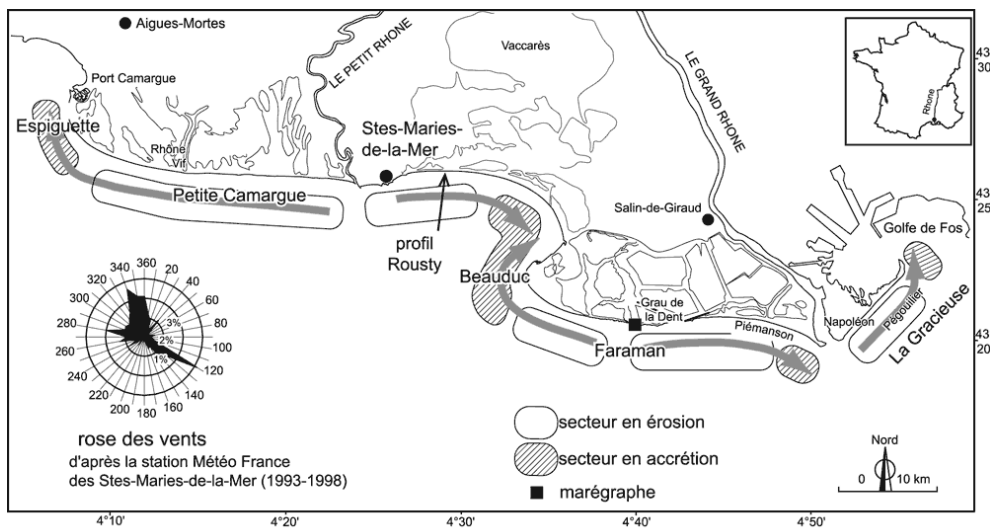
milieu du XIXe siècle, le littoral situé au sud de la digue à la mer construite en 1859 dans l'Île de Camargue est resté relativement mobile, tout comme celui du Gard à l'ouest ou de la flèche sableuse de l'embouchure du Grand Rhône à l'est.



L'endiguement des deux bras du Rhône depuis la fin du XIXe siècle pour limiter les crues du fleuve empêche les dépôts de sédiments dans le delta.

De plus, suite à la construction de barrages en amont sur le fleuve qui retiennent les sédiments et à la reforestation naturelle des pentes montagneuses - qui s'érodent moins - issue de la déprise agricole, la diminution des apports sédimentaires (de plusieurs dizaines de millions de tonnes/an au milieu du XIXe siècle à quelques millions de tonnes/an ces dernières décennies) associée à la montée du niveau marin cf. p.14), se traduit par un recul marqué du trait de côte dans certains sec-

teurs du rivage (de quelques mètres à une dizaine de mètres par an) tandis que d'autres, comme le secteur de Port Camargue, au niveau de la digue de l'Espiguette, ont vu leur plage s'engraisser de plusieurs centaines de mètres en une cinquantaine d'années.

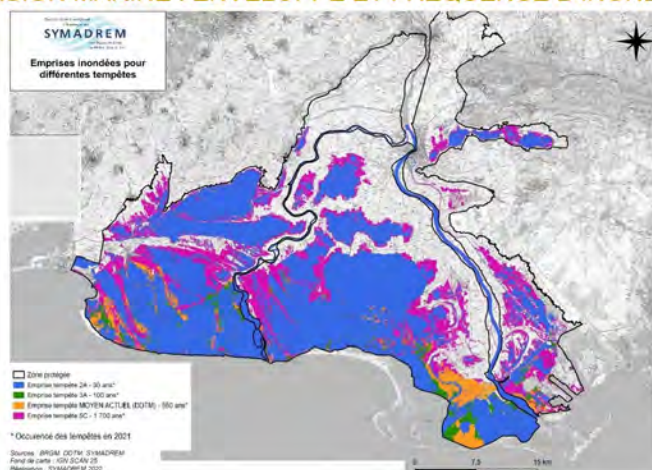


Source : F. Sabatier, CEREGE

Même aménagé le littoral n'a jamais été stable. Aux XXe et XXIe siècles la redistribution des sédiments par les vagues explique l'essentiel du recul observé sur le littoral camarguais. Dans une telle situation où les apports de sédiments par le Rhône sont fortement réduits, seule la mer peut apporter des sédiments d'où l'intérêt de promouvoir – là où les biens et personnes ne sont pas menacés – une libre évolution du trait de côte où les tempêtes déposent les sédiments et augmentent ainsi l'altitude du littoral, une solution fondée

sur la nature plutôt que sur une digue frontale qui à l'inverse, elle, tend à éloigner vers le large les sédiments.

SUBMERSION MARINE : ENVELOPPE ET FRÉQUENCE D'INONDATION



Quelles stratégies face à la mobilité de la côté sableuse camarguaise qui a toujours été très dynamique ?

Les variations des courants marins au fil des saisons et des années et des intensités des tempêtes génèrent des remaniements parfois spectaculaires du trait de côte selon l'état de conservation ou de restauration des dunes, la création et l'entretien de digues ou d'épis pour organiser des défenses contre la mer. Eu égard à l'ampleur de la montée du niveau de

la mer des stratégies différenciées de gestion des risques de submersion marine se mettent en place avec le déploiement de la loi GEMAPI de 2014 (Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations) et de la loi Climat et Résilience de 2021 auprès des collectivités intercommunales et avec l'accompagnement financier de l'État.

Des modélisations et simulations pour projeter l'érosion côtière et mieux connaître les enjeux humains, économiques et environnementaux

Dans le cadre de l'élaboration de la stratégie littorale le SYMADREM effectuée, avec l'aide des scientifiques, un travail important de géolocalisation des enjeux du territoire et d'évaluation des dommages potentiels liés à l'érosion côtière et aux submersions marines.

Les simulations de l'évolution du trait de côte à horizon 2100 à partir

d'hypothèses maximales de vitesses d'érosion et d'accrétion montrent une évolution sensible du littoral et des risques de dommages. Ainsi 385 personnes, 84 entreprises, 4 établissements publics et 450 ha de terres agricoles principalement situés sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer seraient concernés.



Les calculs et projections relatifs aux submersions marines permettent d'envisager différentes enveloppes spatiales et fréquences d'inondation comme ci-dessous avec le niveau de la mer en 2021.

Avec la montée du niveau de la mer – mesurée à 3,7 mm/an au niveau de la Fourcade en Camargue – la fréquence des submersions marines va croître quel que soit le scénario de changement climatique retenu à

l'échelle mondiale. Ainsi des secteurs autrefois inondés tous les 100 ans et affectant peu de personnes le seront tous les 5-6 ans et des zones inondées à une fréquence de 550 ans et impactant plusieurs milliers de personnes le seront tous les 16 ans.

Ces simulations démontrent que les enjeux liés aux submersions marines sont très élevés dans le delta compte tenu de l'exposition croissante liée à la montée du niveau marin. L'enjeu

principal lié à l'érosion du trait de côte est surtout localisé au droit des Stes-Maries-de-la-Mer. La stratégie littorale devra prendre en compte ces projections.

Face aux aléas futurs : résister, s'adapter et se transformer

Il va de soi que la protection des biens et des personnes conduit localement, notamment au droit des zones urbaines existantes, à renforcer les systèmes de protection tout en envisageant les vulnérabilités futures aux aléas croissants. Il convient de résister mais de penser aussi la relocalisation de certaines activités humaines d'ici plusieurs décennies.

Il s'agit aussi là où cela est possible et pertinent, plutôt que de résister à tout prix, quand il n'y a pas ou plus d'enjeux économiques et dans la mesure où la sécurité des personnes est assurée, de laisser les processus naturels s'exprimer pour laisser des milieux naturels s'installer et jouer à la fois leur rôle tampon localement

dans la dynamique érosive côtière et aussi éviter de déplacer l'érosion ou le risque de submersion à d'autres secteurs plus vulnérables ou d'intérêt économique.

Reconnaître l'instabilité et l'incertitude liées à un delta qui reprend son mouvement

Le changement climatique déstabilise les approches fixistes, les zones des activités humaines et des politiques publiques, les règles formelles ou en usage. Dès lors, il convient de comprendre les bouleversements et leurs conséquences pour penser et planifier de nouvelles adaptations au changement. Il s'agit d'accroître les capacités d'adaptation, ce qui passe par l'étude des phénomènes et des solutions, combinée à un dialogue territorial.





Evolution du delta d'après C. Landuré, Cl. Vella, M. Charlet (dir.), 2015.

Q4. QUELLE EVOLUTION DES MARAIS ET DE LA BIODIVERSITE ?

Jusqu'à aujourd'hui la plupart des travaux en écologie et sur la conservation des écosystèmes ou des espèces en Camargue s'intéressaient principalement aux effets des actions humaines sur la dynamique des communautés et des milieux liés aux zones humides. En effet, l'importance des structures hydrauliques du delta associées aux modifications fréquentes de la gestion de l'eau en raison de conflits d'usage, de changements de politiques publiques

(agricoles, de gestion des risques, de la chasse, de protection de la nature ou de développement touristique) mais aussi en raison de l'évolution des marchés internationaux des denrées agricoles, la diversité des dynamiques des différentes activités humaines rendaient difficile toute mise en évidence des effets du changement climatique en cours depuis plusieurs décennies. Mais face à l'ampleur croissante de ce dernier la donne a changé et il est désormais

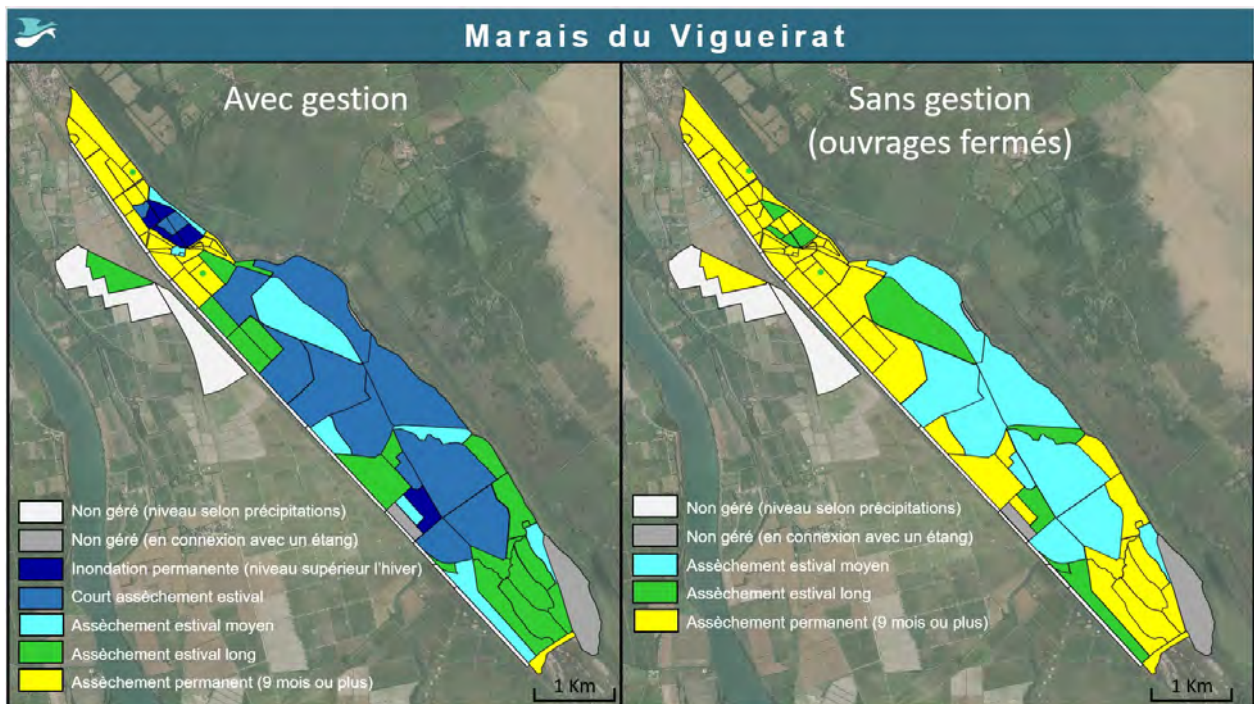
possible d'entrevoir les conséquences du changement climatique pour les zones humides du delta.



Quelles conséquences pour les zones humides ?

Dans le grand delta du Rhône le déficit hydrique annuel est important. En effet, en moyenne il y pleut 570 mm/an ce qui ne permet aucunement de compenser la perte par évaporation et transpiration des

plantes estimée à 1 457 mm/an (données SNPN-TdV 1989-2021). Or, on l'a vu précédemment (cf. p.11), on s'attend à des étés encore plus chauds et secs et des épisodes pluvieux plus rares et de plus forte intensité en dehors de la saison estivale.

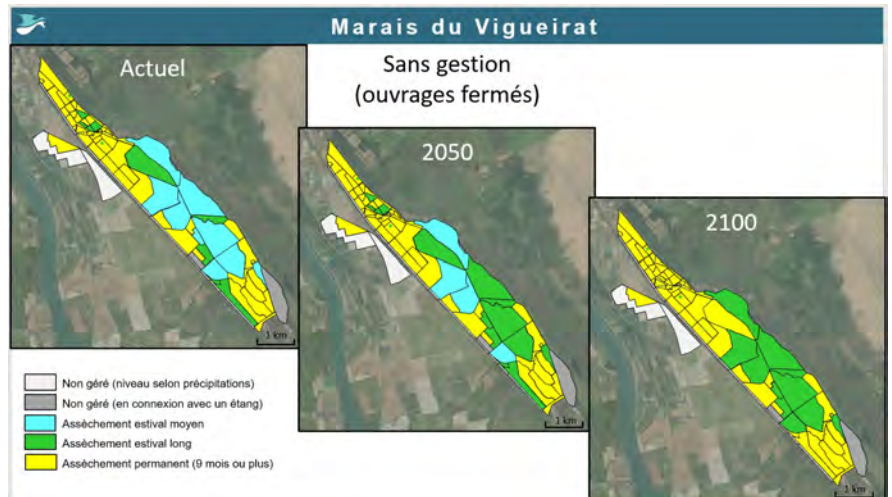


Les mises en eau des différents casiers hydrauliques de la Réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat avec ou sans gestion actuellement. Source : B. Poulin (2021).

Les marais à inondation saisonnière, typiques du climat méditerranéen, n'en seront pas trop affectés dans un premier temps grâce notamment aux pluies hivernales qui amortiront en partie l'évapotranspiration lorsque les marais seront secs. Toutefois, la remise en eau naturelle sera logiquement plus tardive puisque les pluies le seront probablement aussi. Les modèles hydrologiques issus de l'analyse des données de suivi à long terme des espaces protégés camarguais montrent qu'un marais habituellement temporairement sec de juin à septembre ces dernières années pourrait l'être de juin à octobre à l'horizon 2050 et de mai à décembre en 2100.

Pour garder la durée d'inondation actuelle il sera nécessaire d'ajouter

quelque 800 m³ d'eau de plus par hectare en 2100. Pour maintenir des marais permanents en eau toute l'année il faudra apporter au moins 15 000 m³ par hectare. L'accès à l'eau douce du Rhône sera là aussi un enjeu majeur comme nous l'avons vu plus haut (cf. p.15).



Les mises en eau des différents casiers hydrauliques de la Réserve naturelle nationale des Marais du Vigueirat sans gestion aujourd'hui et demain avec le changement climatique à horizon 2050 et 2100. Source : B. Poulin (2021).

A défaut d'apports suffisants nombre de marais fluvio-lacustres et de roselières verront leur vulnérabilité au sel fortement augmenter.

Concernant la faune, le changement de régime d'inondation des marais vers des périodes d'assèchement plus longues et plus sévères est susceptible d'impacter négativement certaines espèces de libellules et d'amphibiens comme le Pélobate cultripède ou le Triton crêté. La salinisation croissante des sols et des eaux va affecter les plantes aquatiques liées à l'eau douce ou saumâtre comme les roseaux ou les herbiers aquatiques. Les conditions locales de reproduction et d'accueil en hivernage ou en halte migratoires pour les oiseaux d'eau seront impac-

tées négativement. Les périodes de migration vont changer avec la disponibilité des ressources alimentaires. Les dates moyennes de retour des oiseaux migrateurs au printemps ont avancé de deux jours par décennies dans la seconde moitié du XX^e siècle. Pour beaucoup d'espèces les pontes auront lieu plus tôt. Notons que les espèces sédentaires ou migratrices partielles bénéficieront des hivers doux.



La répartition géographique des oiseaux et la composition des communautés vont remonter vers le nord.

Certaines espèces hivernantes comme les sarcelles d'hiver très prisées par les chasseurs descendront moins hiverner dans le sud tandis que d'autres espèces hivernantes habituellement plus au sud comme les Grues cendrées, les Canards piletts ou les Sarcelles d'été vont devenir potentiellement plus nombreuses. Certaines espèces de passe-reaux seront impactées tandis que

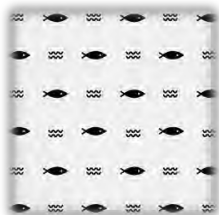
d'autres en profiteront selon les transformations que subiront les habitats et le caractère saisonnier de leurs ressources. Certaines espèces invasives exotiques pourraient coloniser de nouvelles zones suite aux changements des conditions environnementales. Des espèces locales pourraient accroître les dégâts agricoles dans les rizières par exemple si les marais sont rarement mis en eau

naturellement ou de façon trop tardive par rapport à leurs besoins. Les suivis réalisés par les scientifiques, les ornithologues amateurs et les gestionnaires de chasse ou d'espaces protégés seront importants pour évaluer ces changements, les comprendre et les intégrer dans les modes de gestion et d'exploitation du territoire.



Le Butor étoilé voit sa reproduction impactée négativement avec la dégradation des roselières liée à la salinisation des sols et des eaux.

Q5. QUELLE EVOLUTION DE LA MEDITERRANEE ET DE LA BIODIVERSITE MARINE ?



La Méditerranée est une mer semi-fermée et une des plus salées de la planète. Elle se réchauffe très vite.

Le réchauffement et l'acidification des eaux sont les deux effets majeurs qui pèsent sur la faune et la flore marine

L'augmentation de la température engendre un stress thermique chez certaines espèces de poissons qui fragilise leur système immunitaire. Plus sensibles aux parasites et maladies, les poissons voient alors croître leur mortalité comme nombre d'observations l'ont montrée lors de la canicule de 2003. Ce stress thermique modifie également la reproduction tantôt positivement pour le thon et le mérou ou négativement pour les sardines, ce qui va modifier les équilibres biologiques marins.

Face au réchauffement des eaux : s'adapter, migrer, ou disparaître

La faune et la flore marines peuvent s'adapter en migrant vers les profondeurs si habitat et nourriture sont au rendez-vous ou se déplacer vers des latitudes plus nordiques pour trouver des eaux plus froides. Les espèces méditerranéennes seront confrontées à la limite terrestre de la rive nord ainsi qu'à la pollution et l'artificialisation des littoraux.

Les végétaux ou animaux inféodés aux fonds marins ne pourront guère migrer. Ils devront s'adapter ou disparaître. Les prairies de posidonie sont déjà menacées par l'élévation des températures et l'élévation du niveau marin alors qu'elles contribuent grandement à la biodiversité régionale et au stockage des émissions de CO₂ des pays méditerranéens.

Fragilisation de l'herbier de posidonie

Rôle de l'herbier :
un écosystème à lui tout seul



il vit en symbiose avec des
organismes
calcaires



L'acidification détruit les
organismes calcaires des
herbiers, qui assurent la
protection contre les
prédateurs.

Le réchauffement de l'eau
déstabilise son mécanisme
de photosynthèse.



DÉTÉRIORATION DRAMATIQUE DE L'ÉCOSYSTÈME

© Hermann Deum

Les changements de température modifient la salinité de l'eau

Ce phénomène entraîne des inversions des courants marins et une augmentation de la stratification de l'eau. Or, en termes de reproduction et de nourriture, les espèces dépendent des courants et du mélange des différentes couches d'eau plus ou moins salées et plus ou moins chaudes. Ces mouvements d'eau permettent la circulation de la nourriture – le plancton – de l'oxygène, des œufs et des larves de beaucoup d'espèces. Une modification impor-

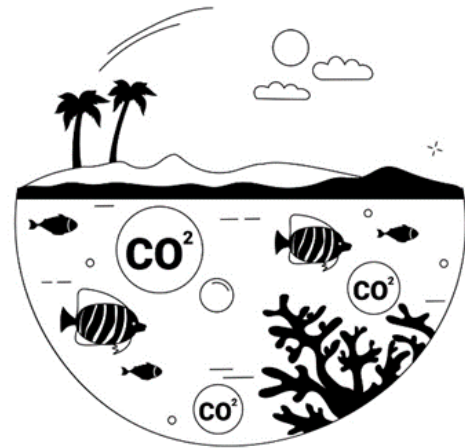
tante de la densité de l'eau change le fonctionnement écologique du milieu marin et peut engendrer une perte de viabilité.

La mer absorbe une partie du CO₂, ce qui acidifie ses eaux

En se dissolvant dans l'eau, le dioxyde de carbone se transforme en acide carbonique. Plus la mer devient acide moins le plancton se développe et moins il produit l'oxygène que nous respirons. A court et moyen termes, l'acidification diminue la diversité des espèces dans les récifs coralliens, les bancs de moules et les habitats de nombreuses algues.

L'acidification des eaux fragilise le plancton et réduit fortement sa bio-

masse. Moins disponible dans la chaîne alimentaire, les maillons supérieurs – comme les poissons – qui s'en nourrissent seront affectés. En Méditerranée, une zone proche du Vésuve connaît un niveau d'acidité proche de celui attendu en 2100. L'étude de cette zone a montré une chute de 70 % de la biodiversité des organismes calcaires et de 30 % de la diversité des autres organismes.



On s'attend dans les années à venir à une explosion de gélatineux

Méduses, Siphonophores appendiculaires, Tuniciers pélagiques devraient voir leur population augmenter avec la température. Avec la réduction du plancton les poissons planctophages vont consommer ces

gélatineux mais cela ne devrait pas permettre en l'état de réduire leur prolifération. La pêche sera impactée, les poissons ne bénéficiant plus des apports nutritifs du plancton. Il faudra également de plus en plus

protéger les plages des méduses, qui devraient toutefois être valorisées par l'industrie alimentaire ou cosmétique.

Toutefois, les espèces marines montrent une grande capacité de régénération et d'adaptation.

Par ailleurs des espèces migrent déjà de leur habitat d'origine et occupent les niches écologiques nouvelles ou vidées de leurs occupants précédents ou encore entrent en compétition avec les espèces autochtones.

La mer se tropicalisant près de 1 000 nouvelles espèces dont 126 de poissons sont arrivées en Méditerranée.

La chimère monstrueuse représente déjà 80 % du poisson pêché en Turquie, barracudas et mérus sombres sont de plus en plus communs en Ligurie.

Ces changements vont bousculer de façon croissante les habitudes et connaissances des pêcheurs et autres usagers des ressources naturelles renouvelables de la Méditerranée.



Q6. QUELLE EVOLUTION DE L'AGRICULTURE ET DE LA SALINITE DES EAUX ET DES SOLS ?

Floraisons, mise en feuille ou maturation des fruits sont de plus en plus précoces tandis que la chute des feuilles des plantes à feuillage caduc se fait plus tardivement.

Le nombre de jours de gel en baisse peut impacter la durée et la levée de dormance sur la qualité de la floraison chez les espèces fruitières, le tournesol et les espèces maraîchères. L'absence de froid peut avoir des conséquences sur la reproduction et la croissance de certains parasites

bien que cela reste à documenter. Le risque de gel printanier ne diminue pas avec la baisse du nombre de jour de gel, car sa variabilité interannuelle reste très marquée.

Malgré des fluctuations interannuelles notables, la date des vendanges a avancé d'une quinzaine de jours depuis le milieu du siècle dernier dans la basse vallée du Rhône. Le nombre croissant de journées chaudes peut affecter notablement la viticulture lors des vendanges en

favorisant une fermentation non désirée. La récolte du foin connaît aussi davantage de précocité. L'accroissement du nombre de jours d'échaudage thermique au printemps et en été est susceptible d'impacter les cultures céréalières notamment. Cela demande d'anticiper le changement et donc de revisiter les références passées concernant les dates de semis et les choix de variétés.

Avec l'élévation de la température moyenne, les cycles végétatifs changent.

Les rendements agricoles, surtout pour le blé et dans une moindre mesure pour le riz, pourraient baisser à raison de 2 % par décennie mais aussi fortement fluctuer selon les

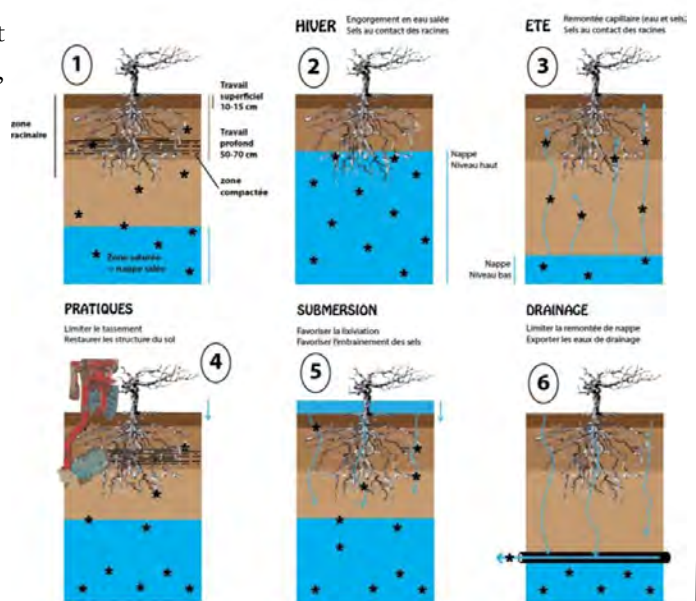
années. La chaleur va venir impacter aussi le confort thermique des animaux et leur productivité. La qualité des prairies et des pâturages extensifs pourrait se dégrader aussi avec

l'augmentation des besoins en eau comme on a pu déjà l'observer dans différentes régions françaises en 2022.

La salinisation des terres pourrait rendre impropres à la culture certaines zones littorales.

Les causes de salinisation sont souvent multiples : la surexploitation des nappes souterraines côtières pour l'irrigation ou l'adduction en eau potable favorise à terme les intrusions marines ; la régulation ou diminution des débits d'étiage du Rhône peut aussi contribuer à des remontées en amont du coin salé. Ces phénomènes sont accentués par la montée du niveau de la mer. Mais les pratiques agricoles, d'irrigation et de drainage présentes et passées peuvent aussi accentuer le processus de salinisation notamment dans un

contexte de déficit hydrique précoce, long et répété.

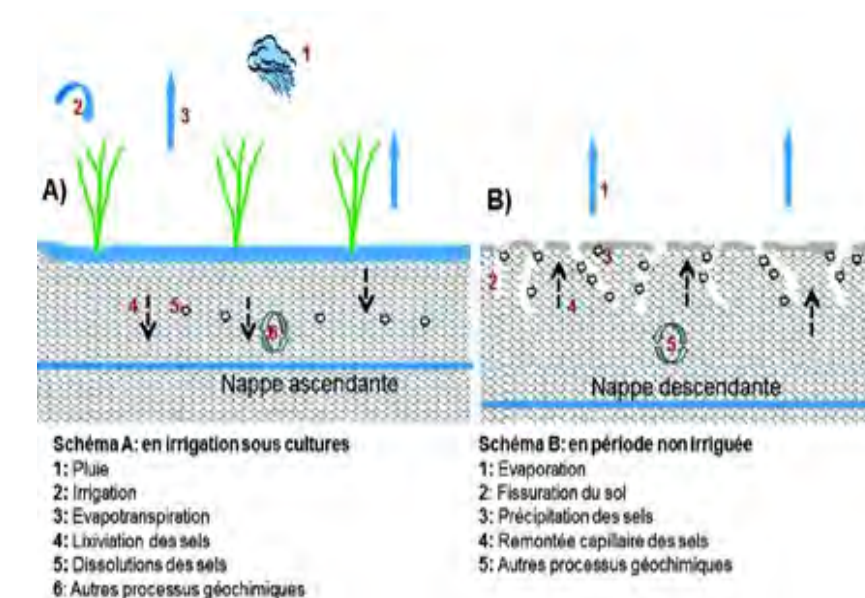


La salinisation des sols. Source : Follain *et al.* 2016

Les processus sont globalement structurés par le fleuve et les aménagements mais les effets peuvent être très localisés et liés aux pratiques mais aussi aux dépôts alluviaux et fluvio-laguno-marins.

En l'absence de barrage anti-sel, en période d'étiage ou de vents marins, les intrusions salines ont lieu dans les bras du fleuve et les canaux directement connectés à la mer. Celles-ci peuvent entraîner une irrigation des terres avec de l'eau salée mais aussi favoriser les remontées de sel dans les profils des sols, notamment dans un contexte de sols compactés et d'aménagements hydro-agricoles denses.

Rappelons que l'on rencontre deux types de nappes dans le delta : une nappe phréatique en surface et une nappe captive en profondeur. Cette dernière est généralement très affectée par l'intrusion marine sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres tandis que la nappe superficielle est salée principalement en raison de l'évaporation des eaux météoriques bien que cela dépende grandement de la localisation spatiale, de la géologie locale et des aménagements hydrauliques. Cette grande variabilité rend très difficile leur étude et celle de l'évolution du biseau salé (l'eau salée plus dense que l'eau douce passe dessous et forme un biseau). On peut parler d'une mosaïque de nappes de surface tant les formations sédimentaires sont variées dans le delta, la faiblesse de la pente topographique se traduisant par une absence fré-



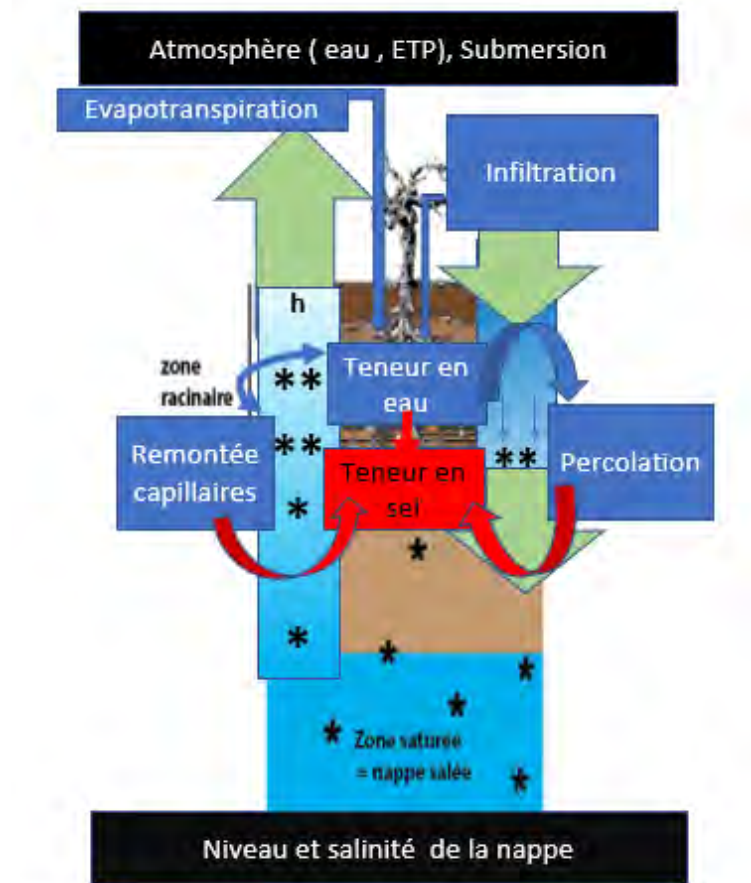
quente de connexion entre elles. Le taux de salinité de ces nappes semble en l'état des connaissances en hydrogéologie davantage liée à l'irrigation ou aux circulations générées par les paléo-chenaux naturels du Rhône qu'à l'influence marine. La construction des digues ne permet plus les inondations régulières qui permettraient naturellement d'évacuer par lessivage les sels accumulés dans les zones où l'eau circule peu et les sels se concentrent du fait de l'évaporation intense. La diminution des apports d'eau douce en période de faible rentabilité du riz, d'absence d'irrigation par submersion en raison d'un changement de pratique ou de culture, et la montée du niveau marin participent aux processus de salinisation en cours notamment dans l'ouest du grand del-

ta. Leur étude plus précise pourra permettre d'identifier les causes et les solutions.



La topographie et le système d'irrigation et de drainage constituent des atouts indéniables pour cultiver, pâturer, chasser et conserver les terres du delta. La possibilité de cultiver du riz, particulièrement adapté à l'évolution du climat sous réserve de contrôle de la salinisation des sols ou de l'usage de variétés plus tolérantes au sel, et un accès à l'eau douce important et facile participent à des perspectives positives pour le territoire.

L'accentuation du déficit hydrique, en raison du manque de pluie hivernale et/ou d'une baisse des débits d'étiage du Rhône combinée au risque d'échaudage des autres cultures en rotation (blé, luzerne) et à la montée du niveau de la mer, affaiblit les possibilités d'irrigation notamment en absence d'une gestion concertée des périmètres irrigués.



Source : Follain *et al.* 2016; Berteloot *et al.* 2021; Colin F., 2022

Les adaptations à mettre en place sont encore à évaluer (agroforesterie, agroécologie, ombrières, assolements, nouvelles cultures, gestion des sols, lessivages, réserve utile des sols, stockage de l'eau) tout comme les coûts de ces changements.

Q7. QUEL ROLE DES ASA DANS LE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU DELTA DU RHONE ?

Pour tout propriétaire d'une terre dans le delta, face aux nécessités de se protéger des crues du fleuve, des submersions marines, de la pestilence des eaux stagnantes, de la sécheresse et des remontées salines, il fallut dès le Moyen Âge mettre en œuvre des moyens privés et collectifs.



Porte-eau sous couvert arboré



Porte-eau en milieu ouvert

Canaux et roubines de Camargue. Source : J.E. Roché PNRC

Des associations de propriétaires pour se protéger des crues, assainir et valoriser les terres

Dès le XIII^e siècle des levadiers sont chargés par les propriétaires et l'autorité publique des réparations et de l'entretien des digues dans les périmètres qui leur sont affectés. Au fil des accidents, des crues, des défauts et oublis d'entretiens, des associations de propriétaires sont créées et deviendront plus tard des ASA (Associations Syndicales Autorisées) chargées non seulement de protéger

les biens et les personnes des inondations mais aussi d'évacuer les eaux stagnantes voire de les assécher pour conquérir de nouvelles terres. Partout dans le delta, pour l'assainissement comme pour l'irrigation, les eaux circulent et le milieu se transforme sous le pilotage des associations de propriétaires qui investissent et espèrent en retour des profits matériels et immatériels. Il en est

autant du pouvoir central qui, en l'attente de plus-value fiscale, contrôle et aide ces associations.

Canaux et roubines de Camargue. Source : J.E. Roché PNRC



Roubine en marais



Roubine agricole à berges végétalisées



Canal agricole à berges peu végétalisées



Fossé rizicole

Se défendre du Rhône et de la mer

Suite aux inondations de 1856, les bras du Rhône sont corsetés par des digues et une digue à la mer est créée dans l'Île de Camargue. Tous les propriétaires de la Camargue insulaire deviennent des cotisants – proportionnellement à la superficie de leurs biens-fonds – de l'association forcée – c'est-à-dire d'intérêt collectif selon l'autorité préfectorale – de la digue à la mer en 1859, qui fusionne ensuite avec l'Association forcée des chaussées de la Grande Camargue en 1883 après les grands travaux d'endiguement du Rhône. Dans le Gard, les ASA en charge

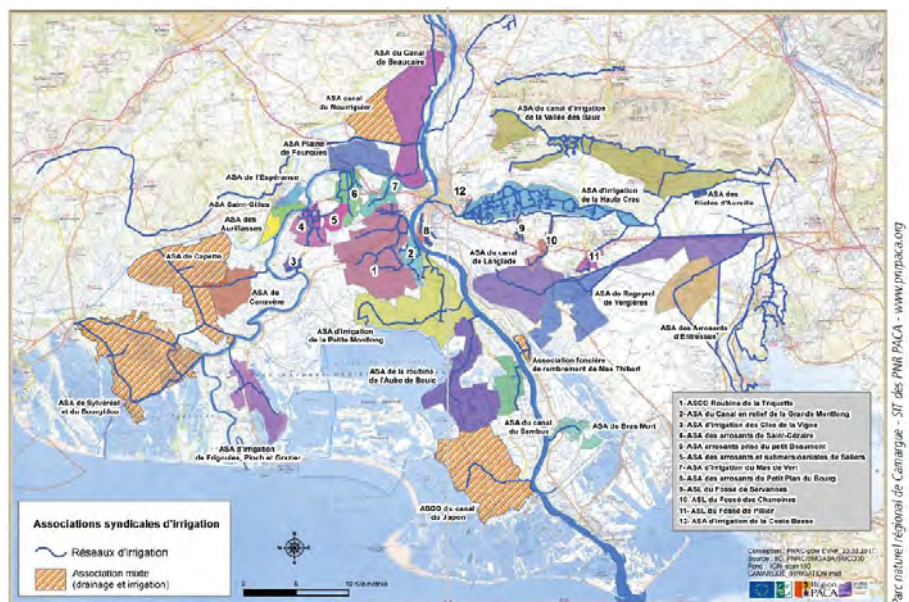
des digues sont rassemblées dans un syndicat intercommunal des digues du Rhône de Beaucaire à la Mer (SIDR) en 1987. Dans les Bouches-du-Rhône, les crues de 1993 et 1994 et les ruptures de digues associées, facilitent la création d'un Syndicat intercommunal similaire, le *Syndicat intercommunal de gestion des digues et de la mer* (SIDRHEMER), remplacé, après les crues de nov. 2002 et déc. 2003, par le *Syndicat mixte d'aménagement des digues du Rhône et de la mer* (SYMADREM), composé des communes d'Arles, des Saintes-Maries-de-la-Mer et de Port-Saint-Louis-du-

Rhône, vite rejointes par le département des Bouches-du-Rhône et la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Toujours à la suite des crues de 2003, qui affectent aussi gravement la partie languedocienne du delta, les deux Régions décident d'interrégionaliser le SYMADREM. Ce dernier dispose de la compétence GEMAPI (Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations) et entretient les digues des 15 communes du grand delta du Rhône (11 dans le Gard et 4 dans les Bouches-du-Rhône).

Irriguer et drainer

Avec le développement du vignoble, à la fin du XIXe siècle, les pratiques de submersion nécessaires pour lutter contre le phylloxéra se généralisent et les ASA répondent à la demande en installant des stations de pompages des eaux du Rhône à l'aide de machines à vapeurs. À partir de la seconde guerre mondiale, le gouvernement de Vichy lance la riziculture en Camargue et charge le Génie rural d'adapter l'infrastructure hydraulique aux besoins des riziculteurs. L'irrigation et l'assainissement sont réorganisés dans l'Île de Camargue à partir des années 1950 afin que l'étang du Vaccarès ne soit plus le réceptacle des eaux de colatures. Cependant tous les bassins n'ont pas été poldérisés (Fumemorte, Roque-

maure). Le Syndicat mixte de gestion des ASA du pays d'Arles est créé. Les problèmes de gestion des niveaux d'eau du Vaccarès et de sa salinité demeurent et sont pris en charge par une nouvelle arène de concertation : la Commission exécutive de l'eau (CEDE, créée en 1996 à l'initiative du PNRC) pour identifier des niveaux hydrosalins acceptables par les différentes parties prenantes¹, via des décisions d'ouverture/fermeture des vannes des pertuis, tout en conservant comme objectif prioritaire de minimiser les risques d'inondation.



Dans les années 1970 et 1980, le Parc naturel régional de Camargue se déploie, les ASA bénéficient de financements importants pour l'amélioration hydraulique. En 1995,

¹ En lien avec les objectifs de gestion des plans de gestion successifs de la Réserve naturelle Nationale de Camargue (classée en 1975) dont la gestion est confiée à la SNPN depuis 1927.

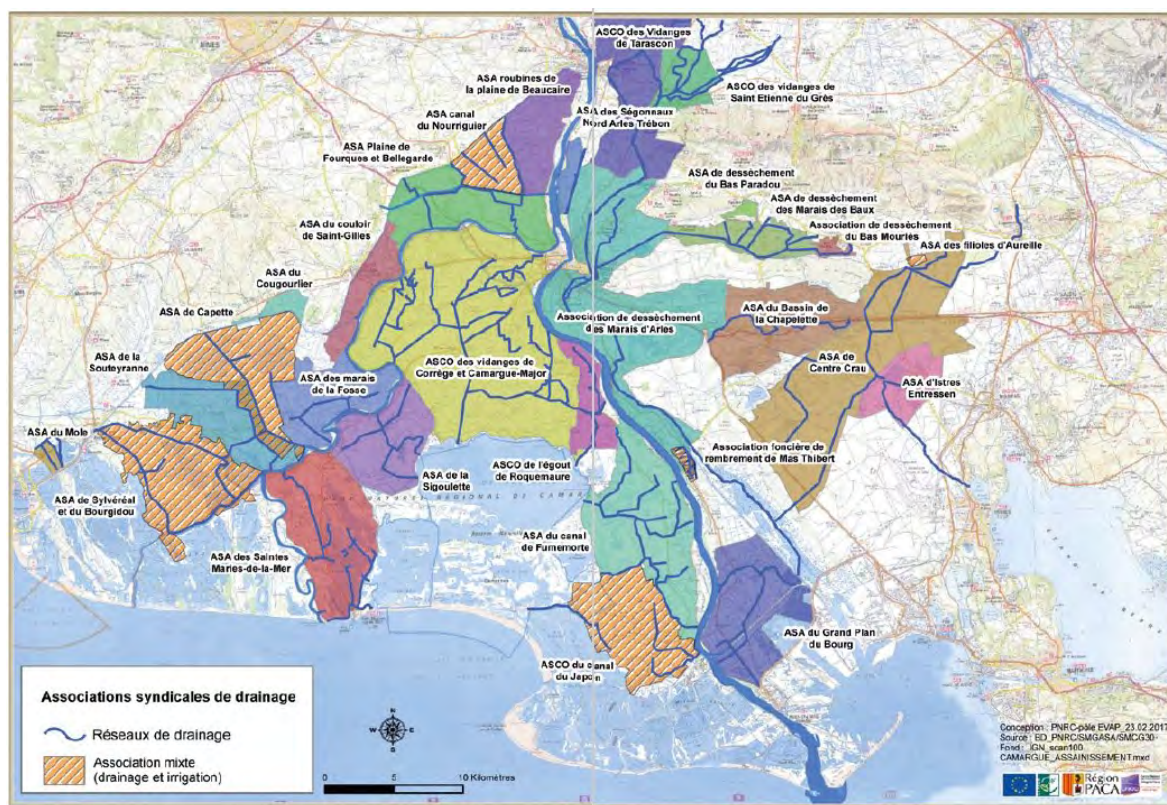
Depuis, différents programmes et commissions traitent de la gestion concertée de l'eau en enrôlant les ASA et leur syndicat. Dans le même temps, en Camargue gardoise, une charte de l'environnement est portée par le département et huit communes. Le Syndicat mixte de gestion et de protection de la Camargue gardoise est créé à la fin des années 1990 et un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) mis

en place en 2001 sur les 11 communes gardoises concernées en totalité ou en partie par le delta. Le rôle clé des 15 ASA gardoises est souligné pour sa contribution à l'entretien du réseau hydraulique agricole et réaffirmé lors de la création de l'Union des ASA de Petite Camargue en 2004. Il en est de même dans les Bouches-du-Rhône dont les 40 ASA participent depuis 1995 du

Syndicat mixte de gestion des ASA du Pays d'Arles.

Partout les ASA assurent le fonctionnement de leurs ouvrages (stations de pompage, ponts, vannes, martellières) et l'entretien de leurs canaux (maintenance des berges, débroussaillage, curage) avec le produit des cotisations de leurs membres-propriétaires, complété de subventions et d'emprunts. Il convient de relancer une dynamique

collaborative avec les ASA et les propriétaires concernés pour améliorer leur capacité à s'adapter tout comme à contribuer à l'adaptation ou la transformation du delta face au changement climatique.



Q8. QUELLE EVOLUTION DE LA CIRCULATION DES EAUX ET DE LEUR QUALITE DANS LE DELTA ?

Au-delà du problème de salinité et des niveaux d'eau saisonniers des étangs et marais situés en aval des périmètres d'irrigation et de drainage comme le Vaccarès ou les étangs du Charnier et du Scamandre, les analyses de qualité des eaux montrent une contamination des canaux de drainage par les pesticides et leur transfert vers les étangs et lagunes.



Des eaux de piètre qualité

Les suivis scientifiques réalisés depuis une douzaine d'années dans les émissaires de l'étang du Vaccarès au cœur du delta - classé en Réserve naturelle nationale depuis 1975 - ont permis de détecter plus de 70 contaminants (pesticides, HAP, métaux lourds). Ces résultats révèlent que si la majorité de la pollution provient du delta, une partie non négligeable vient de l'extérieur. On peut souligner en effet l'existence d'une pollution chronique d'origine atmosphérique (HAP notamment) et d'une

autre d'origine rhodanienne (certains métaux lourds). Par ailleurs, plus d'une douzaine de molécules interdites sont détectées régulièrement – comme l'atrazine, le lindane, le molinate, la carbendazime, le dichlobénil, le prétilachlore, le DNOC, la diméthénamide, etc. – et d'autres autorisées ou non en riziculture et en maraîchage sont présentes à des niveaux de concentrations très supérieures aux normes environnementales. Cette pollution conduit, avec la turbidité élevée des eaux et les

concentrations importantes en ammonium et nitrites, au classement de la qualité des eaux comme médiocre, mauvaise ou très mauvaise. Les sédiments sont également contaminés par les phosphates et les éléments traces métalliques comme l'arsenic, l'antimoine, le chrome, ou le mercure. L'ensemble de ces polluants constitue un stress chimique important pour la faune et la flore aquatique et affecte les herbiers de zostères du Vaccarès et plus généralement la biodiversité camarguaise.



De même, la qualité des étangs et lagunes sur les marges occidentales du delta est globalement mauvaise en raison d'une forte eutrophisation liée au confinement des masses d'eau et à la présence de matières organiques, phosphorées et azotées et de pesticides. Les rejets de pollutions domestiques issues des rejets des stations d'épuration couplés à de faibles débits d'étiage participent à la piètre qualité des eaux de surface

(canaux, Petit Rhône, chenal maritime, Vistre) et des masses d'eau souterraines. La présence croissante de sel est une contrainte supplémentaire pour la gestion des milieux doux.

L'accroissement des températures et le confinement d'eaux aussi polluées pourraient impacter sensiblement les valeurs d'oxygène dissous et réduire la survie des organismes aquatiques.



Les problèmes de qualité des eaux et de salinité de nombreux milieux aquatiques camarguais, s'expliquent aussi parce que ces derniers voient leurs eaux de plus en plus confinées.

Les études en hydrologie relatives au fonctionnement du Vaccarès et des étangs inférieurs montrent la grande complexité du fonctionnement hydrosalin de ce système, qui dépend de nombreux facteurs climatiques (précipitations, évaporation, vent) et humains, avec un fort impact de la gestion de l'ouvrage du Pertuis de la Fourcade reliant le système à la mer, et une grande influence des eaux de drainage, résultant de l'intensité des activités agricoles dans les différents bassins-versants environnants.

Ces études montrent que le Vaccarès et les étangs inférieurs sont des milieux très confinés. En effet, la très forte évaporation sur ce site n'est pas totalement compensée par les eaux de drainage. Ceci induit donc des diminutions de niveaux d'eau et des augmentations souvent conséquentes de salinité, pouvant notamment défavoriser les activités de pêche. Avec cette forte évapora-

tion non compensée, les niveaux du Vaccarès et des étangs sont très souvent inférieurs à ceux de la mer, limitant en dehors de fort mistral les possibilités d'écoulement vers la mer.

Faire entrer plus d'eau de mer dans les étangs par le Pertuis de la Fourcade est un exercice d'équilibriste : cela permet sur le court terme de faire remonter le niveau d'eau dans les étangs et de faire diminuer les salinités lorsque celles-ci sont supérieures à celle de la mer. Cependant, les suivis hydrologiques existants, confortés par des résultats de modé-

lisation, montrent qu'avec la petite taille des vannes actuelles du Pertuis de la Fourcade, lorsque du sel entre de la mer vers ces étangs très confinés, il est très difficile de le faire ressortir de ceux-ci. Ainsi, plus d'entrées d'eau de mer par le Pertuis de la Fourcade favorise l'augmentation du stock de sel des étangs sur le moyen et le long terme, et favorise donc des salinités encore plus élevées les années suivantes. D'autre part, de très hauts niveaux du Vaccarès (supérieurs à +0,50 m NGF), peuvent par vent du sud favoriser une érosion des berges, qui doit être surveillée.

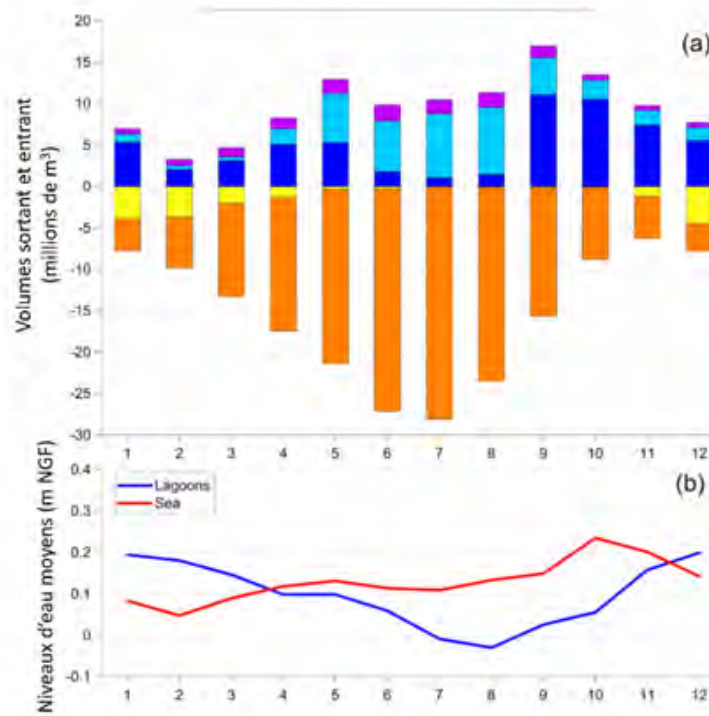


© SNIPN

En résumé, l'évolution du fonctionnement hydrosalin de ce système est donc très sensible au changement climatique, en particulier à l'élévation du niveau de la mer, combinée à la subsidence du delta du Rhône (plutôt faible mais variable selon les secteurs géographiques). Les changements dans la dynamique des précipitations et de l'évaporation, avec des prévisions de sécheresses plus précoces et plus sévères en été, affecteront très probablement encore

plus fortement les niveaux d'eau et la salinité dans le système lagunaire du Vaccarès tels qu'ils sont connus depuis l'endiguement. Le fonctionnement hydrosalin sera également très sensible aux changements des activités agricoles dans le delta du Rhône, tels que les mutations du type de cultures agricoles et de leur surface correspondante, qui dépendent à leur tour de divers facteurs externes notamment le marché mondial du blé ou la politique agri-

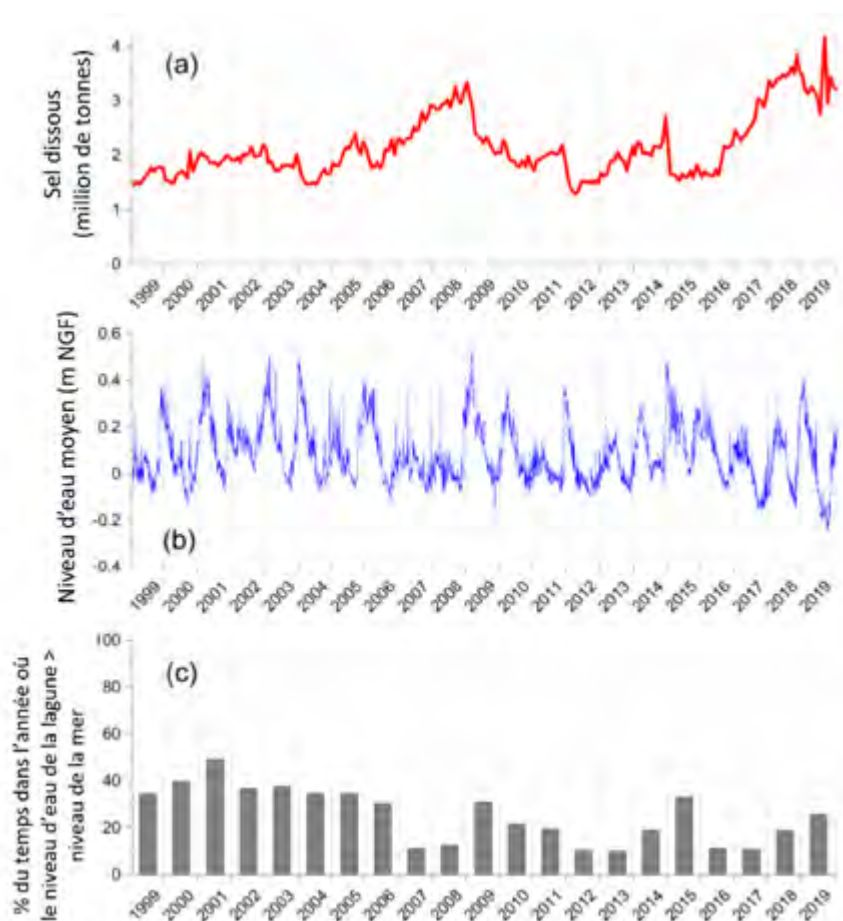
cole commune de l'Union Européenne.



Evolution mensuelle (a) des volumes d'eau du Vaccarès (1999-2007). Précipitations (bleu), Evaporation (orange), eaux de drainage (bleu clair), sortie de la lagune vers la mer (jaune), entrée d'eaux de mer (mauve); (b) des niveaux d'eau moyens, en bleu de la lagune, en rouge de la mer. Source : Boutron et al. (2021)

Avec l'élévation future du niveau de la mer et l'augmentation de l'évaporation, plusieurs options doivent être explorées pour limiter les conséquences de l'augmentation associée de la salinité dans les lagunes. Ces options comprennent l'augmentation des connexions entre le système et la mer, afin de le déconfiner, et/ou l'apport d'eau douce supplémentaire des bassins-versants dans les lagunes et/ou directement du fleuve, comme cela est envisagé dès 2023 dans le cadre du plan de sauvegarde du Vaccarès. Cependant, la qualité de l'eau provenant des ca-

naux de drainage agricoles suscite des inquiétudes. L'augmentation de la quantité d'eau douce provenant de ces bassins-versants agricoles dans les lagunes doit donc être associée à des programmes visant à assurer une qualité chimique et physico-chimique compatible avec les normes environnementales et la qualité écologique de l'eau et des milieux aquatiques. La possibilité de créer de nouvelles connexions entre le système de lagunes du Vaccarès et le Rhône, sous réserve de seuils de débit et de niveau d'eau prédéterminés, est également envisagée.



Evolution de 1999 à 2019 (a) de la masse de sel dissous dans le Vaccarès ; (b) du niveau d'eau moyen; (c) du pourcentage de temps dans l'année où le niveau d'eau de la lagune est supérieur à celui de la mer. Source : Boutron et al. (2021)

De tels aménagements tendraient à se rapprocher du fonctionnement d'un delta naturel connectant ses lagunes et marais sinon en permanence du moins plus fréquemment avec la mer et le fleuve. Il n'y a toutefois pas de solution aisée : des compromis et une gestion adaptative sont nécessaires. La gestion future des eaux dans le grand delta du Rhône devrait être basée sur une approche intégrée et multidiscipli-

naire visant à assurer son équilibre écologique et sa durabilité socio-économique.



Pour le Vaccarès, l'évacuation à la mer n'est déjà possible certaines années que 9 % du temps avec un niveau marin croissant et avec un ouvrage de ressuyage, le Pertuis de la Fourcade, jusqu'ici sous dimensionné. La mise à niveau du pertuis en 2025 (passage à 18 vannes au lieu de 13 actuellement) devrait faire évoluer sensiblement les capacités

de gestion même dans un contexte d'élévation du niveau marin.

Pour le canal du Vigueirat et les marais associés du Grand plan du Bourg, cela est dépendant de la gestion du barrage anti-sel par le Grand port maritime de Marseille. Cette situation demande de préserver les zones naturelles ou agricoles qui pourront agir comme zones tam-

pons ou réservoir jusqu'à l'évacuation ou l'usage de ces eaux en surplus momentané.

Aujourd'hui, le problème de la qualité et de la gestion des eaux reste important. Il sera exacerbé par les augmentations de températures et le confinement croissant des masses d'eau. Les conflits d'usages devraient se multiplier face aux difficultés grandissantes à assurer les prélèvements gravitaires et la réduction sévère des étiages du Rhône ou à optimiser des apports ou un drainage en période de hautes eaux en

deçà des seuils d'alerte. Par ailleurs, le delta et tout particulièrement ses marges restent le réceptacle des pollutions des bassins voisins et des centres urbains avec l'augmentation des populations et des variations saisonnières de flux liés à l'activité touristique.

La riziculture et les activités traditionnelles – sagne, élevage, chasse – menacées par une telle situation peuvent contribuer à réduire les

conflits, à maintenir, à restaurer et gérer les masses d'eau douce de qualité du fait qu'elles ont besoin d'entretenir et de restaurer les zones humides pour conduire sereinement leur activité. La PAC et les plans agro-environnementaux et climatiques, la politique européenne Natura 2000, doivent donner la possibilité aux usagers de contractualiser des mesures favorables à l'usage raisonné et sage des eaux.

Q9. QUELLE EVOLUTION DE L'HABITABILITE DU DELTA ?

Le changement climatique affecte déjà le cadre de vie ainsi que les styles de vie dans le grand delta et ses environs immédiats.

Les phénomènes d'îlot de chaleur vont se multiplier

Au-delà de l'exposition aux risques d'inondations ou de submersion marine déjà évoqués plus haut, à l'image du sud de la France et du reste du pourtour méditerranéen, le grand delta du Rhône sera touché par des vagues de chaleur à la fois plus longues et plus intenses. Dans les villes et gros bourgs les différences de températures provoquées par les îlots de chaleur urbains pourront atteindre plusieurs degrés Celsius entre le cœur de ville et la cam-

pagne environnante, y compris pour les secteurs situés en bord de mer. Les périodes caniculaires sévères faciliteront avec la pollution de l'air à la fois les crises d'asthme, les conjonctivites mais aussi la fatigue, l'anxiété ou encore les malaises et maladies cardiovasculaires. Les femmes enceintes, les enfants et personnes âgées sont vulnérables. La végétalisation des espaces urbains sera nécessaire et devra être accompagnée de travaux d'optimisation



énergétique des bâtiments dans tous les types de quartiers pour éviter ou réduire les injustices écologiques. Par ailleurs, l'adaptation en cours du rythme du temps de travail comme de loisir devrait s'amplifier (activités concentrées en début et fin de journées). L'engagement individuel et collectif sera nécessaire pour relever le défi aux côtés des élus.

Partager et distribuer l'eau potable : un enjeu crucial sur le littoral

Sur le plan de l'accès à l'eau potable, les remontées salines au droit des prises d'eau au Petit Rhône en raison de coefficients de marée important conjugués à des faibles débits et un vent du sud vont se reproduire et passer d'une fréquence accidentelle à chronique, obligeant les Stes Maries de la Mer à modifier son réseau d'approvisionnement d'eau potable. La nappe de Crau à l'est du grand delta est très vulnérable aux pollutions en raison de sa faible profondeur et dépend fortement de l'irrigation gravitaire des foins de Crau

dont l'eau provient de la Durance. Toute modification de l'occupation des sols (et notamment la destruction de milieux naturels), des pratiques agricoles ou de l'allocation de la ressource en eau à l'échelle du bassin-versant peut compromettre l'adduction en eau potable de plus de 270 000 personnes. De même, un excès de prélèvement peut provoquer l'avancée du biseau salé et contaminer de façon irréversible les captages pour l'eau potable ou contribuer à la salinisation des zones humides et terres agricoles.



Dialogue et concertation sont indispensables pour mieux gérer les eaux souterraines dans le cadre des contrats de nappe et SAGE.

Anticiper l'arrivée de nouveaux vecteurs de virus et surveiller ces derniers

L'élévation des températures pourrait favoriser l'installation de nouveaux vecteurs de virus qui pourraient transmettre des agents infectieux. Le moustique tigre déjà présent en ville devrait poursuivre son installation vers le nord et favoriser des apparitions de chikungunya, zika ou de dengue. La mobilité des oiseaux sera également affectée et pourra favoriser localement la présence de virus comme celui du Nil Occidental qui peut toucher déjà

ponctuellement les chevaux dans le delta. La possibilité d'une résurgence du paludisme en Camargue mais aussi en vallée du Rhône est désormais envisagée par les spécialistes.



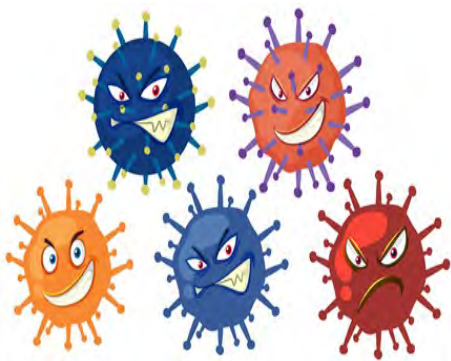
À l'horizon 2050 il est probable que la période d'activité des moustiques sera à la fois plus précoce d'une quinzaine de jours et plus longue de 26 jours. Au-delà du risque sanitaire, le niveau de nuisance ressenti notamment pendant la période estivale devrait s'accroître aussi avec le rallongement de la période d'activité en plein air des humains.

Les précipitations, notamment les orages et événements de type céve-

nol pourront inonder plus fréquemment ou plus longtemps les sols et favoriser des émergences importantes de moustiques. Combinées avec la chaleur qui réduit les périodes d'incubation, ces émergences pourront nourrir des épidémies aux dynamiques plus rapides. De nouvelles maladies (notamment des fièvres hémorragiques) sont également l'objet de surveillance parce qu'elles remontent d'Afrique centrale ou orientale et arrivent actuellement en Afrique du Nord. La gestion des eaux et la démoustication raisonnée pourront être utiles pour contrôler les moustiques. Une surveillance à la fois des vecteurs et réservoirs (moustiques, tiques, oiseaux, rongeurs) et des virus et leurs phénotypes est nécessaire pour anticiper et gérer toute nouvelle situation de crise sanitaire.

Réduire les émissions de gaz à effet de serre mais pas que...

Promouvoir la mobilité douce, lutter contre les îlots de chaleur et développer la nature en ville, renforcer la lutte contre les inégalités sociales de santé sont aussi les défis d'aujourd'hui.



Q10. QUELLES ETUDES ET QUELLE GOUVERNANCE POUR L'ADAPTATION DU GRAND DELTA DU RHONE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?



Les problèmes environnementaux ne sont pas seulement des problèmes biophysiques mais aussi des problèmes institutionnels qui dépendent de notre gouvernance, de nos systèmes de valeurs et de nos modes de connaissance.

Les visions de l'adaptation au changement climatique en Camargue évoluent le long d'un gradient allant de la maîtrise hydraulique historique reposant sur le génie civil et l'aménagement à l'adaptation de la gestion et des aménagements existants en intégrant les processus biophysiques dans des opérations de restauration écologique.

Deux grandes catégories d'études ont été identifiées par les partici-

pants aux ateliers. Des études en hydrologie et agronomie ainsi que des études sur les modalités de gouvernance de l'adaptation au changement climatique.

Il s'agit de programmer des travaux scientifiques qui permettront de mieux comprendre les processus de salinisation en cours en faisant la part de l'absence d'entretien du réseau hydraulique, de la baisse des précipitations, de la montée du niveau marin, des changements de pratiques agricoles (suivis piézométriques etc.).

En agronomie, il s'agit de rechercher des variétés plus résistantes à la sécheresse et/ou au sel et d'adapter les pratiques agricoles à l'évolution des conditions de milieux et aux techniques disponibles.

Ces travaux devraient s'appuyer également sur de la modélisation de l'évolution du delta en élaborant des scénarios de montée des eaux pour protéger les activités humaines des intrusions marines tout en permettant l'évacuation des eaux douces qui sera de plus en plus difficile en

période de crue.

Ces explorations par simulation doivent permettre de répondre à des questions déterminantes comme : quelle place des infrastructures hydrauliques (irrigation/drainage) et de protection dans l'adaptation au CC ? Doit-on continuer d'artificialiser le delta pour gérer le changement climatique ?



En bref, une approche systémique multi-échelle, sociale, économique, hydrologique et écologique, et une prospective sur les effets du changement climatique par secteurs géographiques, du littoral à l'arrière-littoral à 2030, 2050 et 2100, sont indispensables.

Sur le plan de la gouvernance, il

convient de mobiliser les sciences de la gestion et les sciences de l'homme et de la société dans la définition avec les acteurs locaux et leurs élus, d'un projet de territoire combinant protection des habitants, activités économiques et conservation de la biodiversité.

Conduire une approche comparative quant aux modalités de gouvernance et aux stratégies d'adaptation construites dans les autres deltas et littoraux français, européens ou méditerranéens a été souligné comme une voie importante à explorer.



Ces réflexions seront poursuivies en différentes arènes, celles de la révision de la charte du Parc naturel régional ces prochains mois et années ; celles du plan de gestion des étangs et marais de Camargue gardoise dans le cadre du SAGE et du Grand site de Camargue gardoise.

Quant aux ateliers animés par le SYMCRAU et le SYMADREM qui mobilisent leurs expertises ils auront lieu également ces prochains mois. Enfin, un suivi participatif de la salinité et des projets de recherche-action devraient se déployer ces prochaines années. Toutes ces dé-

marches permettront d'accompagner les Camarguaises et Camarguais pour qu'elles et ils relèvent les défis du changement climatique dans le grand delta et la réserve de biosphère de Camargue.



Remerciements

Nous remercions chaleureusement l'ensemble des participants aux ateliers, habitants, propriétaires et usagers, élus et techniciens de collectivités territoriales, membres du groupe de travail du conseil scientifique et d'éthique du parc naturel régional et de la réserve de biosphère, du Syndicat mixte Camargue gardoise et du Parc naturel régional de Camargue ; les gestionnaires et responsables de suivis scientifiques de la RNN de Camargue, de la RNN du Vigueirat, des RNR du Scamandre et de Mahistre et Musette, du Conservatoire du Littoral, du SYMADREM, sans oublier la Fondation de France pour son soutien financier.

Nous remercions également Céline et Deborah pour leur relecture attentive.

Ressources disponibles

Groupe d'experts sur le changement climatique en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-Sud): <http://www.grec-sud.fr>

Réseau d'expertise sur les changements climatiques en Occitanie (RECO) : <https://reco-occitanie.org>

Réseau national français des réserves de biosphère animé par l'association MAB France : <https://www.mab-france.org/fr>

Réseau national français des parcs naturels régionaux : <https://www.parcs-naturels-regionaux.fr/>

Site officiel du syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue gardoise :

<https://www.camarguegardoise.com/>

Site officiel du parc naturel régional de Camargue : <http://www.parc-camargue.fr/>

Site officiel du Conservatoire du Littoral : <https://www.conservatoire-du-littoral.fr>

Site officiel de la Tour du Valat : <https://tourduvalat.org>

Site officiel de l'Institut National Ecologie Environnement du CNRS : <https://www.inee.cnrs.fr>

Site officiel du Centre Européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement ; <https://www.cerege.fr/fr>

Site officiel du Laboratoire d'étude des interactions entre sol-agrosystème-hydrosystème : <https://www.umr-lisah.fr>

Site officiel du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive : <https://www.cefe.cnrs.fr>

Site officiel de la Société Nationale de Protection de la Nature, gestionnaire de la Réserve Nationale de Camargue

<https://www.snnpn.com/reservedecamargue/>

Références

- Arnaud-Fassetta A., Suc J.P., 2015. Dynamique hydrogéomorphologique et diversité végétale dans le delta du Rhône (France) de -10 000 ans à demain. In Reynard E., Evéquoqz-Dayen M. & Borel G. édit. *Le Rhône, entre nature et société*, Cahiers de Vallesia, p.63-98.
- Blondel J., Barruol G., Vianet R., (sous la dir.), 2013. *L'encyclopédie de la Camargue*. Buchet-Chastel, Paris.
- Boutron O. et al. 2021. Hydro-saline dynamics of shallow mediterranean coastal lagoon : complementary information from short and long term monitoring. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9, 701.
- Boyer J. et al. 2003. *Le delta du Rhône : géodynamique postglaciaire*. Rapport Final, Référentiel géologique de la France, Rapport BRGM/RP-52179-FR, 99 p.
- Berteloot V. et al. 2021. *Interactions eau-communautés végétales et dynamiques d'usages des terres en zone littorale méditerranéenne : étude de cas de la basse plaine de l'Aude*. Travaux de thèse sous la direction de F. Colin et E. Kazakou.
- Colin F., 2022. *Salinisation des eaux et des sols en zones côtières méditerranéennes. Gestion et trajectoires d'évolution*. Présentation orale, projet PECHAC, 20 juin 2022, Musée de la Camargue, Arles.
- Follain S. et al., 2016. *Dépérissements et salinités des sols : diagnostic et action de lutte en zone littorale*. Conférence 8^{ème} journée scientifique de la vigne et du vin, SupAgro Montpellier.
- Guiot J., 2022. *Le changement climatique en Camargue*. CSE PNR/RB de Camargue, Présentation orale, projet PECHAC, 20 juin 2022, Musée de la Camargue, Arles.
- Jeffries E. et al. 2021. "The climate change effect in the Mediterranean. Six stories from an overheating sea" WWF Mediterranean Marine Initiative, Rome, Italie.
- Landuré C., Cl. Vella, M. Charlet (dir.), 2015. *La Camargue au détour d'un méandre, Etudes archéologiques et environnementales du Rhône d'Ulmet*. Arles, Musée de l'Arles Antique.
- Mallet T., 2022. *Premiers éléments de diagnostic pour la stratégie littorale du grand delta du Rhône*. Présentation orale, projet PECHAC, 20 juin 2022, Musée de la Camargue, Arles.
- Mathevet R. 2004. *Camargue incertaine. Sciences, Usages et Natures*. Buchet-Chastel, Paris.
- Mathevet R., Bousquet F., 2015. *Résilience et environnement. Penser les changements socio-écologiques*. Buchet-Chastel, Paris.
- Picon B., 2018. *L'espace et le temps en Camargue*. Actes Sud, Arles.
- Poulin B., et al., 2021. *Etude sur le rôle de la gestion hydraulique ns le maintien et le fonctionnement des écosystèmes et des hydrosystèmes sur certains sites du Conservatoire du littoral*. Tour du Valat, Arles.
- Sabatier F., Suanez S., 2003. Evolution of the Rhone delta coast since the end of the 19th century. *Géomorphologie* (4): 283-300.
- Sabatier F. et al., 2009. Connecting large-scale coastal behavior with coastal management of the Rhone delta. *Geomorphology* 107:70-89.
- Sabatier F., Chaïbi M. et Ph. Chauvelon, 2007. Transport éolien par vent de mer et alimentation sédimentaire des dunes de Camargue, *Méditerranée*, 108 : 83-90.



Groupe de travail

Stéphan Arnassant, PNR de Camargue
Cécile Bazart, CSE PNR/RBC, UMR CEEM, Université Montpellier
Nicolas Bonton, Syndicat Mixte Camargue Gardoise
Olivier Boutron, Tour du Valat, CSE PNR/RBC, Arles
Pauline Constantin, Institut Marin Seaquarium, Grau du Roi
Hannab Daum, Institut Marin Seaquarium, Grau du Roi
Jean-Claude Duclos, CSE PNR/RBC, Arles
Joël Guiot, CNRS CEREGE, GREC-SUD, CSE PNR/RBC, Université Aix-Marseille
Rémi Luglia, CSE PNR/RB, AHPNE, Université Caen Normandie
Raphaël Mathevet, CNRS, UMR CEFE, CSE PNR/RBC, Université Montpellier
Brigitte Poulain, Tour du Valat, CSE PNR/RBC, Arles
Claude Vella, CEREGE, CSE PNR/RBC, Université Aix-Marseille

Coordination : R. Mathevet - CNRS CEFE

Contact : raphael.mathevet@cefe.cnrs.fr

Financement : projet Penser les effets du changement climatique en Camargue (PECHAC) Fondation de France, CNRS Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier, Parc naturel régional de Camargue et Syndicat mixte Camargue Gardoise.

Illustrations et photos : © auteurs ou © Freepik

Pour citer ce document :

PECHAC, 2022. *Le changement climatique et ses effets dans la réserve de biosphère de Camargue. Etat des connaissances en 10 questions/réponses*. Réserve de biosphère de Camargue, Parc naturel régional de Camargue, Syndicat Mixte Camargue Gardoise, Juin 2022. Coord. Mathevet R., CNRS, Arles, Vauvert, Montpellier, 44 p.

