

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA SALINISATION DES LAGUNES MÉDITERRANÉENNES & LEURS MILIEUX HUMIDES PÉRIPHÉRIQUES

VERSION N°1, FÉVRIER 2026

AVEC LE SOUTIEN TECHNIQUE OU FINANCIER :



PRÉAMBULE

Cette synthèse bibliographique rassemble des études finalisées ou en cours qui portent une réflexion sur le sujet de la salinisation des lagunes côtières méditerranéennes françaises et de leurs milieux humides périphériques. Les méthodes employées visent notamment à suivre l'évolution de la salinité au sein des hydrossystèmes (lagunes, cours d'eau et canaux), des sols des milieux humides ou encore des terres agricoles, à interpréter les trajectoires d'évolution de ces écosystèmes littoraux puis de définir des perspectives de recherche ou d'aménagements hydrauliques. Au travers de ces travaux menés de 2019 à 2025, les porteurs des projets et leurs partenaires ont apporté des connaissances concernant l'impact de la salinisation sur :

- les modifications des écosystèmes lagunaires (fonctionnement du milieu, communautés végétales...),
- les habitats naturels supports de biodiversité,
- l'écologie de certaines espèces animales protégées et vulnérables,
- les systèmes de production en lagunes (conchyliculture), et sur les milieux agricoles proches de celles-ci,
- la gestion de l'eau et ses modes de gouvernance à l'échelle des territoires de la façade méditerranéenne française.

Les approches et méthodes employées pour le suivi de ces impacts font appel à des disciplines diverses telles que l'hydrologie, l'hydrogéologie, l'écologie, et les sciences humaines et sociales, au travers de l'histoire, de l'étude des paysages et des perceptions des acteurs des territoires concernés.

Les démarches d'amélioration de la connaissance et les études esquissant la recherche de solutions pour limiter la salinisation portés localement témoignent d'une implication des territoires face à la progression de ce phénomène naturel accentué par le changement climatique et par les pressions existantes sur le territoire.

La rédaction des fiches propres à chacun de ces projets s'appuie sur l'analyse bibliographique de rapports ou d'articles publiés en ligne qui sont cités en pied de chaque fiche. Elles se basent principalement sur les résumés des projets des auteurs, ainsi que sur les dires experts des maîtres d'ouvrage.

Les fiches sont classées par grandes thématiques :

- Evolution du fonctionnement des écosystèmes lagunaires et de l'écologie de leurs communautés végétales
- Evolution des habitats, des communautés végétales et animales terrestres
- Systèmes de production en lagune et milieu agricole périphérique
- Gestion de l'eau à l'échelle des territoires, adaptation des territoires

TABLE DES MATIÈRES

I. ÉVOLUTION DU FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES LAGUNAIRES ET DE L'ÉCOLOGIE DE LEURS COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES

Fiche I-1 : Hydrology and phytoplankton of Mediterranean lagoons under the pressure of climate change (2001-2022) (HYPHEAT'Lag project)

Fiche I-2 : Trajectoires d'évolution des communautés phytoplanctoniques et des lagunes côtières du littoral corse et applications

Fiche I-3 : Response of Phytoplankton Communities to Variation in Salinity in a Small Mediterranean Coastal Lagoon: Future Management and Foreseen Climate Change Consequences

Fiche I-4 : Impact du changement climatique sur l'hydrologie des lagunes méditerranéennes françaises : cas d'études hydro-écologiques des lagunes et leur devenir. 8e Plateforme Recherche-Gestion. 21 Novembre 2023, Tour du Valat.

Fiche I-5 : Guide pratique pour la mesure des salinités hors-normes à destination des gestionnaires d'espaces naturels. Le cas des lagunes corses. Rapport d'étude Eurêka Mer / Office de l'Environnement de la Corse

Fiche I-6 : Fonctionnement hydrodynamique de l'étang de l'Or - Hiérarchisation des apports de matière. Synthèse du projet de 2017 à 2019

II. ÉVOLUTION DES HABITATS, DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES ET ANIMALES TERRESTRES

Fiche II-1 : L'utilisation de l'espace et la sélection d'habitat chez la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) en contexte méditerranéen, une histoire qui ne manque pas de sel

Fiche II-2 : Travaux portés avec la FDC66 pour limiter la progression du sel dans les Sagnes d'Opoul

Fiche II-3 : Roselières littorales d'Occitanie « Vers une stratégie de conservation à long terme des roselières littorales d'Occitanie ». Phase 1 : 2019-2021

Fiche II-4 : Un cas particulier de modification de la végétation d'un étang littoral méditerranéen : la disparition, depuis 1996, des roselières dans l'étang de Padulu Tortu (Corse-du-Sud)

Fiche II-5 : Vulnérabilité aux changements globaux des mares littorales utilisées pour la reproduction par le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*) - Evaluation du site des Etangs et marais des salins de Camargue, Enquête auprès des gestionnaires de Provence-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon

III. SYSTÈMES DE PRODUCTION EN LAGUNE ET MILIEU AGRICOLE PÉRIPHÉRIQUE

Fiche III-1 : Chaire Salinisation en zones côtières méditerranéennes : « think tank » !

Fiche III-2 : Perception de la salinité des eaux et des sols dans le Golfe du Lion

Fiche III-3 : Dynamiques hydrosalines multi-échelles : causes & conséquences sur les zones côtières méditerranéennes

Fiche III-4 : Projet agro-écologique du Canavérier : un exemple d'agriculture résiliente au changement climatique en zone humide Camargue gardoise

Fiche III-5 : L'influence de l'augmentation de la salinité sur les huîtres d'élevage de la lagune de Thau et leurs ressources trophiques dans un contexte de réchauffement climatique et d'acidification

Fiche III-6 : Mitigation des impacts du changement climatique sur les coquillages (Projet MITIC)

Fiche III-7 : Diagnostic de la salinisation et propositions d'aménagements en contexte d'exploitation viticole et de maintien des espaces naturels en Camargue

Fiche III-8 : Programme d'étude et recherche S.A.L.I.N. : Salinisation des aquifères et des sols littoraux de la Narbonnaise

Fiche III-9 : Salinisation des terres agricoles dans les zones côtières : analyse des sols et des eaux, de l'échelle du paysage à celle de l'agrégat de sol

IV. GESTION DE L'EAU À L'ÉCHELLE DES TERRITOIRES, ADAPTATION DES TERRITOIRES

Fiche IV-1 : Mise en place d'actions pour lutter contre les intrusions salines en Corse

Fiche IV-2 : Programme Erable - « Camargue, Le procès du Sel » - Adaptation d'un territoire face à la salinisation et au changement climatique

Fiche IV-3 : Plan d'actions eau, zones humides, salinité dans un contexte de changement climatique - Organisation de la gestion de l'eau douce en Camargue gardoise

Fiche IV-4 : Démarche prospective « L'avenir de la Camargue avec le sel ? » - Plan d'action partenarial 2024 – 2026

Fiche IV-5 : Etude de faisabilité de la réhabilitation du barrage anti-sel de Saint-Laurent d'Aigouze

Fiche IV-6 : Salinity Spatial Patterns in Mediterranean Coastal Landscape: The Legacy of the Historical Water Management and Land Planning

Fiche IV-7 : Salinisation des eaux et des sols en zone côtière méditerranéenne : état, évolutions et indicateurs - Application aux basses-plaines de l'Aude

Fiche IV-8 : L'adaptation de la Camargue au changement climatique - Améliorer la gouvernance pour prendre en charge les dérèglements – Rapport IGEDD



I. ÉVOLUTION DU FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES LAGUNAIRES ET DE L'ÉCOLOGIE DE LEURS COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES

Fiche I-1 : Hydrology and phytoplankton of Mediterranean lagoons under the pressure of climate change (2001-2022) (HYPHEAT'Lag project)

ANNÉE	2025
ÉCHELLE	Lagunes méd. françaises
TERRITOIRE CONCERNÉ	Lagunes suivies par la DCE



AUTEURS

DEROLEZ V., NAVARRO F., MALET N., BEC B., SIMIER M., BARAGATTI M., BERNARD I.

Thématiques ciblées

Ecologie des milieux lagunaires

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

De 2024 à 2025

Objectifs

Bilan des connaissances scientifiques sur le changement climatique régional et analyse des tendances observées sur l'hydrologie et le phytoplancton des écosystèmes lagunaires méditerranéens. Identification des facteurs discriminants et des facteurs de sensibilité des lagunes vis-à-vis de la pression du changement climatique

Résumé

Le bassin méditerranéen est identifié en tant que « point chaud » du changement climatique (CC) par les experts du GIEC. Les lagunes méditerranéennes sont très exposées aux impacts du changement climatique du fait notamment de leur confinement et de leur position à l'interface entre terre et mer. Cependant, à l'échelle de la façade méditerranéenne française, peu d'études sont disponibles pour décrire les impacts du CC sur l'hydrologie et le phytoplancton de ces écosystèmes. Dans ce contexte, l'étude coordonnée par l'IFREMER fournit :

- un bilan des connaissances scientifiques sur le CC régional et sur les tendances observées sur l'hydrologie et le phytoplancton des écosystèmes lagunaires ;
- une identification des facteurs discriminants des lagunes vis-à-vis de la pression du changement climatique et de la pression trophique.

Le projet HYPHEAT-Lag, s'intéresse à un panel de 20 « grandes lagunes », pour lesquelles de longues séries temporelles de données hydro-bio-logiques (au moins 23 ans) sont disponibles. Les analyses de données couvrent la période 2001-2022 et les régions d'Occitanie, Provence Alpes-Côte d'Azur et Corse, via 3 bases de données : climat (5 stations), débits (9 stations) et suivis estivaux lagunaires (22 stations). Les résultats mettent particulièrement en évidence :

- le réchauffement atmosphérique, l'assèchement et la baisse des vents ;
- le réchauffement, la salinisation et la baisse de l'oxygène dans les eaux lagunaires ;
- des trajectoires d'oligotrophisation pour une majorité de lagunes ;
- l'influence des caractéristiques hydromorphologiques sur les trajectoires environnementales des lagunes, et particulièrement sur leurs niveaux de chlorophylle-a (CHLA) et de picocyanobactéries à phycoérythrine (CYANO) ;
- l'influence marquée de la température sur les variables CHLA et CYANO. L'influence des orthophosphates sur CHLA. Aucune influence des nutriments sur CYANO, mais un impact de la salinité, plus important sur les lagunes profondes et marinées.

Une synthèse propose : i) des hypothèses sur l'évolution future des lagunes méditerranéennes françaises face aux projections climatiques et ii) des préconisations de suivis et d'études complémentaires pour une meilleure évaluation des effets du CC dans ces écosystèmes.

Méthode et outils développés

L'étude se base sur une rétro-analyse de séries de données (notamment la température de l'eau et la salinité estivale) au regard du contexte météorologique, pour identifier les facteurs discriminants et les facteurs de vulnérabilité des lagunes sous la pression du changement climatique. Pour atteindre les objectifs du projet, le projet s'appuiera sur les données climatiques (Météo-France), hydrologiques des bassins-versants (Hydroportail) et lagunaires (données estivales mensuelles du Réseau de Suivi Lagunaire, DCE-Lagunes et OBSLAG) sur la période 2000-2022 (+1970-2022 pour le climat).

Trajectoire

Les trajectoires environnementales des lagunes varient significativement selon leur hydromorphologie, en particulier selon leurs niveaux de : connexion et échange avec la mer, surface de leurs zones humides périphériques, profondeur, surface de bassin-versant. Le groupe des lagunes profondes, marinées se distingue à nouveau par son très bon état vis-à-vis de l'eutrophisation et ses liens forts avec la mer.

Il est important de suivre les effets du changement climatique sur l'hydrologie et le phytoplancton de ce type de lagunes, dans un contexte de réchauffement mais également d'assèchement qui risque de favoriser leur salinisation (apports marins, remontée du biseau salé, évaporation...). Le groupe des lagunes peu eutrophes, plus fraîches et aux plus forts ratios de surfaces de zones humides rassemble des sites situés essentiellement dans le Roussillon. Les moindres températures de ces sites pourraient être liées au contexte climatique local. Les zones humides pourraient également favoriser un rafraîchissement local via la rétention d'eau. Le groupe des lagunes eutrophes

se distingue par ses faibles salinités, ses grands bassins-versants et sa moindre connexion à la mer. Les caractéristiques hydromorphologiques de ces sites peuvent clairement favoriser les niveaux plus élevés d'eutrophisation et freiner les dynamiques de restauration en cas d'actions limitant les apports anthropiques de nutriments.

Perspectives

- 1) Mieux démêler les effets des différents forçages climatiques sur l'hydrologie et le phytoplancton
- 2) Mieux analyser les effets du changement climatique sur le phytoplancton lagunaire à partir des données existantes
- 3) Mieux observer et détecter les effets du changement climatique sur le phytoplancton lagunaire.

Source

<https://archimer.ifremer.fr/doc/00937/104925/>

PARTENAIRES

Université de Montpellier-IRD/MARBEC, Eurêka Mer et SupAgro-Montpellier

FINANCEMENT

Agence de l'eau RMC (50%), IFREMER

Fiche I-2 : Trajectoires d'évolution des communautés phytoplanctoniques et des lagunes côtières du littoral corse et applications

ANNÉE	2023
RÉGION	Corse
TERRITOIRE CONCERNÉ	Diana, Urbino, Biguglia, Arasu, Santa Giulia, Balistra



AUTEURS

LIGORINI V.

Thématiques ciblées

Ecologie des milieux lagunaires

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

De 2021 à 2023

Objectifs

Approfondissement des connaissances sur les trajectoires d'évolution des communautés phytoplanctoniques et des lagunes côtières du littoral corse (variations saisonnières face aux paramètres abiotiques, impact des variations de salinité, notamment dans le cadre du changement climatique, sur de grandes et/ou de petites lagunes et suivant différentes approches intégrées de l'impact de l'homme du bassin versant à la mer).

Résumé

Les lagunes côtières présentent une forte importance écologique, économique et sociale. Toutefois, elles sont particulièrement vulnérables face aux pressions anthropiques et aux changements climatiques, notamment en région méditerranéenne. La conservation des lagunes est donc fondamentale pour la protection des systèmes littoraux et le bien-être des populations humaines. Cette thèse vise à apporter un soutien aux politiques publiques pour la restauration et la conservation des lagunes côtières, mais également à rechercher de potentielles valorisations des res-

sources. Les travaux ambitionnent d'approfondir les connaissances sur les trajectoires d'évolution des communautés phytoplanctoniques et des lagunes côtières du littoral corse, (i) en questionnant l'évolution des variations saisonnières face aux paramètres abiotiques, mais également l'impact des variations de salinité, notamment dans le cadre du changement climatique, sur de grandes et/ou de petites lagunes et (ii) en testant différentes approches intégrées avec la prise en compte de l'impact de l'homme, du bassin versant jusqu'à la mer. Les communautés phytoplanc-toniques de six lagunes du littoral corse (Diana, Urbino, Biguglia, Arasu, Santa Giulia, Balistra) sont étudiées dans ce cadre. Les analyses sur le long terme grâce aux données historiques disponibles, les suivis in situ et les expérimentations réalisées ont permis d'identifier des dynamiques saison-nières marquées des communautés phytoplanctoniques et des éléments centraux pour la gestion des milieux lagunaires. La tendance vers une dominance des dinoflagellés, l'émergence d'espèces tolérant le stress (e.g. salinités extrêmes), parfois potentiellement toxiques, l'augmentation des blooms phytoplanctoniques ainsi que des modifications des cycles saisonniers ont été mis en évidence sur des lagunes de grandes et de petites tailles. Ces phénomènes sont liés principale-ment à des impacts d'origine anthropique (pollution, rejets urbains, usage de l'eau, tourisme...), des altérations hydrologiques engendrées par des interventions humaines, et le changement cli-matique. L'étude d'autres compartiments biotiques et abiotiques de l'écosystème, comme l'inva-sion biologique, la production halieutique ou le fonctionnement hydrogéologique, a confirmé la nécessité d'appliquer une approche écosystémique, du bassin versant jusqu'à la mer, pour com-prendre le fonctionnement global du système. La prise en compte de l'Homme dans l'étude des trajectoires écologiques a été aussi mise en évidence, soulignant que les lagunes doivent être considérées comme des socio-écosystèmes. Cette vision holistique est fondamentale pour envi-sager une gestion optimale intégrée de la complexité du système. Cette thèse apporte de plus un regard nouveau sur les lagunes de petites surfaces à l'échelle du littoral méditerranéen qui sont très réactives aux changements et qui peuvent être considérées comme des sentinelles de l'évo-lution climatique. Parallèlement, l'étude d'une souche de diatomée issue de l'étang de Diana a démontré des caractéristiques écophysiologiques et chimiques prometteuse pour de potentielles applications biotechnologiques dans le domaine de l'aquaculture, en raison de son origine la-gunaire. L'ensemble de ces résultats sur les trajectoires d'évolution passées et futures a permis de marquer la complexité et la vulnérabilité des lagunes côtières (et celles de petites surfaces en par-ticulier) face aux menaces croissantes et des interrogations sur leur avenir. Ce travail fournit donc des éléments d'appui pour la gestion des lagunes et de valorisation des ressources liées à ces milieux, en proposant une gestion intégrée et interdisciplinaire pour une conservation durable de ces écosystèmes et des services fournis, notamment dans le cadre du changement climatique.

Méthode et outils développés

Analyses sur le long terme grâce aux données historiques disponibles, suivis in situ et expérimen-tations réalisées ont permis d'identifier des dynamiques saisonnières marquées des communau-tés phytoplanctoniques et des éléments centraux pour la gestion des milieux lagunaires. Etudes d'autres compartiments biotiques et abiotiques. Etude écophysiologique et chimiques d'une souche de diatomée lagunaire.

Trajectoire

La tendance vers une dominance des dinoflagellés, l'émergence d'espèces tolérant le stress (e.g. salinités extrêmes), parfois potentiellement toxiques, l'augmentation des blooms phytoplancto-niques ainsi que des modifications des cycles saisonniers ont été mis en évidence sur des lagunes

de grandes et de petites tailles. Ces phénomènes sont liés principalement à des impacts d'origine anthropique (pollution, rejets urbains, usage de l'eau, tourisme...), des altérations hydrologiques engendrées par des interventions humaines, et le changement climatique. L'ensemble des résultats de l'étude des trajectoires passées et futures a permis de marquer la complexité et la vulnérabilité des lagunes côtières (et celles de petites surfaces en particulier) face aux menaces croissantes et des interrogations sur leur avenir.

Source

Ligorini, V., 2023. Trajectoires d'évolution des communautés phytoplanctoniques et des lagunes côtières du littoral corse et applications. Thèse de doctorat – Université de Corse Pasquale Paoli.
286p + Annexes
<https://theses.fr/2023CORT0005>

FINANCEMENT

Université de Corse, Gouvernement français et Conseil Régional de Corse (projet CPER Gerhyco)

Fiche I-3 : Response of Phytoplankton Communities to Variation in Salinity in a Small Mediterranean Coastal Lagoon: Future Management and Foreseen Climate Change Consequences

ANNÉE

2023

RÉGION

Corse

TERRITOIRE CONCERNÉ

Lagune de Santa Giulia



AUTEURS

LIGORINI V., GARRIDO M., MALET N., SIMON L., ALONSO L., BASTIEN R., AIELLO A., CECCHI P., PASQUALINI V.

Thématiques ciblées

Ecologie des milieux lagunaires

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2023

Objectifs

Savoir si les variations de salinité imposées par le changement climatique et/ou les actions de gestion pourraient perturber les communautés phytoplanctoniques des lagunes méditerranéens.

Résumé

Les lagunes côtières méditerranéennes sont particulièrement vulnérables aux menaces anthropiques directes croissantes et au changement climatique. Comprendre leurs réponses potentielles aux changements globaux et locaux est essentiel pour développer des stratégies de gestion adaptées à ces écosystèmes. La salinité est un facteur structurant fondamental pour les communautés phytoplanctoniques ; cependant, son rôle dans le changement climatique est peu étudié. Nous avons émis l'hypothèse que les variations de salinité imposées par le changement climatique et/ou les actions de gestion pourraient perturber les communautés phytoplanctoniques des

lagunes méditerranéennes. Pour tester notre hypothèse, nous avons réalisé deux expériences en microcosmes de 5 jours au cours desquelles des assemblages naturels de phytoplancton de la lagune de Santa Giulia (Corse) ont été soumis à trois niveaux de salinité croissants (53-63-73) et décroissants (33-26-20), pour imiter respectivement une forte évaporation et des crues soudaines. Les résultats indiquent que la sursalination a inhibé la croissance et modifié la composition des assemblages. Au contraire, le rafraîchissement a eu des effets faibles, augmentant principalement l'abondance du microphytoplancton et appauvrissant la diversité aux niveaux de salinité les plus bas. Dans les deux expériences et en particulier lors du rafraîchissement, des espèces initialement rares ont émergé, tandis que l'activité photosynthétique a été dégradée uniquement par l'augmentation de la salinité. Nous avons démontré que la structure et le métabolisme des communautés phytoplanctoniques sont fortement modifiés par les implications prévues du changement climatique. De tels impacts doivent être pris en compte pour la gestion future des lagunes côtières (contrôle des échanges marins et des flux des bassins versants). Ces travaux constituent une étape prioritaire vers une gestion proactive et adaptée et la conservation d'écosystèmes encore négligés dans le contexte du changement climatique.

Méthode et outils développés

Méthode expérimentale des microcosmes pour mimer le changement climatique. Pour répondre aux objectifs, deux expérimentations en microcosme ont été réalisées à deux saisons différentes afin de pouvoir mimer des scénarios de changement climatique. Une expérimentation a été réalisée en juillet afin de mimer un phénomène de chaleur et évaporation extrêmes (sursalure) et une expérimentation en octobre en appliquant une dessalure, pour reproduire les effets d'un phénomène de pluie extrême (ou flash flood). Pour chaque expérimentation, des prélèvements d'eau ont été collectés dans la lagune de Santa Giulia, choisie comme site d'étude en raison de sa forte sensibilité aux changements climatiques. Les expérimentations ont été réalisées dans un bac à parois isolantes situé en extérieur, afin de s'approcher au maximum des conditions naturelles qui pourraient être retrouvées dans le milieu. Pour chaque expérimentation, un contrôle (C) et trois niveaux de traitement ont été établis au cours desquelles des assemblages naturels de phytoplancton de la lagune de Santa Giulia (Corse) ont été soumis à trois niveaux de salinité croissants (53-63-73) par ajouts de sels successifs, et décroissants (33-26-20) par ajout d'eau distillée, pour imiter respectivement une forte évaporation et des crues soudaines. Les réponses des communautés phytoplanctoniques aux variations de salinité (suivies pendant cinq jours ; 96 h) ont été mesurées en termes de variations de biomasse (chlorophylle a), composition (fluorimétrie, analyse pigmentaire, microscopie optique), structure (cytométrie en flux, indice de diversité de Shannon) et métabolisme, par biais de l'évaluation à travers la fluorimétrie PAM (Pulse Amplitude Modulated) de l'efficacité photosynthétique (F_v/F_m ; considéré comme un indicateur de l'état de santé de la communauté).

Trajectoire

La sursalination a inhibé la croissance et modifié la composition des assemblages naturels phytoplanctoniques. Au contraire, le rafraîchissement a eu des effets faibles, augmentant principalement l'abondance du microphytoplancton et appauvrissant la diversité aux niveaux de salinité les plus bas. Dans les deux expériences et en particulier lors du rafraîchissement, des espèces initialement rares ont émergé, tandis que l'activité photosynthétique a été dégradée uniquement par l'augmentation de la salinité. La structure et le métabolisme des communautés phytoplanctoniques sont fortement modifiés par les implications prévues du changement climatique.

Perspectives

Ce travail constitue la première étude sur les potentielles réponses des communautés phytoplanctoniques lagunaires face aux variations de salinité imposées par le changement climatique en Méditerranée. Les résultats de cette étude montrent clairement que les communautés phytoplanctoniques lagunaires sont fortement impactées par des variations soudaines de salinité, en termes de biomasse, structure, composition et métabolisme. Jusqu'à présent, les valeurs de salinité testées restent des extrêmes en milieu naturel, qui ne sont enregistrées que dans des cas rares et qui sont le résultat de plusieurs jours de forte évaporation ou pluies intenses. Toutefois, avec la progression du changement climatique ces phénomènes pourront devenir de plus en plus fréquents et soudaines (Figure 5). Les modifications profondes des communautés phytoplanktoniques démontrées le long de ce travail impliquent des potentielles répercussions aux niveaux trophiques supérieurs dans le milieu naturel sous ces changements. En particulier, des modifications dans l'abondance, la taille des organismes et la composition spécifique, ainsi que la perte de diversité et la favorisation d'espèces rares et potentiellement nuisibles peuvent avoir des effets profonds au niveau du zooplancton, prédateur du phytoplancton, et des consommateurs supérieurs et amener à une augmentation des phénomènes de Harmful Algal Blooms. Cela pourrait conduire à des altérations des fonctionnements écologiques des systèmes lagunaires, donc, pour garantir la persistance de ces écosystèmes et éviter la perte de leurs services écosystémiques, il est nécessaire d'envisager une gestion proactive, afin d'éviter de tomber dans ces conditions « extrêmes ». Pour mitiger les variations intenses de salinité il est donc nécessaire de se concentrer sur une gestion intégrée de la connectivité hydrologique des lagunes, du bassin versant, avec la gestion des activités humaines et de l'occupation des sols, jusqu'à la mer, à travers la gestion des graus. Sur les bassins versants, la gestion des ressources en eaux douce, de plus en plus raréfierées à cause, entre-autre, du changement climatique, est fondamentale pour garantir des apports aux systèmes lagunaires, et une communication efficace avec le milieu marin est essentielle afin de préserver une bonne circulation et dilution des eaux lagunaires.

Source

Ligorini, V., Garrido, M., Malet, N., Simon, L., Alonso, L., Bastien, R., Aiello, A., Cecchi, P., Pasqualini, V., 2023. Response of Phytoplankton Communities to Variation in Salinity in a Small Mediterranean Coastal Lagoon: Future Management and Foreseen Climate Change Consequences. Water 15, 3214. <https://doi.org/10.3390/w15183214>

Lien

Article de synthèse sur le site du Pôle-relais lagunes méditerranéennes
<https://pole-lagunes.org/lagunes-et-variations-de-salinite-anticiper-le-changement-climatique-pour-une-gestion-proactive/>

FINANCEMENT

Université de Corse, Gouvernement français et Conseil Régional de Corse (projet CPER Gerhyco)

Autre Publication scientifique

Small Mediterranean coastal Lagoons Under Threat: Hydro-ecological Disturbances and Local Anthropogenic Pressures (Size Matters)

ANNÉE

2023

RÉGION

Corse

TERRITOIRE CONCERNÉ

Lagunes de Arasu, Santa Giulia, Balistra

**AUTEURS**

LIGORINI V., CRAYOL E., HUNEAU F., GAREL E., MALET N., GARRIDO M., SIMON L., CECCHI P., PASQUALINI V.

FINANCEMENT

CNRS-Stella Mar, IFREMER, Office de l'Environnement de la Corse, Université de Corse, Université de Montpellier-MARBEC.

Résumé

Les lagunes côtières méditerranéennes sont affectées par de multiples menaces (pressions démographiques, eutrophisation, changement climatique) qui devraient s'intensifier à l'avenir et impacter les services écosystémiques qu'elles rendent. Les normes de conservation et les études scientifiques se concentrent généralement sur les grandes lagunes ($> 0,5 \text{ km}^2$) en raison de leur importance économique, négligeant les lagunes plus petites. Celles-ci sont mal connues et souvent non protégées, malgré leur présence en Méditerranée et leur importance. Une caractérisation qualitative et quantitative des petites lagunes, en termes de fonctionnement et de sensibilité aux changements globaux et locaux, est nécessaire pour élaborer des stratégies de gestion adaptées. À cette fin, ce travail présente le premier inventaire de toutes les lagunes corses et a étudié trois d'entre elles de petite taille (Arasu, Santa Giulia, Balistra), caractérisées par des contextes anthropiques contrastés (fortement modifiées/perturbées, moyennement perturbées, quasi-pristines). À l'échelle régionale, 91 des 95 lagunes recensées ont une superficie inférieure à $0,5 \text{ km}^2$, faisant de la Corse un bon exemple pour l'étude des petites lagunes méditerranéennes.

Les trois études de cas ont révélé des différences dans leurs cycles biogéochimiques saisonniers et leurs communautés phytoplanctoniques (biomasse, diversité, efficacité photosynthétique). Les lagunes d'Arasu et de Santa Giulia ont présenté une urbanisation accrue de leurs bassins versants (+12 % et +6 % en 30 ans), une biomasse phytoplanctonique élevée, une faible diversité et des proliférations de dinoflagellés potentiellement nuisibles. À l'inverse, la lagune de Balistra a montré un bon état général, malgré la présence de certaines sources de pollution anthropique dans son bassin versant. Cette étude démontre l'importance des petites lagunes à l'échelle régionale et méditerranéenne, et apporte des connaissances sur les sites locaux étudiés, ainsi que des applications potentielles ailleurs. L'importance d'une approche intégrée prenant en compte les lagunes dans leurs systèmes connectés adjacents (bassin versant et mer) et les contextes anthropiques est soulignée.

Source

Ligorini, V., Crayol, E., Huneau, F. et al. Small Mediterranean coastal Lagoons Under Threat: Hydro-ecological Disturbances and Local Anthropogenic Pressures (Size Matters). *Estuaries and Coasts* 46, 2220–2243 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12237-023-01182-1>

Autre Publication scientifique

Phytoplankton dynamics and bloom events in oligotrophic Mediterranean lagoons: seasonal patterns but hazardous trends

ANNÉE

2022

RÉGION

Corse

TERRITOIRE CONCERNÉ

Lagunes de Diana et Urbino



AUTEURS

LIGORINI V., MALET N., GARRIDO M., DEROLEZ V., AMAND M., BEC B., CECCHI P., PASQUALINI V.

Résumé

Des analyses saisonnières détaillées de la composition des communautés phytoplanctoniques ont été réalisées sur des jeux de données à long terme (20 ans) de deux lagunes oligotrophes méditerranéennes (Diana et Urbino), afin de déterminer si les schémas de la communauté phytoplanctonique et des efflorescences dépendent des saisons. Nos résultats mettent en évidence une composition phytoplanctonique similaire entre les deux lagunes, mais des schémas différents en termes d'abondance, de chronologie, d'ampleur et de fréquence d'apparition des unités taxonomiques, ainsi que de fréquence des efflorescences.

Le groupe dominant de diatomées a montré une répartition saisonnière, avec une contribution maximale de *Skeletonema* sp. en hiver et au printemps. D'autres groupes émergent aux saisons plus chaudes (par exemple, *Chaetoceros* spp.), tandis que d'autres ne présentent pas de saisonnalité marquée (par exemple, *Pseudo-nitzschia* spp.). L'abondance des dinoflagellés était plus élevée en automne, avec des proliférations ponctuelles tout au long de l'année. La salinité était le paramètre environnemental le plus déterminant dans le contrôle de la communauté phytoplanctonique de la lagune de Diana, tandis que la communauté d'Urbino était principalement contrôlée par la turbidité.

Une évolution inquiétante de la diatomée toxique *Pseudo-nitzschia* spp., liée aux variations de salinité et de température, a été détectée dans les deux lagunes. Nous avons également démontré que des changements au sein de la communauté phytoplanctonique sont en cours dans ces lagunes, malgré leurs contextes de pression anthropique contrastés, ce qui indique que des impacts importants sur la dynamique du phytoplancton et le déclenchement de proliférations dans les lagunes méditerranéennes sont à prévoir dans le cadre des scénarios de changement climatique actuels et futurs.

Source

Ligorini, V., Malet, N., Garrido, M. et al. Phytoplankton dynamics and bloom events in oligotrophic Mediterranean lagoons: seasonal patterns but hazardous trends. *Hydrobiologia* 849, 2353–2375 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04874-0>

Autre Publication scientifique

Long-term ecological trajectories of a disturbed Mediterranean coastal lagoon (Biguglia lagoon): Ecosystembased approach and considering its resilience for conservation?

ANNÉE 2022

RÉGION Corse

TERRITOIRE CONCERNÉ Lagune de Biguglia



AUTEURS

LIGORINI V., MALET N., GARRIDO M., FOUR B., ETOURNEAU S., LEONCINI A.S., DUFRESNE C., CECCHI P., PASQUALINI V.

Résumé

Les lagunes côtières subissent des pressions anthropiques directes et indirectes toujours croissantes et se dégradent inexorablement, leur résilience étant gravement compromise. Dans cet article, nous avons évalué le fonctionnement et l'évolution de la lagune côtière de Biguglia (mer Méditerranée, Corse), fortement perturbée, à l'aide d'une approche écosystémique (AE), en utilisant de multiples indicateurs biotiques et abiotiques (contexte hydroclimatique et eutrophisation), en considérant sa connectivité avec la mer et son bassin versant, ainsi que ses compartiments biologiques (macrophytes, phytoplancton et espèces invasives) et en prenant en compte l'influence humaine (gestions et activités de pêche).

L'objectif de ce travail est, en premier lieu, de fournir une analyse complète de la trajectoire d'évolution écologique à long terme (2000-2021) de la lagune, puis, à partir de ces résultats, d'anticiper des stratégies de gestion pour soutenir sa conservation et sa restauration, ainsi que le maintien des services écosystémiques qu'elle rend. Les résultats ont révélé que, si la lagune a montré ces dernières années une bonne capacité de récupération après une perturbation et d'absorption des changements, elle a récemment présenté des modifications considérables de la composition de sa communauté phytoplanctonique, une susceptibilité accrue aux invasions biologiques et une réduction drastique des stocks de poissons. Les importantes variations interannuelles de la salinité moyenne, fortement dépendantes des interventions de gestion au-delà de la variabilité climatique naturelle, ont résumé cette instabilité. À l'avenir, la lagune pourrait ne plus être en mesure de faire face même à de faibles perturbations, qui pourraient alors suffire à atteindre un point de rupture et à faire basculer le système de manière permanente dans des états indésirables/dégradés. Nous avons démontré que les actions de gestion locales et ponctuelles ne sont pas toujours bénéfiques pour l'ensemble de l'écosystème, voire néfastes dans certains cas. Une telle approche rétrospective fondée sur l'écosystème est fondamentale pour produire les connaissances holistiques nécessaires à la mise en œuvre d'une gestion intégrée et efficace des écosystèmes.

Cela contribue à renforcer la résilience des lagunes et, par conséquent, à préserver leurs services écosystémiques face à l'intensification des changements globaux. De tels enseignements sont utiles à tous les écosystèmes comparables.

Source

Ligorini V, Malet N, Garrido M, Four B, Etourneau S, Leoncini AS, Dufresne C, Cecchi P and Pasqualini V (2022) Long-term ecological trajectories of a disturbed Mediterranean coastal lagoon (Biguglia lagoon): Ecosystem-based approach and considering its resilience for conservation? *Front. Mar. Sci.* 9:937795. doi: [10.3389/fmars.2022.937795](https://doi.org/10.3389/fmars.2022.937795)

Fiche I-4 : Impact du changement climatique sur l'hydrologie des lagunes méditerranéennes françaises : cas d'études hydro-écologiques des lagunes et leur devenir. 8e Plateforme Recherche-Gestion. 21 Novembre 2023, Tour du Valat.

ANNÉE	2023
RÉGION	Méd. Française
TERRITOIRE CONCERNÉ	Lagunes DCE et lagunes de Corse



AUTEURS

MALET N., DEROLEZ V., BERNARD I., GARRIDO M.

Thématiques ciblées

Ecologie des milieux lagunaires

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2023

Objectifs

Etude de l'évolution hydro-écologique de 5 petites lagunes de Corse face à l'impact du changement climatique

Résumé

L'approche se centre sur un groupe de cinq « petites lagunes » corse : Santa Ghjulia, Arasu, Pisciu Cane, Balistra et Crovani, dont la salinité est suivie en continu depuis 2020. Les fluctuations de ce paramètre, retenu comme intégrateur du fonctionnement hydrologique du système, sont analysées au regard des conditions locales : cumuls de pluie, état du grau (ouvert ou fermé) et décisions de gestion (e.g. interventions mécaniques sur le grau, dépôts de banquettes de posidonies). L'évaporation journalière est calculée à partir des données modélisées locales (température, vent, rayonnement et humidité relative).

La banque d'images satellitaires Sentinel-2, disponible depuis 2017, est également mobilisée pour corroborer ou compléter les observations de terrain. Appliquée à la lagune de Santa Ghjulia (23 ha), cette approche livre de premiers constats intéressants pour la période 2019-2022, marquée par des années hydrologiques contrastées. Ainsi en 2019 et 2020, la lagune a connu des assèchements estivaux, malgré une évaporation moyenne sur la période 2000-2020. Ce constat peut s'expliquer par des cumuls de pluie printaniers faibles et des interventions mécaniques visant (sans succès) à maintenir le grau ouvert. En revanche, alors que l'année 2022 s'est distinguée par une évaporation sans précédent, la lagune n'a cependant subi aucun assèchement : elle a bénéficié de cumuls printaniers modérés mais réguliers, mais aussi (surtout) de l'arrêt depuis 2021 des interventions mécaniques de type curage sur le grau et des dépôts de posidonies.

Ces observations, très site-dépendantes, montrent le caractère hautement réactif d'une lagune comme Santa Ghjulia, et ouvrent des perspectives prometteuses vers l'élaboration d'indicateurs de vulnérabilité des lagunes sous changement climatique. Plus largement, l'équipe souligne l'intérêt de ce type d'approches, basées sur l'analyse rétrospective de données multi-sources (e.g. suivis haute fréquence, les données modélisées de la mesure haute fréquence de la salinité en cas de sur-salures viennent enrichir la boîte à outils).

Méthode et outils développés

Analyse d'une banque d'images Sentinel-2 depuis 2017 qui a permis de corroborer et compléter les observations de terrain sur la lagune de Santa Ghjulia. Analyse rétrospective de données multi-sources (e.g. suivis haute fréquence, données modélisées de la mesure haute fréquence de la salinité en cas de sur-salures). Evaporations journalières calculées à partir de données modélisées locales (température, vent, rayonnement et humidité relative).

Trajectoire

Grande réactivité des lagunes comme celle de Santa Ghjulia sous l'influence climatique et humaine (ouverture de grau).

Perspectives

Ces différents travaux contribueront à caractériser, pour une lagune donnée, la façon dont elle réagit aux conditions hydro-climatiques locales et aux décisions de gestion : ils visent in fine à donner aux gestionnaires la capacité de prévoir au mieux l'évolution future de « leur » système, en utilisant comme données d'entrée les projections climatiques locales, dont la définition spatiale s'est beaucoup améliorée ces dernières années.

Source

Extrait de 8ème plateforme « Recherche-Gestion » : la Milieux humides littoraux méditerranéens face au changement climatique : quelles connaissances et actions de préservation pour une gestion adaptative ? organisée le 21 novembre 2023 à la Tour du Valat (Arles), par l’Office de l’Environnement de la Corse dans le cadre de ses missions pour l’Observatoire régional des zones humides de Corse et du Pôle-relais lagunes méditerranéennes.

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26272.60164> (Researchgate)

PARTENAIRES

IFREMER (dont projet HYPHEATLAG soutenu par l'AERMC), Office de l’Environnement de la Corse, Eurêka Mer

Fiche I-5 : Guide pratique pour la mesure des salinités hors-normes à destination des gestionnaires d'espaces naturels. Le cas des lagunes corses. Rapport d'étude Eurêka Mer / Office de l'Environnement de la Corse

ANNÉE	2024
RÉGION	Corse
TERRITOIRE CONCERNÉ	Lagunes corses



AUTEURS

BERNARD I. (Eurêka Mer), GARRIDO M. (OEC), BOUTRON O. (Tour du Valat)

Thématiques ciblées

Mesure des salinités hors normes

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2024

Objectifs

Ce rapport a 3 objectifs : documenter un état de l'art relatif aux méthodes de mesure de la salinité dans le contexte de sursalures des lagunes méditerranéennes, analyser des données acquises dans quatre lagunes en Corse et proposer des solutions pratiques à destination des acteurs scientifiques et de la gestion pour pallier les limitations des méthodes.

Résumé

L'accroissement de la salinité dans certains écosystèmes littoraux, notamment les milieux humides lagunaires et estuariens, apparaît comme une conséquence de plus en plus évidente du changement climatique à l'échelle mondiale. Ces modifications posent des questions de gestion et de conservation de la biodiversité à différentes échelles (e.g. populations, écosystèmes), mais également au niveau des réponses adaptatives des traits de vie des organismes et des macrophytes à l'hypersalinité. Ainsi il apparaît important de mieux comprendre les processus physico-chimiques

lors des périodes de fortes salinités dans un contexte où l'augmentation de la salinité et de la densité dans les lagunes préfigure les changements qui interviendront dans les années à venir à bien plus grandes échelles avec l'augmentation du forçage évaporatif.

Dans le cadre de sa mission de coordination du réseau de gestionnaires qui suivent les lagunes corses (FOGEC), l'Office de l'Environnement de la Corse s'est interrogé sur la pertinence des méthodes de mesures de la salinité, notamment par le biais de la mesure de conductivité. Cette méthode appliquée en continu permet à l'heure actuelle d'obtenir des mesures haute-fréquences, essentielles à la gestion de lagunes où la salinité peut se révéler très variable. Toutefois, pour plusieurs sites suivis, les conductivités mesurées atteignent des paliers de saturation lorsqu'elles deviennent trop élevées par rapport aux gammes de mesure annoncées par les constructeurs, conduisant à des valeurs calculées de salinités non valides.

C'est dans le cadre du présent projet, que des analyses supplémentaires ont été lancées pour établir un état des lieux des données de salinité déjà acquises sur plusieurs sites et corriger ces données lorsque cela est nécessaire et possible.

Ce guide a ainsi été produit à destination des structures de gestion des lagunes méditerranéennes et s'appuie sur les publications qui explorent la problématique de mesure de la salinité absolue lors des fortes sursalures. Le document présente (i) l'état de l'art relatif aux méthodes de mesure de la salinité, (ii) une analyse des données acquises dans quatre lagunes en Corse : Arasu, Santa-Ghulia, Balistra et Pisciu-Cane, et (iii) apporte des conseils pratiques à destination des gestionnaires avec des propositions de méthodes à déployer lorsque les données de conductivités atteignent le palier de saturation.

Dans la partie concernant l'analyse des mesures effectuées sur les lagunes corses, plusieurs anomalies apparaissent dans la représentation de la salinité calculée, comme des périodes de salinité nulle ou des périodes avec des variations très rapides. Sans analyse spécifique des variations temporelles de conductivité, ou bien de variations de la salinité en fonction de la température, ces zones de valeurs de salinité erronées ne sont pas détectables. La synthèse de l'origine de ces problèmes montre que pour les lagunes corses, pour une grande majorité des cas, c'est bien l'erreur due à la saturation de la conductivité qui est à l'origine du classement des données en "douteuses".

Ce guide met en avant plusieurs enseignements essentiels pour renforcer la fiabilité des mesures de salinité. L'application de la méthode par conductivité pour le suivi par la mesure de conductivité peut s'appliquer en continu et/ou en ponctuel. L'application de la méthode par conductivité dépend directement de la gamme de salinité observée dans les lagunes et s'articule selon trois scénarios distincts :

- Cas 1 - conductivité sous le seuil de saturation : lorsque le maximum de conductivité fixé par le constructeur n'est jamais atteint et qu'aucune précipitation de carbonate de calcium n'est observée, la méthode de suivi par conductivité s'applique pleinement. Un suivi en continu par sondes de mesure est alors possible et hautement recommandé.
- Cas 2 - conductivité atteignant la saturation : dans les périodes où la limite de conductivité des sondes déployées est atteinte, mais sans précipitation de carbonate de calcium, un suivi ponctuel peut être maintenu. Cette approche requiert cependant une dilution préalable des échantillons d'eau avant la mesure de conductivité, afin de ramener les valeurs dans une gamme de conductivité conforme aux spécifications du constructeur. Parallèlement, une vérification occasionnelle de la composition ionique de l'eau doit être effectuée, notamment lors des périodes où la salinité approche les limites de précipitation du carbonate de calcium.
- Cas 3 - hypersalure et précipitation du calcium : au-delà de la limite de précipitation du carbonate de calcium, la méthode de suivi par conductivité génère une erreur substantielle

dans l'estimation de la salinité. Dans ce scénario complexe, deux stratégies sont envisageables. La première consiste à utiliser les sondes de conductivité tout en effectuant des analyses régulières de la composition ionique de l'eau, ce qui permet de corriger les mesures malgré l'augmentation des coûts analytiques. La seconde option, plus pertinente, repose sur la mesure ponctuelle ou continue de la densité de l'eau, soit par pesée directe, soit par la technique innovante proposée par Mor et al. (2021) utilisant deux capteurs de pression répartis verticalement

D'autres approches du calcul de salinité sont présentées dans le guide : modèle d'évaporation, modèle hydrodynamique, approche statistique utilisant une autre série temporelle de mesures. Il est également discuté du cadre général d'adaptation de la stratégie de suivi de la salinité de manière plus ou moins précise et fréquente en fonction des orientations choisies pour le suivi de l'écosystème et de ses communautés.

Méthode et outils développés

Pour le suivi des 4 lagunes corses sur le long terme et ce depuis 2020, les lagunes corses sont équipées de sondes ®NKE CTDs WiSens. Ces sondes mesurent en continu la conductivité, la température et la pression. La salinité est ensuite calculée à partir des observations de ces 3 variables, comme indiqué dans TEOS-10 (IOS et al. 2010).

L'étude développe également plusieurs méthodes de correction et de validation des données :

- correction de la pression atmosphérique pour corriger les variations barométriques affectant les mesures de pression et détecter les exondations ;
- détection des données aberrantes identifiant les températures erronées et les écarts temporels excessifs ;
- et exploitation de l'autocorrélation.

Ces développements méthodologiques sont particulièrement pertinents dans un contexte de changement climatique, où la compréhension fine des processus physico-chimiques lors de périodes de fortes salinités préfigure les changements qui s'amplifieront à bien plus grandes échelles dans les années à venir.

Citation

Bernard I., Garrido M., Boutron O., 2024. Guide pratique pour la mesure des salinités hors-normes à destination des gestionnaires d'espaces naturels. Le cas des lagunes corses. Rapport d'étude Eurêka Mer / Office de l'Environnement de la Corse, 30 p.

Lien

https://drive.google.com/file/d/1YFOn7cf4xtrSmsyUGpKx-wIAeEc_SGe7/view

Présentation du guide : <https://drive.google.com/file/d/1GnXXvs1nGx-hpz3p0Xv8WZ21gaUvE0048/view>

FINANCEMENT

Office de l'Environnement de la Corse

Rapport technique complémentaire

Diagnostic écologique de la lagune de Santa Giulia Etat vis-à-vis de l'eutrophisation et de la contamination de la colonne d'eau

ANNÉE 2023

RÉGION Corse

TERRITOIRE CONCERNÉ Lagune de Santa Giulia



AUTEURS

MALET N. (IFREMER), GARRIDO M. (OEC), PASQUALINI V. (Université de Corse), LIGORINI V. (Université de Corse), CONNES C. (IFREMER), MUNARON D. (IFREMER), GONZALEZ J-L. (IFREMER)

Résumé

Afin d'améliorer les connaissances scientifiques pour apporter une aide à la prise de décisions en matière de gestion adaptive sur ce milieu lagunaire, l'OEC, l'IFREMER, le CdL et l'Université de Corse se sont réunis pour étudier les possibilités de mener à bien un diagnostic écologique sur cette lagune. Étant donné le caractère très fluctuant des conditions environnementales d'une année sur l'autre au sein des milieux lagunaires, une étude pluriannuelle a été nécessaire (2019-2022).

Il a été mis en évidence que le fonctionnement écologique de la lagune de Santa Giulia, de type Méditerranéen, est basé sur une cyclicité inter-annuelle et saisonnière « naturelle » avec des variabilités saisonnières de la salinité et notamment des sursalures estivales du fait du caractère temporaire des apports d'eaux douce des cours d'eau (assèchement des cours d'eau) et d'une forte évaporation. Toutefois cette cyclicité dite « naturelle » est largement impactée par le confinement de la lagune du fait de la réduction de la connexion avec la mer et du comblement anthropique de la partie sud de la lagune par de la litière de posidonie. Le confinement de la lagune de Santa Giulia vis-à-vis de la mer exacerbé les sursalures estivales provoquant un dysfonctionnement écologique avéré notamment sur le compartiment macrophytes et la colonne d'eau. L'été 2020 a également été marqué par une forte mortalité d'*Aphanius fasciatus*.

Des travaux récents montrent que les lagunes Méditerranéennes sont soumises à une hausse de leur salinité et de plus en plus de limitation de leur connexion à la mer. La tendance à la fermeture des graus est exacerbée par les modifications des périodes hydrologiques, en particulier par une diminution des pluies ou bien leur concentration dans des périodes plus courtes et intenses (MedECC, 2020). Cela implique un apport mineur en eau douce aux bassins lagunaires et une accumulation de sédiments, qui ne peuvent pas être chassés par la force sortante (insuffisante), et qui ont donc la tendance à colmater les graus (Ligorini et al., 2022). Ce phénomène, en association avec l'augmentation de températures et en particulier les vagues de chaleur estivales, détermine une forte pression d'évaporation sur les milieux lagunaires, qui engendrent des variations de salinité et de température importantes dans les plans d'eau.

L'hydro-écologie de la lagune de Santa Giulia est guidée par une cyclicité météorologique inter-annuelle et saisonnière de type méditerranéen. Elle est très certainement déjà impactée par le changement climatique dont les baisses de cumuls de précipitation et les hausses de température malgré qu'il soit difficile de déconvoyer les 2 signaux concernant les précipitations.

Source

Malet N., Garrido M., Pasqualini V., Ligorini V., Connes C., Munaron D., Gonzalez J-L. (2023) - Diagnostic écologique de la lagune de Santa Giulia - Etat vis-à-vis de l'eutrophisation et de la contamination de la colonne d'eau. ODE/UL/LERPAC/2024-07. 61p. / DOI:[10.13140/RG.2.2.19901.68327](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19901.68327)

FINANCEMENT

IFREMER, Office de l'Environnement de la Corse, Université de Corse

Rapport technique complémentaire

Évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire 1150* « lagunes côtières » : région Corse. Indicateurs déployés dans le cadre du Life Marha et résultats pour aller vers une gestion durable et adaptée des lagunes en Corse.

ANNÉE 2025

RÉGION Corse

TERRITOIRE CONCERNÉ Lagunes de Crovani, de Pisciu Cane, de Balistra, d'Arasu, de Santa Giulia



AUTEURS

GARRIDO M. (OEC), PENELLE P. (OEC), LIGORINI V. (Université de Corse), MALET N. (IFREMER), PASQUALINI V. (Université de Corse)

Résumé

Ce document rapporte les analyses effectuées sur 5 petites lagunes qui sont actuellement confrontées à un enjeu majeur : leur importance écologique est reconnue, mais leur gestion demeure lacunaire et soulève de nombreuses interrogations. Ce travail d'évaluation de l'état de conservation de ces 5 lagunes, couplé aux travaux complémentaires réalisés concomitamment constituent une étape fondamentale pour la compréhension de leur fonctionnement hydro-écologique et de leur état de conservation. Il met, également, en évidence la complexité, la diversité et la réactivité de ces petites lagunes, en faisant à la fois d'excellentes sentinelles du changement global et des systèmes particulièrement vulnérables et difficiles à évaluer du fait de leur diversité et de leur gestion (Ligorini et al., 2023).

Le déploiement de la méthode d'évaluation de l'état de conservation des lagunes méditerranéennes en région Corse représente une avancée importante dans la gestion de ces milieux, parfois peu documentés et dont le fonctionnement hydro-écologique est peu ou pas connu. Cette première application systématique constitue un point de départ pour la mise en place d'un suivi pérenne et homogénéisé des lagunes insulaires. Parmi les apports notables, plusieurs indicateurs se sont révélés particulièrement pertinents dans le contexte régional, dont l'indicateur 09 « Fonctionnement hydrologique » qui s'est révélé primordial pour appréhender les dynamiques spatio-temporelles propres à chaque lagune.

Source

https://pole-lagunes.org/wp-content/uploads/sites/4/2025/09/Garrido_etal_2025_EvalEC_HIC1150_Corse_Vf.pdf

FINANCEMENT

OEC, Projet Européen LIFE MARHA (Life 016 IPE FR001 Marha), Tour du Valat.

Fiche I-6 : Fonctionnement hydrodynamique de l'étang de l'Or - Hiérarchisation des apports de matière. Synthèse du projet de 2017 à 2019

ANNÉE	2019
RÉGION	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Etang de l'Or



AUTEURS

SYMBO, Hydriad Eau et Environnement, UMR MARBEC Ifremer/CNRS/Université de Montpellier

Thématiques ciblées

Ecologie des milieux lagunaires

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

De 2017 à 2019

Objectifs

Comprendre le fonctionnement hydrodynamique de l'étang de l'Or, en particulier les échanges qu'entretient la lagune à l'Est et au Sud avec ses tributaires, mer, canaux, et hiérarchiser les apports de nutriments.

Résumé

Les nombreux efforts réalisés sur le bassin versant pour réduire les apports de nutriments (no-tamement sur l'épuration des eaux usées) se révèlent aujourd'hui encore insuffisants : l'Étang de l'Or demeure dans un état dégradé vis-à-vis de l'eutrophisation. Face à l'enjeu de reconquête de la qualité écologique de la lagune et aux attentes des acteurs locaux, le Syndicat mixte du Bassin de l'Or (Symbo) a initié une démarche ambitieuse d'amélioration des connaissances de cet éco-système lagunaire. Conduite en concertation étroite avec les acteurs du territoire, elle mobilise outils innovants et expertise scientifique en partenariat avec l'Ifremer. L'étude vise à mieux comprendre le fonctionnement hydrodynamique de l'étang, en particulier les échanges qu'entretient la lagune à l'Est et au Sud avec ses tributaires, mer, canaux, jusqu'alors jamais étudiés.

L'étude a été financée par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse dans le cadre de la mise en œuvre du Contrat de Bassin de l'Or (2015-2019). L'étude du « fonctionnement hydrodynamique de l'Étang de l'Or – Hiérarchisation des apports de nutriments » (2017-2019), s'est appuyée sur d'importantes campagnes de terrain. Les milliers de données acquises ont permis d'estimer, pour la première fois, des bilans d'eau, d'azote et de phosphore et de mieux comprendre la contribution des tributaires Sud (grau et passes du canal du Rhône à Sète) et Est (canal de Lunel via la canalette du Languedoc). Cette étude a également permis de fiabiliser le modèle hydrodynamique MARS-3D développé par l'Ifremer et de simuler le fonctionnement hydrodynamique de l'étang en fonction des conditions hydro-climatiques de l'année hydrologique suivie. Cet outil, qui reproduit de façon satisfaisante les phénomènes observés sur le terrain, a été utilisé pour évaluer l'impact de différents types d'aménagement sur le fonctionnement hydrodynamique de l'Étang de l'Or.

Concernant les variations intra-annuelles de la salinité, elle mettent à jour des différences importantes à l'échelle saisonnière avec des salinités faibles en hiver (de l'ordre de 12) et des salinités estivales proches de 30. Ces variations saisonnières sont gouvernées par l'évaporation et par les apports d'eau de différentes origines qui alimentent en permanence la lagune : eaux douces du bassin versant naturel et des précipitations directes sur la lagune, eaux marines via le grau de Carnon, eaux saumâtres via le Canal du Rhône à Sète et la Canalette. Le vent, en mélangeant ces différentes masses eaux, fait que la lagune tend vers un état d'équilibre caractérisé par un gradient de salinité croissant d'Est en Ouest relativement stable.

Concernant les flux de sel, il est à noter que la passe du Moutas, en raison des forts volumes échangés à ce niveau, contribue le plus à l'export de sel. La canalette du Languedoc contribue à l'import de sel compte tenu des forts volumes hydriques échangés sur certaines périodes.

Méthode et outils développés

Trois campagnes de mesures se sont succédées du 31 mars 2017 au 15 février 2018 sur les secteurs d'échanges entre la lagune et la mer (Grau de Carnon), les passes entre l'étang et le Canal du Rhône à Sète et les apports du secteur Est (Canal de Lunel et Canalette du Languedoc). Ces mesures ont concerné à la fois des suivis hydriques à haute fréquence (débits échangés) et des suivis hydrologiques (salinité et nutriments) nécessaires pour estimer des flux hydriques et de nutriments (azote et phosphore) échangés entre l'Étang de l'Or et ces différentes interfaces. Les courantomètres acoustiques à effet Doppler (ADCP) ont été utilisés pour dresser des bilans d'eau (dans les canaux et passes), et d'azote et de phosphore afin de mieux comprendre la contribution des tributaires. Le modèle hydrodynamique MARS-3D a été utilisé pour simuler le fonctionnement hydrodynamique et obtenir un bilan hydrique de l'étang en fonction des conditions hydro-climatiques de l'année hydrologique suivie.

Trajectoire

L'étude conclut à des apports et un stockage important de nutriments dans la lagune de l'Or. Les variations de la salinité moyenne de la lagune induites par le vent sont relativement faibles. Concernant les principales variations de salinité, elles sont liées aux conditions de température (évaporation) et de pluviométrie. Le vent n'a que peu d'effet sur la salinité de la lagune, et un même vent (du nord par exemple) peut induire tour à tour une diminution ou une augmentation de la salinité selon les autres conditions météorologiques (évaporation, pluies...).

Perspectives

Privilégier prioritairement les leviers d'actions à l'échelle du bassin versant et non les aménagements de proximité de l'étang. Les travaux à venir visent à identifier les principales sources de pollution et proposer des scénarios pérennes et durables tenant compte de l'ensemble des enjeux (usages exercés sur la lagune, bon état écologique, richesse patrimoniale...) dans un contexte de changement climatique.

Gouvernance et concertation du projet

Un comité technique a été piloté par le Symbo pour suivre les avancées de l'étude, valider les résultats, discuter des contenus et de la forme des livrables et faire des propositions au Comité de pilotage. Un Comité de pilotage, sous la forme d'une Commission « Lagune » instaurée dans le cadre de la mise en œuvre du Contrat de Bassin de l'Or, a réuni tous les acteurs locaux concernés par l'Étang de l'Or : usagers, élus, techniciens des collectivités, partenaires techniques, scientifiques et financiers, établissements publics et chambres consulaires, services de l'Etat...

Source

Site web du SYMBO

https://www.etang-de-l-or.com/uploads/file/Eau/synthese_etudelag_VF.pdf

PARTENAIRES

POSEIDON, Cépralmar

FINANCEMENT

Agence de l'eau RMC



II. ÉVOLUTION DES HABITATS, DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES ET ANIMALES TERRESTRES

Fiche II-1 : L'utilisation de l'espace et la sélection d'habitat chez la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) en contexte méditerranéen, une histoire qui ne manque pas de sel

ANNÉE	2025
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Etang de l'Or (milieu humide de Tartuguière)



AUTEURS

UZAN Y. (CEN Occitanie), COULON A. (CEFE CNRS), SCHER O. (CEN Occitanie)

Thématiques ciblées

Cistude d'Europe, utilisation d'espace, habitat, restauration

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2024

Objectifs

Savoir si la salinisation des marais est un des moteurs de l'écologie spatiale des cistudes.

Résumé

L'Espace Naturel Sensible de Tartuguière (Hérault) a été fortement dégradé lors du tournage du film *Les amants du pont neuf*. Des travaux de restauration vont bientôt y être lancés par le département. Ce site abrite une importante population de cistudes d'Europe (131-202). Proche de l'étang de l'Or, il est sujet à des remontées salines. La salinisation des marais est-elle un des moteurs de l'écologie spatiale des cistudes ? Quel est le seuil de tolérance des cistudes à la salinité des eaux qu'elles habitent ?

Dans cette étude, ont été étudié l'utilisation de l'espace et la sélection d'habitat par les cistudes

d'Europe dans les écosystèmes de zones humides méditerranéennes à l'aide de balises multicapteurs portées par des animaux. Nous avons pu mettre en évidence des méthodes de détection des sites de ponte ainsi que des méthodes robustes d'estimation du domaine vital et de sélection d'habitat lors de l'exploitation de données GPS autocorrélées. Les cistudes d'Europe équipées pondent leurs œufs dans des périmètres très délimités et peuvent pondre aussi bien dans des habitats semi-naturels que dans des cultures. Leur occupation de l'espace et la taille de leur domaine vital semblaient fortement dépendantes du contexte hydrographique. La taille de leur domaine vital était également beaucoup plus réduite en automne et semblait plus grande pour les mâles que pour les femelles. Plus généralement, les cistudes évitaient les zones les plus salées des sites d'étude, avec un seuil de tolérance à la salinité n'excédant pas les 4 à 6 g/L.

Méthode

Méthode de détection de sites de ponte et d'estimation de domaine vital par exploitation de données GPS des balise multicapteurs portés par des Cistude d'Europe.

Perspectives

Bien que les résultats soient encore préliminaires, ils pourraient fournir des orientations clés aux décideurs en matière de méthodes de suivi des cistudes d'Europe et d'indicateurs pour surveiller la santé de leurs habitats.

Source

https://lashf.org/wp-content/uploads/2024/12/9_SCHER.pdf

PARTENAIRES

CEN Occitanie, CEFE CNRS, Université de Lund, CESCO

SOUTIEN TECHNIQUE ET FINANCIER

Agence de l'eau RMC, Nymphalis, Réserve africaine de Sigean, DREAL Occitanie, Département de l'Aude, Campus Terre et Nature

Fiche II-2 : Travaux portés avec la FDC66 pour limiter la progression du sel dans les Sagnes d'Opoul

ANNÉE	2023
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Sagnes d'Opoul (Salses-Leucate)



AUTEURS

Syndicat Mixte RIVAGE, FDC66, Conservatoire du Littoral

Thématiques ciblées

Usages, milieux humides

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Objectifs

Restauration d'un équilibre hydraulique naturel et élimination du sel provenant de la lagune ouverte en permanence sur la mer.

Résumé

Dans le cadre d'une convention entre le Conservatoire du Littoral (propriétaire du site), le Syndicat RIVAGE (gestionnaire) et la Fédération des Chasseurs 66 (gestionnaire opérationnel), des travaux ont été engagés depuis 2021 pour restaurer les milieux humides des Sagnes d'Opoul en bordure Sud-ouest de l'étang de Salses-Leucate.

La restauration d'un équilibre hydraulique naturel et l'élimination du sel provenant de la lagune ouverte en permanence sur la mer demeurent des défis majeurs pour ce territoire constitué de zones humides qui jouent un rôle crucial du fait de leur fonctions écologiques et sociales. Cette collaboration a permis de trouver une solution commune répondant à plusieurs enjeux socio-économiques et environnementaux.

Le site des Sagnes d'Opoul est principalement constitué de vastes roselières, qui s'étendent entre les deux principales résurgences de l'étang (Font-Dame et Font-Estramar), elles représentent plus de 167 hectares, dont plus de 89 hectares appartiennent au Conservatoire du littoral depuis 2008. Ces zones humides sont d'une importance capitale pour l'équilibre de l'étang, pour la faune et la flore qu'il abrite, dont le butor étoilé, oiseau qui représente un enjeu de préservation majeur aussi bien à l'échelle locale que régionale. La capacité d'accueil de ces milieux pour l'avifaune paludicole en fait un site majeur à préserver.

Source

<https://pole-lagunes.org/limiter-la-progression-du-sel-dans-les-sagnes-dopoul/>

FINANCEMENT

Agence de l'eau RMC, DREAL Occitanie, France Relance, FEDER

Fiche II-3 : Roselières littorales d'Occitanie

« Vers une stratégie de conservation à long terme des roselières littorales d'Occitanie ».

Phase 1 : 2019-2021

ANNÉE	2022
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	29 sites de roselières littorales d'Occitanie



AUTEURS

ADENA, Tour du Valat, BRGM

Thématiques ciblées

Ecologie des milieux humides côtiers, roselières

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

Phase 1 : 2019-2021 (durée de 3 ans)

Objectifs

Améliorer les connaissances du fonctionnement hydrologique des roselières et des outils d'étude de la qualité de la biodiversité qu'elles accueillent et de ses perspectives d'évolution pour mettre en place une stratégie à long terme de ces roselières littorales.

Résumé

Les trois années du projet auront permis de développer une méthode harmonisée simple, efficace et reproductible pour le suivi des roselières littorales d'Occitanie. Le protocole ROSELIERES a ainsi permis d'évaluer le niveau de vulnérabilité et le potentiel d'accueil pour l'avifaune paludicole nichées de 50 % des roselières littorales d'Occitanie. Le projet a également permis :

- de développer des outils pour l'étude de certains enjeux non évalués sur les roselières littorales notamment à l'aide d'un protocole d'inventaire des paludicoles hivernants

- et l'élaboration d'une méthode de caractérisation de la ressource alimentaire en macroinvertébrés,
- d'initier un réseau de surveillance vis-à-vis des risques d'intrusions salines sur les roselières littorales grâce à l'installation de piézomètres équipés de sondes.
 - d'identifier parmi les 29 roselières littorales le niveau de risques vis-à-vis de la submersion marine à l'horizon 2050, 2100 et plus 2100 et de proposer de potentiels secteurs de repli.
 - d'identifier les modes de gestion dont les besoins en eau à venir seraient incompatibles avec la ressource disponible à l'aide de l'outil Mar-O-Sel.
 - de produire une malle pédagogique et un programme scolaire pour sensibiliser le jeune public aux enjeux des roselières.
 - de fédérer et renforcer le réseau de gestionnaire. Les résultats et outils développés ont permis une montée en compétences pour le suivi des roselières et la prise en compte du changement climatique.
 - de prioriser les sites selon leur perte de fonctionnalité à venir afin d'agir à une échelle cohérente.

Au regard des résultats issus du protocole ROSELIERES, les principales conclusions sont :

- Pour les roselières classées avec une vulnérabilité forte, le principal facteur qui en est le responsable sur la moitié des sites du projet est le stress anoxique.
- Le second facteur responsable d'un niveau de vulnérabilité forte ou moyenne est la salinisation.

Même si le protocole ROSELIERES n'a été appliqué que sur le site de Saint Nazaire de Pézan, les données récupérées auprès du SYMBO et les retours de terrain confirme les problèmes de salinisation sur la grande majorité des roselières autour de l'étang de l'Or. Ces problèmes de salinisation induisent un important niveau de vulnérabilité pour la roselière. Le roseau a une bonne tolérance au sel et se développe bien sur des marais saumâtres. La croissance est néanmoins diminuée dès 5g/L et jusqu'à 20g/L. Certaines roselières résistent à des concentrations ponctuellement plus élevées (45-50g/L). La roselière devient alors très basse et peut, si la situation persiste ou s'aggrave, laisser place à d'autres habitats (sansouïre, ...). Le protocole ROSELIERES a permis de montrer que le stress anoxique et les intrusions salines étaient les deux causes principales du mauvais état de fonctionnement des roselières littorales en Occitanie.

Par conséquent, en l'absence d'actions ou de réorientation de gestion le bon fonctionnement écologique de la trame de roselières littorales risque dès aujourd'hui d'être entravé puisque 60% des sites sont vulnérables à ces deux processus.

L'étude permet d'avoir une synthèse par site sur le pourcentage de volume d'eau supplémentaire à l'horizon 2050, 2100. Les projections de submersion fournies par le BRGM dans le cadre du projet font également craindre une disparition d'un tiers de la surface en Phragmitaie et une perte de continuité importante au sein de la trame de roselières en Occitanie. Pour suivre l'évolution de la salinisation des nappes en lien avec le changement climatique et l'augmentation du niveau de la mer, des relevés piézométriques se sont révélés pertinents, leur poursuite et leur extension à d'autres zones pourraient donner naissance à un observatoire.

Enfin, dans un contexte de raréfaction de la ressource en eau, le projet a identifié deux modes de gestion qui rendent les roselières encore plus vulnérables : la gestion hydrologique en faveur du Héron pourpré et les remises en eau précoce prévues pour l'ouverture de la chasse au gibier d'eau.

Méthode et outils développés

Utilisation du protocole ROSELIERES pour évaluer le bon état de fonctionnement des roselières en caractérisant leur potentiel d'accueil pour l'avifaune paludicole patrimoniale et leur vulnérabilité face aux risques climatiques. Utilisation de l'outil Mar-O-sel développé par la Tour du Valat pour évaluer les besoins en eau actuels et à venir, ainsi que les conséquences sur les modes de gestion des roselières. Utilisation de relevés piézométriques pour le suivi de l'évolution de la salinisation des nappes en lien avec le changement climatique et l'augmentation du niveau de la mer : établissement de scénarios de submersion marine à (2030-2050, 2100 et après 2100). Cartographie d'identification des principaux facteurs de perte de fonctionnalité à venir à l'échelle des sites suivis.

Réalisation d'un guide technique ROSELIERES (boîte à outils) à destination des gestionnaires.

Trajectoire

Au regard de la dernière cartographie, on note une perte de fonctionnalité majeure sur plus de 60 % des roselières littorales d'Occitanie (20 sites) à l'horizon 2050 si aucun secteur de repli n'est préservé et aucune action/réorientation de gestion envisagée sur les sites à forte vulnérabilité actuelle.

À l'horizon 2050, 55 % des sites menacés par la submersion marine. Potentiel recul impossible dès 2050 pour 320 ha/517 ha prioritaires (- 62% de surface prioritaire). Les projections de submersion fournies par le BRGM dans le cadre du projet font également craindre une disparition d'un tiers de la surface en Phragmitaie et une perte de continuité importante au sein de la trame de roselières en Occitanie. Bien que des mesures de gestion soient possibles, la perte de fonctionnalité des sites rencontrant un problème d'intrusions salines risque d'être irréversible au vue des difficultés à « désaliniser » un site et le changement climatique (raréfaction de la ressource en eau et submersion marine). En l'absence d'actions ou de réorientation de gestion le bon fonctionnement écologique de la trame de roselières littorales risque dès aujourd'hui d'être entravé puisque 60% des sites sont vulnérables au processus de salinisation et d'anoxie

Perspectives

Sur l'évolution de la salinisation des nappes en lien avec le changement climatique et l'augmentation du niveau de la mer, poursuivre et étendre les relevés piézométriques à d'autres zones (création d'un observatoire). Besoin de prioriser les roselières littorales d'Occitanie selon la perte de fonctionnalité de l'habitat.

- Poursuite d'un projet ROSELIERES 2 ouvert à des sites de roselières en PACA. Utiliser les résultats des protocoles ROSELIERES et oiseaux paludicoles comme indicateurs d'état des roselières dans les tableaux de bord des plans de gestion (CT88). Cette transposition nécessite cependant une réflexion, notamment sur le choix des métriques à utiliser ou encore sur la définition des seuils d'état (défavorables à favorable).
- Edition d'une méthodologie sur la « Gestion des flux entrants et sortants sur une roselière dans le contexte du changement climatique : un premier pas méthodologique » qui pousse à la prise en compte du changement climatique dans les choix de gestion.
- Edition d'un vademecum à l'usage des gestionnaires et des acteurs de la recomposition spatiale (Juin 2025), sur le sujet de la place des roselières dans le processus de recomposition spatiale des territoires littoraux.

Gouvernance et concertation

Comité de pilotage du projet. Groupe de travail communication/sensibilisation, réunion groupes de gestionnaires.

La recomposition spatiale oblige également à renforcer la gouvernance aux différentes échelles. Au niveau du littoral occitan, une cellule d'appui aux territoires (portée en particulier par la DREAL et la Région) a été mise en place avec pour objectif (i) une acculturation réciproque vis-à-vis des informations institutionnelles et scientifiques, (ii) une diffusion des initiatives territoriales existantes, (iii) le cadrage et l'appui à la mise en œuvre de démarches locales. Dans cet objectif, l'ADENA, appuyé de ACTeon et de l'ARB, a organisé un premier webinaire sur la recomposition spatiale le 27 juin 2025 dédié au réseau des gestionnaires d'espaces naturels (GEN) Occitanie.

Source

Site web de l'ADENA, pages du projet « Roselières littorales d'Occitanie »,
Séminaire de restitution finale du projet (phase 1)
https://www.adena-bagnas.fr/wp-content/uploads/2023/05/actes-seminaires_VF_compressed.pdf
<https://www.roselieres-med.fr/>
https://www.roselieres-med.fr/wp-content/uploads/2025/07/2025_Methodeau_VF.pdf
Vademecum : https://www.roselieres-med.fr/wp-content/uploads/2025/07/Vademecum_Roselieres-et-recomposition-spatiale-des-littoraux.pdf
Webinaire 27 Juin 2025 : <https://www.youtube.com/watch?v=E71qVgeUgCY>

PARTENAIRES

CEFE CNRS, Association des Amis des Marais du Vigueirat, OPIE, SMBT, CDL, L'humain Volontaire, OFB, Etat, ARB Occitanie, Pôle-relais lagunes méditerranéennes, Syndicat Mixte RIVAGE, CC La Domitienne, SMCG, CEN Occitanie, PNR de la Narbonnaise en Méditerranée, Région Occitanie, Département des Pyrénées-Orientales, Département de l'Aude, Département de l'Hérault, Département du Gard, DREAL Occitanie, Agence de l'eau RMC.

Fiche II-4 : Un cas particulier de modification de la végétation d'un étang littoral méditerranéen : la disparition, depuis 1996, des roselières dans l'étang de Padulu Tortu (Corse-du-Sud)

ANNÉE	2021
ÉCHELLE	Corse
TERRITOIRE CONCERNÉ	Etang de Padulu Tortu (Corse-du-Sud)



AUTEURS

PARADIS G., PIAZZA C. & FERAL C.

Thématiques ciblées

Roselières, gestion du grau

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Objectifs

Comprendre les causes de la disparition d'une roselière en décrivant la végétation héliophytique et son évolution à partir d'une analyse phytosociologique et une étude diachronique

Résumé

La comparaison de la carte de la végétation de 2019 avec celle de 1992 montre une très forte réduction de la végétation héliophytique (11 140 m² en 2019 contre 54 260 m² en 1992). Les deux types de roselière (à *Bolboschoenus maritimus* / *Phragmites australis* et à *Phragmites australis* seul), décrits en 1992, ont presque totalement disparu. Seuls les groupements halotolérants ou plus ou moins halophiles (scirpaies à *Schoenoplectus litoralis* et à *Bolboschoenus maritimus* ; groupements à *Juncus maritimus*, à *J. subulatus*, à *Limbara crithmoides*, à *Elytrigia acuta* et tamariçaies à *Tamarix africana*) se sont maintenus et, pour certains, se sont même un peu étendus. L'analyse des orthophotos aériennes montre que cette réduction de la végétation héliophytique

s'est produite après 1996. Aucune des orthophotos aériennes antérieures à 1992 ne présente une diminution aussi drastique de la superficie de la végétation hélophytique (roselière) de l'étang. Il paraît probable que la quasi-disparition des roselières soit liée à la conjugaison de deux événements: (i) ouvertures du grau et (ii) suppression des rejets dans l'étang des eaux usées.

Méthode et outils développés

Des prospections et 87 relevés phytosociologiques ont été réalisés suivant la méthode phytosociologique sigmatiste (Géhu et Rivas-Martinez, 1981). Une comparaison a été faite entre la carte de la végétation en 2019 et celle réalisée par Lorenzoni en 1992. Une étude diachronique a été effectuée par l'observation d'orthophotos aériennes de 1951 à 2016, d'une image satellite de 2017 et de photos aériennes obliques prises en 1986, 2009 et 2010.

Trajectoire

Les fréquentes et profondes ouvertures du grau artificiel ont facilité l'écoulement rapide vers la mer de l'eau douce et une entrée d'eau de mer dans l'étang. Celle-ci, en salinissant le substrat, a affaibli les roseaux (*Phragmites australis*), espèce eutrophile supportant mal une salinité élevée. La suppression, à partir de 1992, des rejets dans l'étang des eaux usées, qui étaient très favorables à la croissance et la multiplication des roseaux, les a fragilisés. La somme de ces deux événements a provoqué la disparition des roselières à *Phragmite australis* de l'étang très visible dès la fin des années 1990.

Source

https://www.sbcn.fr/pdf/ArtBull/Bull52/SBCO-Bull52-p201-233-Paradis_al-Modification_veg_etang_Padulu_Tortu.pdf

PARTENAIRES

OEC, Corse-du-Sud, DDTM 2A, CBNC/OEC

Fiche II-5 : Vulnérabilité aux changements globaux des mares littorales utilisées pour la reproduction par le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*) - Evaluation du site des Etangs et marais des salins de Camargue, Enquête auprès des gestionnaires de Provence-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon

ANNÉE	2021
ÉCHELLE	PACA
TERRITOIRE CONCERNÉ	Mares littorales (EMSC en Camargue)



AUTEURS

FAYARD A., OLIVIER A., BÉCHET A., TETREL C., LUNA-LAURENT E., BESNARD A. & THIBAUT M.

Thématiques ciblées

Mares et marais temporaires, réchauffement climatique, faune et flore

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2021

Objectifs

Evaluer l'enjeu lié à la salinisation des mares du littoral méditerranéen, notamment sur la reproduction du Crapaud calamite, une espèce des plus vulnérables à ces modifications de son milieu de vie.

Résumé

La salinisation des zones humides littorales résultant de l'élévation du niveau marin est l'un des nombreux effets attendus du réchauffement climatique. Dans les plaines du littoral Méditerranéen, ce phénomène concerne notamment les mares et marais temporaires oligo- et mésohalins, ainsi que la faune et la flore associées à ces milieux.

Cette vulnérabilité est alors étudiée sur le site des Etangs et marais des salins de Camargue (Bouches-du-Rhône, France), auparavant exploité pour la production de sel et soumis à des évo-

lutions importantes depuis son transfert au Conservatoire du littoral entre 2008 et 2012. La formation de brèches sur les anciennes digues de protection et plus généralement, le processus de renaturalisation du littoral, amènent les lagunes de ces anciens salins à être reconnectées à la mer. Le Crapaud calamite *Epidalea calamita* (Laurenti, 1768) constitue potentiellement l'une des espèces les plus vulnérables à ces modifications, car il se reproduit dans des mares littorales temporaires qui sont pour la plupart situées en périphérie des lagunes et peuvent être soumises au risque de salinisation. Les données sur les caractéristiques physiques des mares littorales ainsi que sur la reproduction du Crapaud calamite ont été relevées durant quatre ans sur 47 parcelles d'un hectare visitées trois fois chaque printemps.

A l'aide de modèle de type site occupancy, nous avons estimé que 60% (intervalle de confiance : 43% à 75%) des mares du site des Etangs et marais des salins de Camargue ont été utilisées comme habitat de reproduction par les adultes d'*E. calamita* en 2015. Au cours des deux années suivantes, ce taux d'occupation diminue en dessous de 40%, pour finalement être presque nul en 2018.

Les observations montrent que le succès de reproduction d'*Epidalea calamita* est faible et que seules quelques mares présentaient des conditions permettant à l'espèce de boucler son cycle de reproduction. Le nombre de mares présentant des conditions favorables à la reproduction a diminué tout au long des quatre années d'étude, du fait de la brièveté des périodes de mise en eau, d'une salinité trop importante ou bien de la conjonction de ces deux facteurs. Les résultats mettent en évidence que les têtards de Crapaud calamite sont absents dans les eaux dépassant une salinité de 10,2 PSU. La période d'étude a été marquée par plusieurs années à très faibles précipitations annuelles, ainsi que par des épisodes importants de submersions marines, qui semblent être à l'origine d'une augmentation de la salinité des mares. L'occurrence de ces phénomènes et leur aggravation, dans un contexte de changement climatique et d'élévation du niveau marin, rendent incertain l'avenir de la population sur cette frange littorale.

Afin d'évaluer plus largement l'enjeu lié à la salinisation des mares du littoral méditerranéen, une enquête a été menée auprès d'un échantillon de personnes en charge de la gestion ou du suivi de 20 sites ou groupes de sites littoraux bénéficiant d'une protection réglementaire ou foncière et situés en régions Occitanie et Sud Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

12 taxons d'amphibiens au total sont présents sur l'ensemble des sites enquêtés. Près de la moitié des sites et groupes de sites enquêtés font l'objet de suivis ciblant une ou plusieurs espèces d'amphibiens, avec une grande diversité de protocoles mis en œuvre. 7 sites ou groupes de sites sont concernés par des phénomènes récents d'extinction locale, avérée ou suspectée.

Le Pélobate cultripède (*Pelobates cultripes*) est l'espèce la plus fréquemment mentionnée comme localement éteinte. Cependant, sa disparition n'est formellement attribuée au phénomène de salinisation que sur un seul site. Plus largement pour les cortèges d'amphibiens présents et à long terme, le phénomène de salinisation est évalué comme constituant un enjeu avéré sur la moitié des sites ou groupes de sites enquêtés.

Outils et méthode développée

Relevés de caractéristiques physiques des mares littorales ainsi que sur la reproduction du Crapaud calamite durant quatre ans sur 47 parcelles d'un hectare visitées trois fois chaque printemps. Modélisation de type occupancy, enquête menée auprès d'un échantillon de personnes en charge de la gestion ou du suivi de 20 sites bénéficiant de protection réglementaire ou foncière.

Recommandations

Les suivis des amphibiens là où ils sont déjà mis en place, doivent être complétés de suivis portant sur les niveaux d'eau, les salinités et éventuellement les hydropériodes, lorsque ces variables ne sont pas encore mesurées. La mise en place de suivis sur de nouveaux sites peut également être encouragée.

Source

https://lashf.org/wp-content/uploads/2024/12/9_SCHER.pdf

PARTENAIRES

PNR de Camargue, Conservatoire du littoral, Agence de l'eau RMC



III. SYSTÈMES DE PRODUCTION EN LAGUNE ET MILIEU AGRICOLE PÉRIPHÉRIQUE

Fiche III-1 : Chaire Salinisation en zones côtières méditerranéennes : « think tank » !

ANNÉE	2022
ÉCHELLE	Occitanie et Camargue
TERRITOIRE CONCERNÉ	Domaine du Grand Castélou, territoire de Thau, basse plaine de l'Aude, Petite Camargue, étangs et marais des salins de Camargue



AUTEURS

Institut Agro de Montpellier UMR G-Eau, INRAE

Thématiques ciblées

Usages des sols, Agriculture

Statut (en cours ou finalisé)

En cours

Objectifs

Réfléchir à des nouveaux leviers d'action et expérimenter des nouvelles solutions.

Résumé

Le littoral méditerranéen est soumis à une problématique croissante de salinisation des sols cultivés et des nappes phréatiques, liée aux effets directs et indirects du changement climatique (déficits hydriques, hausse des températures, montée du niveau de la mer).

Après plusieurs années d'alerte, les dégâts ont atteint en 2021 dans certaines zones viticoles un niveau extrêmement préoccupant, susceptible de remettre en question l'activité agricole et l'exploitation de certains captages d'eau potable : extension des secteurs touchés, baisses de rendement et mortalité des céps en viticulture.

La mobilisation d'eau douce (irrigation et submersion hivernale), moyen traditionnel de lutte contre les remontées salines, interroge aujourd'hui également, dans un contexte de moindre disponibilité de la ressource notamment lié à une pluviométrie hivernale très faible et à la salinisation.

Les membres de la Chaire Agrosys et de la Chaire EACC concernés par les problématiques de salinisation des eaux et des sols se sont retrouvés pour une première séance de travail le 28 octobre 2022. Cette réunion avait pour but premier de mettre en commun les expériences et les expertises de chacun sur la résilience des systèmes de culture face aux risques liés à la salinité en zone littorale méditerranéenne. Le partage d'un socle de connaissances commun permettra de réfléchir ensemble à des nouveaux leviers d'action et peut être à expérimenter des nouvelles solutions. Les structures représentées à la réunion (Département de l'Hérault, Chambres d'Agriculture de l'Hérault, du Gard et des Bouches du Rhône, Advini, La Tour du Valat, Le Centre Français du Riz) ont contribué à un premier repérage des situations problématiques liées à la salinisation sur le littoral méditerranéen français. Ces premiers éléments très riches ont été approfondis à l'occasion d'un travail étudiant co-encadré au sein des deux chaires AgroSYS et EACC. En 2023, l'étude se poursuit sur la problématique de la salinité dans les espaces agricoles et naturels notamment au travers du stage de Maraya Atanasova (Master 1 AETPF, UMR G-EAU) sur la « Perception de la salinité des eaux et des sols dans le Golfe du Lion ».

Un travail spécifique est alors conduit pour caractériser la salinisation des eaux et des sols dans le Golfe du Lion sur 5 grandes zones concernées par une augmentation de la salinité et dont la gestion de cette problématique est différentes : « Étangs et marais des salins de Camargue », « Petite Camargue », « Étangs Palavasiens », « Bassin de Thau », « Basse Plaine Littoral ».

Perspectives

Au vu de l'ampleur du phénomène, le cercle d'acteurs impliqués dans les travaux de cette chaire a été élargi à d'autres structures concernées par le sujet. A l'occasion d'une réunion où une première carte des zones impactées est établie, il s'est avéré nécessaire d'approfondir le sujet via un travail spécifique qui permettra de caractériser la salinisation des eaux et des sols dans le Golfe du Lion.

Liens

- <https://chaire-eacc.fr/salinisation-en-zones-cotieres-mediterraneennes-think-tank/>
- <https://chaire-eacc.fr/salinisation/>
- <https://chaire-eacc.fr/wp-content/uploads/sites/9/2022/12/Salinisation-F-COLIN-AgroSYS-2022.pdf>
- <https://chaire-eacc.fr/resume-perception-de-la-salinite-des-eaux-et-des-sols-dans-le-golfe-du-lion>

PARTENAIRES

Chaire partenariale Eau Agriculture et Changement climatique, Département de l'Hérault, Chambres d'Agriculture de l'Hérault, du Gard et des Bouches du Rhône, Advini, Tour du Valat, Centre Français du Riz

Fiche III-2 : Perception de la salinité des eaux et des sols dans le Golfe du Lion

ANNÉE	2024
ÉCHELLE	Occitanie et Camargue
TERRITOIRE CONCERNÉ	Domaine du Grand Castélou, territoire de Thau, basse plaine de l'Aude, Petite Camargue, étangs et marais des salins de Camargue



AUTEURS

ATANASOVA M. (AgroPariTech – Université Paris-Saclay), UMR G-Eau Institut Agro de Montpellier, Chaire AgroSYS, Chaire EACC

Thématiques ciblées

Usages des sols, Agriculture

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2023

Objectifs

Identifier le réseau d'acteurs qui s'est emparé de la problématique de salinité, établir un état des lieux spatial de la salinisation à travers une phase d'enquête puis constituer une classification des périmètres étudiés selon différents critères sélectionnés : l'apparition (spatiale et temporelle), les périmètres concernés (espaces naturels ou agricoles), les leviers mis en place (irrigation, pratiques agricoles).

Portée par l'Institut Agro et l'INRAE, la Chaire partenariale Eau, Agriculture et Changement Climatique (Chaire EACC) associe recherche, formation, entreprises et pouvoirs publics dans un cadre de réflexion et d'action concertée autour des enjeux pour l'eau et l'agriculture, dans des territoires méridionaux fortement soumis aux effets du changement climatique. La fondation universitaire

« Institut Agro Fondation » assure la gestion des dons des membres de la Chaire, sur le principe du mécénat.

Résumé du mémoire

Les modèles de prévision climatique prévoient une diminution de la pluviométrie moyenne annuelle dans les régions méditerranéennes. Les climats extrêmes vont contribuer à la salinisation des sols. En 2021, en Camargue gardoise dans le secteur viticole de nombreux dégâts ont été imputés à une pluviométrie hivernale très faible et à la salinisation. Les objectifs de l'étude sont d'établir un état des lieux spatial de la salinisation et de classifier les périmètres étudiés. A travers une phase d'enquête auprès des structures agricoles (chambres d'agricultures, syndicats, collectivités) et naturelles (Parcs Naturels Régionaux (PNR), Etablissements Publics Territoriaux de Bassin (EPTB)) des départements de l'Aude, l'Hérault et Gard des perceptions sur différents thèmes ont été obtenus. Les thèmes d'apparition spatiale et temporelle, les périmètres concernés, les impacts et les modes de gestion de la salinité ont pu être évoqués. Les périmètres les plus concernés sont les milieux en bordure de littoral et les lagunes.

L'apparition est historique dans certains périmètres mais en majorité est observée une augmentation de la salinité depuis dix ans sur le territoire étudié. Les roselières de milieu doux sont les plus menacées dans les milieux naturels. Dans les milieux agricoles toutes les cultures sont touchées (vignes, grandes cultures, maraîchage). Le réseau hydrographique est également concerné. L'apport d'eau douce et la restauration des réseaux de canaux et drainage sont les éléments clés de la gestion de l'eau douce en milieu agricole. Il y a une diversité de méthodes de gestion de la salinité dans les milieux naturels.

Actuellement la salinité est progressive au niveau des espaces naturels et même si elle représente une menace pour les zones de marais doux, elle signifie aussi une source de diversité d'habitats pour la faune et la flore. Une réflexion sur la création d'un observatoire de la salinité doit être poursuivie afin de centraliser les données de suivi et les périmètres concernés.

Méthode utilisée

Une synthèse bibliographique sur la salinisation a été réalisée en amont de l'enquête a permis de mieux connaître le phénomène. Un guide d'entretien a été conçu pour l'enquête et doté d'un questionnaire qui suit la démarche proposée par le Groupe d'expérimentation et de recherche: développement et actions localisées (Gerdal). Il a été appliquée dans ce cadre pour faire décrire la situation actuelle de la problématique de salinité par les acteurs interrogés (13 entretiens sur 24 acteurs contactés). Le choix s'est porté sur des entretiens semi-directifs auprès de structures ayant une importante emprise territoriale et a eu pour objectif d'obtenir des informations sur les périmètres concernés et sur la perception des acteurs du territoire sur les enjeux agricoles et naturels, les méthodes de prévention et la gestion de l'eau en lien avec la salinité. A l'issue des entretiens les données qualitatives obtenues font l'objet d'une Analyse de Contenu Thématique (ACT) pour repérer et regrouper des expressions verbales recueillies au cours d'un entretien dans des thèmes et sous thèmes. La zone d'enquête englobe certains départements côtiers du Golfe du Lion : Gard (30), Hérault (34) et Aude (11).

Perspectives

Certaines structures souhaitent maintenir une mosaïque d'habitats malgré une évolution vers des milieux salés, d'autres adaptent leurs apports d'eau selon le contexte hydrologique des zones.

Dans les milieux agricoles les agriculteurs ont appris à cultiver tout en luttant contre la salinité. Toutefois le rendement s'en trouve affecté à travers différentes conséquences comme des pieds de vigne morts, des surfaces viticoles impactées. Une priorité pour eux est l'apport de volumes d'eau douce conséquents afin de lessiver les sels.

Les modes de gestion de la salinité sont principalement axés sur l'irrigation et l'entretien hydraulique dans les milieux agricoles.

Les perspectives sur le court terme ne semblent pas inclure une évolution vers des pratiques agricoles favorisant la restructuration du sol et ses fonctions de drainage dans les milieux agricoles. Sur le long terme certains acteurs s'interrogent sur la pérennité des milieux naturels et agricoles en bordure du littoral vis-à-vis de la ressource en eau et du changement climatique.

Liens

Sources et principales conclusions : <https://chaire-eacc.fr/resume-perception-de-la-salinite-des-eaux-et-des-sols-dans-le-golfe-du-lion/>

Lien du mémoire : https://chaire-eacc.fr/wp-content/uploads/sites/9/2025/02/Memoire_stage_ATANASOVA_Maraya_2023.pdf

PARTENAIRES

Master Agrosciences, Environnement, Territoire, Paysage et Forêt, Chaire partenariale Eau Agriculture et Changement climatique.

Département de l'Hérault, Chambres d'Agriculture de l'Hérault, du Gard et des Bouches du Rhône, Advini, Tour du Valat, Centre Français du Riz.

Fiche III-3 : Dynamiques hydrosalines multi-échelles : causes & conséquences sur les zones côtières méditerranéennes

ANNÉES	2025-2028
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Basse plaine de l'Aude



AUTEURS

HENNEQUIN L., Institut Agro Montpellier

Thématiques ciblées

Usages des sols, Agriculture

Statut (en cours ou finalisé)

En cours

Objectifs

Placer le territoire dans une trajectoire afin d'aider la prise de décision des gestionnaires des espaces naturels, en se basant sur une compréhension des mécanismes mis en jeu à différentes échelles.

Résumé

Les zones côtières méditerranéennes concentrent de nombreux enjeux territoriaux relatifs aux ressources en eau et en sol, aux productions agricoles, aux espaces naturels remarquables, à l'urbanisation et au tourisme. La préservation des milieux et des activités économiques de ces zones implique une recherche d'équilibres entre besoins et disponibilité des ressources et des espaces pour les différents usages. Cette recherche d'équilibres est à opérer en conditions de changements globaux : climatique, hausse du niveau des mers, changement d'usage des terres, érosion de la biodiversité. L'étude du phénomène de salinisation des sols et des eaux de surface et souterraines dans ces zones côtières est un prisme particulièrement éclairant sur ces équilibres généraux. En

effet, l'état de salinisation résulte des interactions et rétroactions entre des processus naturels (intrusion d'eau marine, présence de lentilles d'eau douce et de nappes saumâtres, débordement des cours d'eau, évapotranspiration des couverts, remontées capillaires, infiltration, percolation, lixiviation) et des actions d'origine anthropique (irrigation, submersion, drainage). L'enjeu pour de nombreuses zones littorales consiste à établir des modes de gestion des eaux, des sols et des écosystèmes capables de maintenir des usages attendus, d'en assurer de nouveaux et de préserver les milieux naturels. Les situations de crises liées à la salinisation (mortalité de la végétation, augmentation de la salinité des eaux) sont souvent révélatrices de déséquilibres induits par des changements de climat (baisse et modification de la répartition temporelle de la pluviométrie, augmentation du déficit hydrique climatique, hausse du niveau des mers) et/ou d'accès aux ressources en eau (partages entre prélèvements d'eau, accès à des ressources hors bassin versant) et/ou de configuration des espaces (remembrements agricoles, imperméabilisation, construction ou effacement d'ouvrages).

L'enjeu de cette thèse de doctorat est d'analyser et d'évaluer l'adaptation des socio-hydroécosystèmes côtiers aux changements globaux au travers des dynamiques hydrosalines de l'échelle locale à l'échelle du territoire, sur un cycle annuel et sur des temps longs. Ce projet sera mené sur le territoire à forts enjeux des basses-plaines de l'Aude qui offre une diversité de processus et de logiques d'action à l'origine de la salinisation des sols et des eaux et un ancrage important avec les différents acteurs du territoire par rapport à la problématique. Les travaux de recherche pourront bénéficier des diagnostics et des bases de données (eau, sol, végétation, pratiques agricoles) acquises dans le cadre du projet collaboratif SALIN (2019-2022) et du soutien du projet SALIN 2 (2024-2028) menée en partenariat entre l'Institut Agro Montpellier, le BRGM, l'agglomération du Grand Narbonne et du Parc Naturel Régional de la Narbonnaise et en collaboration avec la Chambre d'Agriculture de l'Aude, la Tour du Valat et le Conservatoire Botanique National Méditerranéen.

Méthodes développées

Méthodes de caractérisation et de suivi des conditions abiotiques (hydrosalines) et écologiques (relevés de végétation) adaptés selon les échelles étudiées.

Liens

<https://theses.fr/s410351>

PARTENAIRES

Thèse financée par le projet SALIN II, dirigée par François COLIN et co-encadrée par Armand CRABIT et Antoine GAZAIX

Fiche III-4 : Projet agro-écologique du Canavérier : un exemple d'agriculture résiliente au changement climatique en zone humide Camargue gardoise

ANNÉE	2024
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Canavérier (Camargue gardoise)



AUTEURS

SMCG, AgroSYS

Thématiques ciblées

Agroécologie

Statut (en cours ou finalisé)

En cours

Objectifs

Tendre vers une gestion agro-écologique « exemplaire » du site du Canavérier, de participer à la conservation des ressources naturelles et à la reconquête de la biodiversité associée aux agrosystèmes de Camargue, tout en étant économiquement viable et en cohérence avec le contexte socioculturel local.

Résumé

Convaincus de l'enjeu fondamental que constitue la conservation des terres agricoles du Canavérier et persuadés qu'il est possible de réconcilier l'agriculture productive avec la préservation de l'environnement, les partenaires de la gestion du site ont fait le choix du maintien de l'usage agricole dans le cadre d'un projet agro-écologique économiquement viable, à forte valeur environnementale et sociale. Cette démarche se veut pilote et exemplaire pour le territoire.

AgroSYS a été sollicité pour accompagner la démarche du Syndicat Mixte pour la Gestion et la protection de la Camargue gardoise (SMCG). Celle-ci consiste en un projet de transition agro-éco-

logique sur le domaine du Canavérier (proche d'Aigues Mortes). La définition de ce projet agro-écologique s'est appuyée sur un ensemble d'études, d'expertises et d'avis de professionnels de l'agriculture, de l'agronomie et de l'écologie : enseignants-chercheurs, techniciens, praticiens, agriculteurs-éleveurs. Sur la base de ces travaux, un cahier des charges a été élaboré en partenariat avec la Chambre d'agriculture du Gard, la Chaire partenariale AgroSys et les partenaires de la gestion du site. Un appel à projets et candidatures a conduit à la sélection de 4 exploitants agricoles au début de 2021, et leur installation sur le domaine s'est faite de manière progressive. Un plan d'action, en concertation avec les acteurs impliqués dans le projet a été établi. Les premières démarches visant à faire un état des lieux des sols en présence ont été initiées.

De nombreux travaux ont été réalisés depuis afin de sécuriser le fonctionnement hydraulique du Clos et permettre notamment l'irrigation pour la culture du riz.

Des contraintes fortes pèsent encore sur la mise en œuvre du projet, mais la volonté de l'ensemble des parties prenantes de le voir aboutir est incontestablement un facteur clé de réussite.

Perspectives

Au-delà des préconisations attendues à l'horizon 2019 pour le domaine étudié, la Chaire a pour ambition de développer une méthodologie applicable à d'autres projets similaires.

Source

https://www.camarguegardoise.com/download/2022/article_canaverier.pdf
<https://www.youtube.com/watch?v=M1NG6WN6YCI>

PARTENAIRES

SMCG, CDL, Département du gard, Agence de l'eau RMC, Région Occitanie, Chambre d'agriculture du Gard.

FINANCEMENT

Life AgroForAdapt.

Fiche III-5 : L'influence de l'augmentation de la salinité sur les huîtres d'élevage de la lagune de Thau et leurs ressources trophiques dans un contexte de réchauffement climatique et d'acidification

ANNÉE	2024-2027
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Etang de Thau



AUTEURS

IFREMER, MARBEC

Thématiques ciblées

Conchyliculture, phytoplancton, réchauffement, acidification

Statut (en cours ou finalisé)

En cours

Années de réalisation

2024-2027

Objectifs

Etudier l'impact du réchauffement climatique, de l'acidification et des fortes salinités sur la survie, la croissance, le métabolisme, le microbiote de l'huître et sur deux espèces phytoplanctoniques (*Chaetoceros*, *Skeletonema*) correspondant à leur ressource trophique. Savoir s'il sera toujours possible de produire de l'huître creuse dans la lagune en 2050.

Résumé

Les lagunes méditerranéennes sont menacées par le réchauffement climatique et l'acidification couplés à des phénomènes d'augmentation de la salinité. Dans ces conditions, la question de la durabilité des services écosystémiques à long terme se pose. C'est le cas de la lagune de Thau, exploitée par la conchyliculture, où la salinité ne cesse d'augmenter et atteint des valeurs de 42,9 en été. La thèse vise à répondre aux questions suivantes : Jusqu'à quel seuil de salinité, couplée à de fortes chaleurs, les huîtres creuses, leur microbiote et leurs ressources trophiques survivront-elles ? Sera-t-il toujours possible de produire de l'huître creuse dans la lagune en 2050 ?

Méthode développée

Cette étude couple des approches en laboratoire, en mésocosme et en modélisation pour mieux comprendre et prédire les modifications engendrées par le changement global sur la durabilité des cultures marines dans la lagune de Thau.

Pilotage

L'encadrement de cette thèse sera réalisé par des spécialistes des interactions conchyliculture/environnement et plus particulièrement de l'huître creuse (Dr Marion Richard), du phytoplancton (Dr Béatrice Bec) et de la modélisation d'écosystème lagunaire (Dr Annie Fiandrino). La thèse fait suite aux expérimentations réalisées en mésocosmes dans le cadre du projet « COCORICO2 » en collaboration avec le Comité Régional de la Conchyliculture en Méditerranée (CRCM). Elle intégrera le projet MITIC (2024-2027), porté par Dr Fabrice Pernet, en collaboration avec Dr Frédéric Gazeau.

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du contrat d'objectifs de moyens et de performances de l'Ifremer, aux ambitions 2 & 5 de MARBEC et permettra de répondre en partie aux inquiétudes de l'Etat et de la profession pour une meilleure gestion de la filière conchylicole dans ce contexte de changement global.

Source

<https://oceansconnectes.org/wp-content/uploads/2024/04/2024-OffreThese-SALTHAU-Ifremer-MARBEC-VF.pdf>

PARTENAIRES

LEMAR, le LOV, IHPE et le MPO Ministère des Pêches et Océans Canada.

Fiche III-6 : Mitigation des impacts du changement climatique sur les coquillages (Projet MITIC)

ANNÉE	2024-2027
ÉCHELLE	National
TERRITOIRE CONCERNÉ	Etang de Thau



AUTEURS

Porteur de projet sur Thau : RICHARD M. (UMR MARBEC), CNRS, Plouzané, Sète et Mèze.

Thématiques ciblées

Conchyliculture, phytoplancton, réchauffement, acidification

Statut (en cours ou finalisé)

En cours

Objectifs

Evaluer le potentiel d'adaptation des coquillages cultivés en France vis-à-vis du changement climatique et de proposer des protocoles de mitigation de ces effets.

Résumé

MITIC est un projet d'intérêt collectif qui a pour objectif d'accroître la résilience, la durabilité et la compétitivité de l'ensemble des entreprises conchyliques françaises en prenant en compte le changement climatique et en proposant des solutions de mitigation à certains de ses effets. Il est prévu plus spécifiquement de :

- 1) produire des générations de coquillages maintenus en conditions de réchauffement et d'acidification et évaluer leur potentiel d'adaptation sur plusieurs générations,
- 2) évaluer les effets d'aléas climatiques qui n'ont jamais été examiné jusqu'alors et qui sont associés au changement de régime des précipitations (sécheresse et hyper-salinité) sur la production conchylique et,

3) mettre au point et tester des techniques de mitigation innovantes de l'acidification en conditions opérationnelles (coculture avec les algues et alcalinisation).

Ce projet sera principalement conduit dans deux containers expérimentaux spécialement conçus pour étudier les impacts conjoints de l'acidification et du réchauffement sur plusieurs espèces de coquillages telles que les huîtres creuses, les huîtres plates et les moules, et sur des filières de production d'algues en mer.

Il porte notamment sur les effets du changement climatique sur le phytoplancton et les bivalves de Thau. En plus de la température et du pH, la salinisation va être ajoutée comme variable forçante dans le cadre de la thèse de Louis Gallart. Ce dernier va notamment tester en laboratoire l'effet de salinités plus élevées sur 2 taxons phytoplanctoniques issus de Thau : Skeletonema et Chaetoceros. Il travaillera ensuite sur les huîtres.

Méthode et outils développés

Cette étude couple des approches en laboratoire, en mésocosme (coculture avec les algues et alcalinisation) et en modélisation pour mieux comprendre et prédire les modifications engendrées par le changement global sur la durabilité des cultures marines dans la lagune de Thau. Les containers expérimentaux seront placés directement sur des zones d'élevage conchylicole, en bordure de la lagune de Thau à Mèze et en rade de Brest, en partenariat avec les CRC Bretagne-Nord et Méditerranée.

Source

<https://polemermediterranee.com/domaines-dactions-strategiques/mitic>
<https://www.pole-mer-bretagne-atlantique.com/ressources-biologiques-marines/mitic>

PARTENAIRES DE RECHERCHE

IFREMER, Plouzané, Sète et Mèze.

AUTRES PARTENAIRES

CRCBN - Comité Régional de la Conchyliculture Bretagne Nord, Plouzané. CRCM - Comité Régional de la Conchyliculture de Méditerranée, Mèze.

FINANCEURS

FEAMPA

Fiche III-7 : Diagnostic de la salinisation et propositions d'aménagements en contexte d'exploitation viticole et de maintien des espaces naturels en Camargue

ANNÉE	2023
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Camargue gardoise



AUTEURS

ALARY S., CHARLES E., CORRE C., ROULEAU M., (Etudiants du parcours BESTE) de l’Institut Agro de Montpellier

Thématiques ciblées

Usages des sols, Agriculture

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2023

Objectifs

Dresser un diagnostic de la situation et des propositions d'aménagement pour rendre le Domaine du Petit Saint-Jean plus résilient face au phénomène de salinisation.

Résumé

Dans le cadre de la réflexion sur la salinisation des eaux et des sols sur le littoral du Golfe de Lion, la Chaire AgroSYS a commandité une étude de cas aux étudiants du parcours BESTE de l’Institut Agro de Montpellier.

Le Domaine du Petit Saint-Jean sera le terrain pour le déroulement de ce projet ingénieurs. Depuis 2012 la Tour du Valat développe sur le domaine du Petit Saint-Jean un projet en agroécologie reposant sur un atelier viticole (5 ha), divers dispositifs agroforestiers (e.g. prés-vergers, bois

d'œuvre, haies), des cultures fourragères et du pastoralisme (ovins, bovins). Établie sur un ancien cordon dunaire, le site est contraint par des conditions pédoclimatiques extrêmes (faible pluviométrie, sol composé à 83% de sable), ce qui semble expliquer qu'une remontée de la nappe salée dès le mois de mai 2021 ait entraîné une mortalité importante des vignes du domaine (1 ha soit 20% de sa surface). Ce phénomène a été observé sur l'ensemble du territoire de l'appellation « Sables de Camargue » et a entraîné la perte définitive de plus de 600 ha de vignes en 2021. Les étudiants ont travaillé sur un diagnostic de la situation et des propositions d'aménagement pour rendre le Domaine plus résilient face au phénomène de salinisation.

Source

<https://agrosys.fr/wp-content/uploads/sites/13/2023/04/Presentation.pdf>
<https://agrosys.fr/wp-content/uploads/sites/13/2023/04/Diagnostic-de-Salinite.pdf>
<https://agrosys.fr/wp-content/uploads/sites/13/2023/04/Suivi-de-la-Salinite.pdf>
<https://agrosys.fr/wp-content/uploads/sites/13/2023/04/Amenagements-Hydrauliques.pdf>

PARTENAIRES

Tour du Valat

Fiche III-8 : Programme d'étude et recherche

S.A.L.I.N. : Salinisation des aquifères et des sols littoraux de la Narbonnaise

ANNÉE	2022
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Bassin sédimentaire de Narbonne-Sigean dont l'aquifère quaternaire de la basse plaine de l'Aude



AUTEURS

PNR de la Narbonnaise, communauté d'agglomération Le Grand Narbonne

Thématiques ciblées

Agriculture, sols et aquifères

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

Entre mi 2019 et fin 2022

Objectifs

Améliorer les connaissances relatives aux phénomènes de salinisation sur la zone des basses plaines de l'Aude pour, à terme, permettre de proposer des pistes d'évolution de la gestion de la ressource en eau en lien avec les pratiques agricoles, les prélèvements pour l'alimentation en eau potable et la gestion hydraulique des terrains naturels ou semi naturels.

Résumé

Aujourd'hui, au droit de la plaine de la Narbonnaise, les sols et les nappes constituant le multi-couche quaternaire sont caractérisés par la présence, plus ou moins marquée selon les secteurs, de sel. Il en résulte une mortalité importante des espèces végétales. Afin de répondre aux problématiques générées par la présence de sel dans les sols et les nappes, la Communauté d'ag-

glomération Le Grand Narbonne et le Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée, gestionnaires du territoire, ont sollicité le BRGM et l’Institut Agro de Montpellier pour la mise en œuvre du programme d’étude et recherche SALIN (salinisation des aquifères littoraux de la Narbonnaise) qui visait à faire un état des lieux de l’état de salinisation, de caractériser l’origine du sel, le fonctionnement de la nappe et des sols de la zone des basses plaines de l’Aude, ainsi que de proposer des pistes d’évolution de la gestion des ressources en eau et en sols en lien avec les pratiques agricoles, en contexte de changement climatique).

Une spatialisation de la salinité des sols et de la nappe a été réalisée sur l’intégralité de la zone d’étude. L’étude géochimique a révélé que les sels sont issus de l’infiltration d’une eau saumâtre. Le stock de sel provient sur les zones les plus salées, d’une eau ancienne sur-salée, associée à la présence d’une lagune (connectée à la mer et rechargeée par cette dernière) qui a été soumise à évaporation. Il s’agissait probablement d’anciennes salines exploitées au moyen âge. Au cours des siècles, grâce à des aménagements hydrauliques et l’apport important d’eau déviée de l’Aude, notamment pour l’agriculture, la plaine a été drainée et s’est progressivement dessalée. Cela a permis une dilution des eaux sursalées qui se sont infiltrées sur les secteurs où d’anciens étangs salés existaient.

Aujourd’hui, les importants apports d’eau douce lors des submersions permettent le bon développement des végétaux malgré le sel. Cet apport réduit le stress osmotique subi par les plantes. La recharge actuelle sur l’hydrosystème (précipitations, recharge agricole et crues de l’Aude) permet ainsi de maintenir une lentille d’eau douce, salutaire aux végétaux.

Au terme de ces 3 années d’études et de recherche, la synthèse des résultats des travaux apportent des réponses scientifiques aux grandes questions soulevées sur ce secteur : Quelles sont les caractéristiques hydrogéologiques de la plaine Narbonnaise ? Qu’est-ce que la salinité et quelles sont ses origines possibles ? Les sols et les nappes de la Basse Plaine de l’Aude sont-ils salés et avec quelle intensité ? Quelles sont les origines du sel ? Quels sont les impacts des pratiques de gestion actuelle ? Quel est l’effet des pratiques de submersion sur la salinité ? Quelles évolutions probables ou quels impacts des effets du changement climatique attendus ? Quelles nouvelles trajectoires peut-on imaginer collectivement et comment ?

Méthode et outils développés

Dans le premier rapport, sur la partie aquifère : réalisation d’une campagne piézométrique et de conductivité électrique des eaux souterraines au cours de l’été 2019 ; élaboration d’une 1ère carte piézométrique estivale « succincte » (2 autres cartes hautes eaux /basses eaux réalisées) ; élaboration d’une carte de la conductivité électrique des eaux souterraines ; définition du réseau piézométrique à mettre en place (incluant le choix d’une parcelle expérimentale).

Concernant la caractérisation des sols : quantification de l’état de salinité et identifier les causes de salinisation par des campagnes de mesure spatialisées sur des prélèvements de sédiments sur l’ensemble de la zone d’étude ; quantification des processus et des interactions « climat-homme-milieu » influant sur la salinisation par des campagnes plus localisées sur des parcelles et/ou des transects suivant la topographie particulière (toposéquence).

Dans le second rapport, une analyse du contexte hydroclimatique est proposée pour évaluer les grandes tendances depuis les années 1960 ainsi que la recharge naturelle de la nappe par les précipitations. Aussi, une projection de cette recharge à moyen et long termes (2050, 2080) en contexte de changement climatique est réalisée.

Une spatialisation de la minéralisation au sein des sols est proposée, ainsi que des indicateurs de

cette salinisation et une analyse d'outils de gestion. Cette spatialisation de la minéralisation au sein des sols et de l'aquifère quaternaire est réalisée sous forme cartographique.

Concernant les travaux sur la caractérisation hydrogéologique de la nappe, ils ont pour objectif de réaliser un bilan hydrologique. Pour ce faire, des cartes piézométriques ont été réalisées et interprétées.

L'impact des pratiques de gestion de l'eau a été déduit des suivis réalisés sur les parcelles expérimentales agricoles et situées en zones naturelles et semi-naturelles. Le suivi des submersions sur deux parcelles (été 2021) est analysé avec pour objectif la caractérisation du flux de recharge vers la nappe. À l'issue de ce travail, un premier bilan hydrologique est proposé.

Une analyse des perceptions de la salinité/salinisation a également été conduite auprès des acteurs agricoles.

Trajectoire

Sur le plan prospectif du changement climatique, il a été conclu une diminution de la recharge des précipitations de -2 Mm³ à l'horizon 2040 et de -4 Mm³ à l'horizon 2080 (ordres de grandeur). Il y aurait : moins d'eau vers les étangs et des changements des équilibres actuels, une modification de la structure « biseau salin » avec risques d'intrusions salines au Sud du territoire.

Parallèlement, la zone des étangs sera impactée par la submersion, donc la zone proche des étangs est plus vulnérable. Au vu de la réduction de la recharge et de l'augmentation du niveau de la mer toute la zone Sud présente une très forte vulnérabilité au changement climatique. Sur les secteurs amont, la recharge naturelle et anthropique (eau agricole disponible) devrait diminuer dans les décennies à venir, impactant ainsi fortement les végétaux dans les secteurs les plus salés. En conclusion sur le volet salinité : les résultats montrent que les infrastructures mises en place sur la Plaine de la Narbonnaise (réseau de fossé et canaux de drainage) associées aux pratiques de submersions agricoles contribuent au dessalement des sols et des nappes. Toutefois, ce dessalement s'inscrit sur du temps long, en effet l'export de sel est faible au regard du stock présent.

Perspectives

Dans un contexte de changement climatique, associé à une raréfaction de la ressource en eau, et de la mise en place d'un Plan de Gestion de la Ressource en Eau (PGRE) visant à une diminution des prélèvements sur l'Aude, les usages de la plaine de la Narbonnaise vont nécessairement évoluer, en prenant en compte les caractéristiques des différents secteurs. Une adaptation des pratiques sur ces secteurs à forte valeur économique agricole et environnementale sera donc nécessaire dans le futur.

Les résultats scientifiques apportés par le projet S.A.Li.N, ont désormais vocation à aider les acteurs du territoire à la mise en place d'actions permettant l'adaptation du territoire à la raréfaction des ressources en eau. À l'issue du projet, il a été montré que des pistes de réflexions et d'amélioration des connaissances seraient toutefois nécessaires pour mener et explorer ces pistes d'adaptation, c'est dans ce cadre qu'une suite au projet est envisagée.

Gouvernance et concertation

Comité de pilotage du projet. À l'origine centré sur la nappe quaternaire présente à l'échelle de la plaine narbonnaise, le programme S.A.Li.N. a également bénéficié de l'appui de nombreux partenaires techniques et acteurs locaux liés à la gestion de l'eau et des sols.

Liens

<https://www.parc-naturel-narbonnaise.fr/en-action/environnement/eau/resource-en-eau/programme-s-a-li-n/>
<https://www.brgm.fr/fr/reference-projet-acheve/salin-caracterisation-salinite-sols-nappes-plaine-narbonnaise>

Lettre de synthèse

<https://acrobat.adobe.com/link/review?url=urn:aaid:scds:US:04696013-78ae-4094-8c54-5669cf250e85>

Source

- Fleury, Perrine ; Colin, François ; Crabit, Armand ; Maldan, Frédérik ; Ignace, S. ; Pinta, J. (2020) - **Projet S.A.L.I.N - Salinisation des Aquifères Littoraux de la Narbonnaise - Rapport intermédiaire - Année 1** . BRGM/RP-69860-FR, 60 p., 1 ann.
- Fleury, Perrine ; Dewandel, Benoit ; Lanini, Sandra ; Marien, Laurène ; Colin, F ; Bergé, F. ; Crabit, Armand (2021) - **Projet SALIN – Salinisation des Aquifères Littoraux de la Narbonnaise - Rapport intermédiaire – année 2** . BRGM/RP-71251-FR, 117 p., 2 ann.
- Fleury, Perrine ; Dewandel, Benoit ; Ladouche, Bernard ; Valentini, Nico ; Lanini, Sandra ; Colin, François ; Crabit, Armand ; Marien, Laurène ; Salel, Tiphaine (2022) - **Salinisation des Aquifères Littoraux de la Narbonnaise. Rapport final**. BRGM/RP-72118-FR, 163 p., 102 ill., 4 ann.

PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

Le BRGM, l’Institut Agro Montpellier.

PARTENAIRES FINANCIERS

La Région Occitanie, l’Union Européenne, et l’Agence de l’Eau RMC.

PARTENAIRES TECHNIQUES

Chambre d’agriculture de l’Aude, Union d’ASA Hydraulique de l’Est Audois (UASHEA).

Fiche III-9 : Salinisation des terres agricoles dans les zones côtières : analyse des sols et des eaux, de l'échelle du paysage à celle de l'agrégat de sol

ANNÉE	2019
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Plaine héraultaise BV Orb (Sérignan)



AUTEURS

BLESS A. (Montpellier, SupAgro)

Thématiques ciblées

Agriculture, sol et aquifères

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2017-2019

Objectifs

Contribuer à la production de connaissances sur le fonctionnement des ces systèmes, en vue de proposer des stratégies de remédiation durables.

Résumé

Le travail de thèse se positionne dans le cadre global de la compréhension de l'évolution des terres agricoles de marges côtières, soumises aux processus de salinisation. La salinisation des eaux et des sols constitue un processus majeur de dégradation des terres arables. Dans le même temps, les zones sodiques et salines telles que les estuaires, constituent des hot-spot de biodiversité. Ces zones doivent donc être considérées comme des systèmes complexes qu'il est nécessaire d'étudier afin de préserver leur capacité à assurer différentes fonctions et services écosystémiques. L'objectif principal de cette thèse était de contribuer à la production de connaissances sur le fonctionnement des ces systèmes, en vue de proposer des stratégies de remédiation durables. La démarche d'adaptation est organisée en plusieurs étapes, fondée sur l'observation et l'ana-

lyse du système à différents niveaux d'organisation : du périmètre de production à l'agrégat de sol. L'observation au niveau du paysage a permis de quantifier la pression saline, d'identifier les sources de sel et de préciser la nature des processus responsables de l'augmentation des concentrations en sel dans la zone racinaire, de fait préjudiciables à la production agricole. Par ailleurs, cette étape a permis d'identifier des parcelles de référence, présentant différents usages et propres à traduire différents fonctionnements hydro-pédologique.

L'étude a été menée sur la commune de Sérignan (Hérault - France) en aval du bassin du fleuve Orb. Un modèle conceptuel des flux d'eau entre les différents compartiments constitutifs de ce système complexe a été construit pour représenter le processus de salinisation. Une évaluation globale à l'échelon du profil de sol semblait pertinente i) pour juger de la capacité globale de lixiviation des sels, et ii) pour intégrer l'ensemble du volume racinaire prospecté par la vigne.

Les résultats montrent qu'il existe un potentiel de « désalinisation », sans nécessité de désorption, fondé sur la mise en solution, lixiviation et exportation des solutés via le réseau de drainage. L'intérêt a également été porté sur l'évaluation globale de la fonction de potentiel de minéralisation des matières organiques à partir de mesures de respiration.

Méthode et outils développés

Démarche en plusieurs étapes, fondée sur l'observation et l'analyse du système à différents niveaux d'organisation : du paysage (périmètre de production) à l'agrégat de sol (élément fonctionnel de base). L'observation au niveau du paysage, a permis d'identifier six parcelles de référence, propres à traduire différents fonctionnements hydro-pédologiques. Sur ces parcelles, l'analyse morpho-structurale et géochimique fine des profils de sol ainsi que le suivi des niveaux piézométriques (dynamique des nappes à l'échelon des parcelles) nous a permis de tester la robustesse de la stabilité structurale comme indicateur de la capacité des sols à assurer leurs fonctions.

L'analyse de la distribution spatiale de la variable « conductivité électrique », a permis de quantifier la pression saline, d'identifier les sources de sel et de préciser la nature des processus responsables de l'augmentation des concentrations en sel dans la zone racinaire. Analyse de l'activité microbiologique des horizons de sols en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques et évaluation de la fonction de potentiel de minéralisation des matières organiques à partir de mesures de respiration, à l'aide des dispositifs de type MicroRespTM.

Trajectoire

Trois des compartiments du système ont subi des évolutions significatives sur la période 1962-2012 : la structuration et l'occupation du paysage, le fleuve Orb et son régime et le climat. Concernant le paysage, la transition principale fut celle d'une augmentation de la surface des parcelles agricoles, responsable d'une diminution drastique de la densité du réseau de drainage. Par le passé, suite aux phases de submersion des parcelles, l'importante densité du réseau de drainage permettait la collecte et l'évacuation en dehors du système des eaux de percolation et des sels lixiviés, tout en garantissant un abattement substantiel du niveau de la zone saturée. Suite au redimensionnement de 1962, puis de la baisse d'entretien des fossés, la fonction d'exportation des sels s'est amoindrie et a créé les conditions favorables à une remontée des sels i) via une remontée directe de la zone saturée, ii) via une augmentation des remontées capillaires vers la surface du sol, dans la zone racinaire. Concernant le fleuve Orb, l'analyse des chroniques de débits montre une diminution des débits minima mensuels (QMNA) sur les 50 dernières années avec une stabilisation au niveau le bas depuis la fin des années 1980. Cette tendance sur les

débits minima mensuels est probablement imputable à la diminution de la pluviométrie et plus certainement à l'augmentation croissante puis la régulation des prélèvements humains sur le même temps. Quoi qu'il en soit, ces variations ont été par la suite propices aux intrusions marines dans le fleuve côtier. Concernant le climat, l'analyse des chroniques montre une nette variation des températures moyennes annuelles; cette augmentation étant favorable à une augmentation de l'évapotranspiration de référence. La tendance pour la pluviométrie est moins évidente, même si elle semble être celle d'une diminution de la pluviométrie sur les 50 ans. Sur les 50 dernières années, ces tendances climatiques ont été responsables d'une augmentation significative du déficit hydrique climatique pour les vignes au moment de la période estivale pouvant provoquer un assèchement accentué et d'une remontée par capillarité et accumulation des sels dans le profil de sol et la zone racinaire.

Perspectives

En conclusion, l'étude propose plusieurs solutions de remédiation au problème de salinisation dans la zone d'étude. Un premier levier concerne la gestion du fleuve Orb, il serait important d'analyser s'il est possible d'augmenter ses débits d'étiages ou d'aménager son lit afin de limiter les intrusions marines. Le second levier consiste à augmenter l'efficience des pratiques de lutte anti-sels par le raisonnement des submersions et l'amélioration des conditions de drainage (densité et entretien des ouvrages). Le troisième levier concerne la gestion des sols par les agriculteurs. La maîtrise des submersions est première mais contrainte par la disponibilité et le prix de l'eau qu'il conviendrait de négocier avec l'entreprise de distribution BRL. Les pratiques de travail du sol et les logiques d'intervention dans les parcelles doivent être raisonnées afin de limiter le tassement et la compaction des sols néfaste à la percolation et l'élimination des sels. La restauration de la structure du sol afin de garantir un meilleur fonctionnement apparaît impérative dans de nombreuses situations. Enfin, l'étude de l'adaptation variétale en vigne afin de disposer de porte-greffes plus tolérants au sel apparaît comme une perspective à investiguer.

Lien

<https://theses.fr/2019NSAM0020>

PARTENAIRES

Laboratoire d'étude des interactions sols-agrosystèmes-hydrosystèmes (Montpellier).



IV. GESTION DE L'EAU À L'ÉCHELLE DES TERRITOIRES, ADAPTATION DES TERRITOIRES

Fiche IV-1 : Mise en place d'actions pour lutter contre les intrusions salines en Corse

ANNÉE	2024
ÉCHELLE	Corse
TERRITOIRE CONCERNÉ	Plaine de la Marana-Casinca, aquifère alluvial du Golo



AUTEURS

BE ImaGeau et société Antea Group

Thématiques ciblées

Salinisation de nappe alluviale, exploitation de champ captant

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2015-2024

Objectifs

Suivre l'évolution de la salinité de la nappe phréatique au niveau du champ captant de la nappe alluviale du Golo et donner des outils pour gérer au mieux le champ captant sur la durée, et de se projeter sur 5 à 20 ans.

Résumé

L'étude sur l'intrusion saline dans le Golo s'inscrit dans une démarche globale de gestion durable de l'eau potable menée par la Communauté de Communes.

La communauté de commune de Marana Golo (CCMG) exploite un champ captant d'une dizaine de forages situé dans la nappe alluviale du fleuve Golo. Ce champ captant en zone littorale, à environ 4 kilomètres de la mer, est potentiellement vulnérable aux intrusions d'eau de mer. En 2015, elle a fait appel à Imageau afin de suivre l'évolution de la salinité de la nappe phréatique

au niveau du champ captant. Le BE a alors procédé à l'installation de 6 sondes SMD pour suivre ce phénomène de biseau salé. En 2017, des hausses de conductivité exceptionnellement élevées ont été enregistrées par les SMD sur le site de captage, atteignant un point tel qu'une interruption partielle des forages a été nécessaire en raison de l'impropriété de l'eau à la consommation soit près de 30% des prélèvements nécessaires aux 25.000 habitants de la communauté des communes (45.000 l'été). La CCMG a alors sollicité Imageau pour réaliser un outil de gestion basé sur une modélisation de cette problématique de biseau salé, afin de lui fournir des indicateurs précis pour piloter son exploitation.

Imageau a étudié le type d'aquifère et la relation qu'il entretient avec la rivière Golo, afin de comprendre leurs interactions. Différentes hypothèses de salinisation de la nappe sont étudiées : remontée de sel par le fleuve et impact direct et par à coup sur la nappe au niveau du champ captant, ou salinisation de la nappe lente par des échanges nappe/rivière plus en aval.

Ces interventions, ces mesures et ces observations ont permis d'acquérir sur plusieurs années des données précieuses sur l'ensemble de la nappe phréatique – pas seulement au niveau du champ captant. Cela a permis de construire un modèle hydrogéologique 3D permettant de préciser au cours de l'année de suivi les écoulements de la nappe étudiée et la salinisation de la nappe en fonction de son niveau, de son exploitation, des coefficients de marée, du débit du Golo, etc. Ce travail permet de simuler ce qu'il est advenu dans le passé, mais surtout ce qu'il pourrait se passer à l'avenir. Pour cela, à partir du modèle construit et calé sur l'historique, il a été effectué un certain nombre de simulations sur les risques d'intrusion saline dans la nappe en fonction de plusieurs événements.

Ces scénarios ont permis à Imageau de délivrer leurs préconisations pour permettre d'élaborer des indicateurs concrets sur lesquels pourra se baser la commune de Marana Golo pour gérer son exploitation en conséquence.

Des facteurs simultanés mènent à l'intrusion de sel : être en période d'étiage, donc de faible débit d'eau et que l'embouchure du Golo soit ouverte, permettant à l'eau de mer de pénétrer.

Méthode et outils développés

Plusieurs actions ont été entreprises par Imageau :

- Des campagnes de mesure de la salinité de la rivière en bordure du champ captant, mais aussi de l'embouchure de la mer jusqu'à l'exploitation, pour observer le gradient de salinité du Golo, notamment en période estivale, lorsque le débit est plus faible, et les remontées d'eau de mer plus importantes.
- Des campagnes de prospection géophysiques permettant de cartographier en profondeur des différents couches géologiques (et la présence de l'aquifère) et de localiser la position du biseau salé.
- L'installation de 6 sondes de conductivité de la nappe SMD à différents niveaux de profondeurs : 3 sur le champ captant, 3 autres entre le champ captant et la mer, qui permettent de suivre la salinité de la nappe dans son état naturel et d'observer les profondeurs auxquelles les eaux saumâtres s'infiltrent de manière préférentielle.

Pour les simulations, ont été étudiés :

- La réponse piézométrique et la position du biseau salé lors d'une augmentation des prélèvements au niveau du champ captant pour une succession d'années sèches.
- L'augmentation de l'exploitation du champ captant sur la nappe et la position du biseau salé

- La diminution de la pluviométrie en adéquation avec ce que peuvent prévoir les modèles météorologiques du GIEC.
- Des scénarii de gestion du champ captant à 5 ans, 10 ans, 20 ans.

Perspectives

Grâce à l'étude du comportement de la nappe phréatique, mais aussi des différents scénarios passés et futurs, Imageau est en mesure d'établir un certain nombre d'indicateurs sur lesquels la commune pourra se baser pour adapter et piloter au mieux l'exploitation de ses captages. Ce peut être le niveau d'eau sur un piézomètre ou le niveau de conductivité mesuré sur un autre, qui vont alerter la collectivité d'un risque d'intrusion saline et permettre ensuite d'anticiper et d'ajuster la gestion de son exploitation en conséquence : pomper moins fort sur le forage, quel forage activer plus qu'un autre, à quel débit etc.

Ainsi, la commune a connaissance des seuils d'alertes auxquels ils doivent être vigilants, et le comportement à adopter pour éviter le phénomène du biseau salé, garantissant ainsi la longévité de son exploitation.

Gouvernance

Une vigilance est réclamée par la CCMG tant sur la question du respect des débits réservés que sur le respect de la fermeture de l'embouchure du Golo en période d'étiage. Le directeur des services de la CCMG réclame de la part de la Collectivité de Corse, la réalisation d'un plan territorial de gestion de l'eau.

Source et lien

<https://www.imageau.com/projets/gestion-champ-captant-face-au-biseau-sale-a-marana-golo/>

FINANCEMENT

Communauté de commune de Marana Golo (CCMG)

Fiche IV-2 : Programme Erable - « Camargue, Le procès du Sel » - Adaptation d'un territoire face à la salinisation et au changement climatique

ANNÉE	2024
ÉCHELLE	PACA et Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Camargue



AUTEURS

Collectif du projet : MATHEVET R. (CEFE CNRS), ROUQUETTE E. (Musée de Camargue, PNR de Camargue), PETIT A-C. (Parc naturel régional de Camargue), JAUMAIN P. (Syndicat Mixte Camargue gardoise), PERREN P. (Agence Camille Alfada)

Thématiques ciblées

Activités humaines, biodiversité, transformation

Statut (en cours ou finalisé)

En cours

Années de réalisation

2024

Objectifs

Mettre en récit une négociation entre intérêts divers et visions divergentes pour préserver l'écosystème camarguais fragilisé par les bouleversements climatiques et les usages de ses ressources.

Résumé

Le Procès du Sel est une fiction territoriale qui envisage le sel comme un motif environnemental accusé dans un procès fictif, invitant l'ensemble des vivants camarguais à témoigner. Le Procès se constitue comme un événement rassembleur, créateur d'un récit commun.

La Réserve de biosphère de Camargue (delta biogéographique du Rhône qui s'étend sur les régions SUD et Occitanie dans les Bouches-du-Rhône et le Gard) est marquée par un motif environnemen-

tal prégnant : le sel. Celui-ci structure l'espace biophysique, compose nombre de raisons d'agir et façonne les relations et intérêts des vivants camarguais entre eux et à leur milieu. Ces dernières années, la salinisation des milieux en lien avec la gestion des périmètres irrigués, le changement climatique et la montée du niveau de la mer a accru les tensions sociales entre usagers (agriculture, saliniers, chasseurs, éleveurs) et gestionnaires des espaces protégés. Le défi est aujourd'hui de déployer une démarche à même de revisiter les systèmes de valeurs, de développer la capacité des acteurs à réfléchir collectivement à ce qui leur arrive, afin de favoriser un changement social et écologique profond.

Dans ce contexte, le questionnement scientifique du projet est ainsi formulé : si on comprend la transition écologique comme une transformation profonde, quelle recomposition de la biodiversité et des activités humaines découlait de sa mise en œuvre en Camargue ? Quels récit et dispositif inventer pour dépasser les écueils habituels et enfin s'entendre, s'écouter les uns les autres, avoir une vision du paysage des intérêts en présence (humains et autres qu'humains) ? Comment évoquer les menaces écologiques sans faire violence aux acteurs locaux et intégrer les discours scientifiques, politiques, citoyens, et non humains dans un débat public multisectoriel ?

Cette recherche-action invite au décloisonnement des approches, par la reconnaissance et l'interrogation de multiples connaissances et savoirs vernaculaires, auprès d'acteurs de tous secteurs confondus. Elle explore les possibilités d'adaptation et de transformation des activités humaines en Camargue face à la salinisation des milieux et au changement climatique, et a pour ambition d'enclencher des transformations sociales autour des enjeux de transitions écologiques.

Méthode et outils développés

Le Procès du Sel propose d'ouvrir un nouvel espace de dialogue attractif, autour des relations au milieu, pour transformer les manières d'être et de faire territoire et ainsi s'inscrire dans une nouvelle intendance socio-écologique du territoire. L'instruction du procès du sel et son déroulement constituent une fiction prétexte attractive, permettant de faire vivre une négociation entre intérêts divers et visions divergentes sur un même objet géographique. Il est une occasion pour enquêter, rassembler des témoignages, des voix, des besoins, des charges et des défenses et croiser des expertises. Le faux procès est également une manière de projeter des réparations, dans le sens où il ne condamne pas mais propose des trajectoires et des scénarios.

Le Procès du sel se présente donc comme un modèle inspirant d'éducation écologique, montrant que l'art peut être un puissant moteur de débats constructifs pour réinventer nos pratiques en matière de gestion environnementale.

Source et lien

<https://erable.archi.fr/projets/camargue-le-proces-du-sel>

PARTENAIRES

Agence Bipolar, GIP EPAU.

FINANCEMENT

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires.

Fiche IV-3 : Plan d'actions eau, zones humides, salinité dans un contexte de changement climatique - Organisation de la gestion de l'eau douce en Camargue gardoise

ANNÉE	2025
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Camargue gardoise



AUTEURS

Syndicat Mixte de gestion et de protection de la Camargue gardoise

Thématiques ciblées

Agriculture, usages, sols

Statut (en cours ou finalisé)

En cours

Années de réalisation

2025

Objectifs

Le Plan d'actions eau, zones humides, salinité dans un contexte de changement climatique présente 3 objectifs généraux qui visent à améliorer l'organisation de la gestion de l'eau douce sur le périmètre du SAGE Camargue gardoise : Améliorer les connaissances, Agir dans un contexte de changement climatique et Conforter la gouvernance et le pilotage du plan. Les actions sont également classées en 5 volets : agricole et espaces naturels, hydraulique, qualité des eaux de surface et souterraine au regard des teneurs en sel, innovation, et gouvernance (cf. document en téléchargement).

Résumé

La Camargue gardoise est soumise à une augmentation de la salinité des eaux et des sols avec des conséquences catastrophiques sur les espaces naturels et sur l'agriculture, notamment. Les effets du changement climatique avec la montée du niveau de la mer, la réduction de la pluviométrie, une gestion de l'eau soumise à des intérêts particuliers et à la dégradation de certains

ouvrages de gestion et de protection sont autant de facteurs aggravants. Une mobilisation générale en Camargue gardoise regroupe depuis fin 2021 l'ensemble des acteurs socio-économiques, les vignerons avec leurs syndicats, la chambre d'agriculture, les élus locaux, départementaux, régionaux, les parlementaires, les ASA, les établissements publics de bassins, les riziculteurs, les sagneurs, les Salins du Midi, les grands propriétaires, les acteurs associatifs, les scientifiques, pour s'engager dans une démarche volontariste et contributive.

Les bouleversements à venir nécessitent des réponses locales ainsi qu'une montée en puissance des actions de moyen et de long terme. Avec ses 37 actions le plan eau, zones-humides, salinité vise à améliorer l'organisation de la gestion de l'eau douce sur le périmètre du SAGE Camargue gardoise. Récemment validé par le Comité de suivi et par la Commission Locale de l'Eau (CLE) du SAGE Camargue gardoise, une phase de mise en œuvre débute pour les 5 prochaines années. Des solutions et des adaptations s'inscrivant dans une démarche d'échanges et de concertations permanentes.

Gouvernance

Le Syndicat Mixte de la Camargue gardoise, présidé par Robert CRAUSTE, coordonne et anime la mobilisation collective qui implique et permet l'expertise, la contribution et l'action de chacun. Dans ce contexte, un comité technique et un comité de suivi ont été constitués avec l'État dès 2022. Permettant ainsi l'obtention en urgence d'un apport significatif d'eau douce du Rhône à partir de l'écluse de Saint Gilles avec Voies Navigables de France et des expérimentations d'aspersion avec la compagnie du Bas Rhône Languedoc de parcelles de vignes. De nombreux rendez-vous – avec l'agence de l'eau, les parlementaires ou les interlocuteurs de l'Etat notamment – ont permis de poser toutes les problématiques et une « mission Camargue » a été diligentée par le Premier Ministre Jean Castex en fin de mandature.

Source

<https://pole-lagunes.org/un-plan-dactions-concerne-face-a-la-salinisation-de-la-camargue-gardoise/>

PARTENAIRES

Agence de l'eau RMC, CNR, Région Occitanie, communes du périmètre...

Fiche IV-4 : Démarche prospective « L'avenir de la Camargue avec le sel ? » - Plan d'action partenarial 2024 – 2026

ANNÉE	2024
ÉCHELLE	PACA
TERRITOIRE CONCERNÉ	Camargue



AUTEURS

Parc naturel régional de Camargue, État (DDTM 13), Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, Département des Bouches-du-Rhône

Thématiques ciblées

Usages, agriculture, gestion de l'eau

Statut (en cours ou finalisé)

En cours

Objectifs

Construire l'avenir de la Camargue, tenant compte des enjeux liés au sel et au changement climatique. Il s'agit ainsi d'accompagner et soutenir les parties prenantes de la Camargue pour choisir les cultures adaptées aux nouveaux équilibres du territoire, limiter et réduire les intrants au travers d'une accélération forte de la R&D pour trouver les solutions alternatives...

Résumé

Le Parc Naturel Régional de Camargue et l'État ont décidé, le 25 janvier 2024, en étroite coopération avec la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le Département des Bouches-du-Rhône, la Communauté d'Agglomération Arles Crau Camargue Montagnette et les Villes d'Arles, de Port-Saint-Louis-du-Rhône et des Saintes-Maries-de-la-Mer, d'engager une réflexion associant les parties prenantes de la Camargue pour co-construire une feuille de route partagée à l'horizon de 3 ans (2024-2025-2026). Cette feuille de route vise à apporter des solutions à court-terme pour répondre à la problématique suivante : Comment construire l'avenir de la Camargue avec le sel ?

Pour lutter contre la salinisation, une commission d'urgence pilotée par le Parc de Camargue est l'Instance de suivi de la mise en œuvre des opérations de la feuille de route. Celle-ci comprend 30 opérations concrètes répondant aux enjeux suivants :

- Réduire le niveau de salinité de la Camargue par des actions sur l'eau ;
- Adapter la Camargue au changement climatique par la mobilisation de moyens nouveaux, encore non présents dans le droit commun des politiques des différents partenaires ;
- Agir efficacement à court terme (2024-2026), sachant que la nouvelle Charte du Parc de Camargue, dont la révision vient de s'engager, permettra de prendre le relais des actions de court terme à l'issue de sa révision ;
- Avoir un fort caractère opérationnel, en réponse aux attentes exprimées par les parties prenantes du territoire pour la mise en œuvre d'actions concrètes.

L'orientation 4 « Mobiliser les acteurs autour de la salinité à l'échelle de la Camargue, en cohérence avec le Plan de Sauvegarde du Vaccarès vise entre autre à «augmenter les volumes d'eau douce en hiver dans le Vaccarès en utilisant le réseau hydraulique existant » (action 4.1), à « améliorer le ressuyage de la Camargue insulaire » (action 4.3). L'action 6 « Mobiliser la R&D pour aboutir à des actions concrètes et opérationnelles sur le territoire » dans son action 6.2 prévoit de combler le déficit de connaissance sur le fonctionnement hydrogéologique en lien avec la salinisation des terres (biseau salé, coin salé, carte des niveaux piézométriques...). Il est prévu de mettre en place un observatoire de la qualité et de la salinité des zones humides, et de recourir à la R&D pour déterminer les pratiques agricoles vertueuses pour l'adaptation de la Camargue au changement climatique (recherche de variétés résistantes au sel, changements de pratiques culturelles). Quant à l'orientation 7 vise à maintenir les ouvrages existants en état sur les secteurs où ils sont efficaces, et au droit des enjeux humains, économiques et écologiques.

Le 09 avril 2024, un séminaire intitulé « Construire l'avenir de la Camargue avec le sel ? » a permis de réunir plus de 90 participants représentant l'ensemble des parties prenantes du territoire. Ceux-ci ont formulé différentes contributions pour répondre aux enjeux d'avenir de la Camargue. À partir de ces contributions, et d'échanges bilatéraux entre l'équipe-projet et les parties prenantes, une feuille de route a été bâtie contenant 7 orientations stratégiques donnant lieu à 14 actions déclinées en 30 opérations concrètes à mettre en œuvre de 2024 à 2026.

Gouvernance

Une coordination d'ensemble de la mise en œuvre de la feuille de route sera assurée par le Parc Naturel Régional de Camargue qui se chargera également, selon les besoins et afin de veiller au bon avancement des opérations : de mobiliser ses équipes ainsi que les différentes commissions thématiques du Parc ; engager des discussions bilatérales avec les parties prenantes du territoire. Un comité stratégique est l'instance décisionnelle et de pilotage. Il est composé de l'État, la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le Département des Bouches-du-Rhône et le Parc Naturel Régional de Camargue. La commission d'urgence, instance de suivi de la mise en œuvre de la feuille de route, est pilotée par le PNR de Camargue.

Source

https://www.parc-camargue.fr/parc-camargue/202400102/0001/CS_2024_052_PlanActionPart2024-2026_ConstruireAveCama.pdf

PARTENAIRES

RNN de Camargue, Conservatoire du Littoral, SYMADREM, AERMC, CNR, Centre Français du Riz, Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône,...

Fiche IV-5 : Etude de faisabilité de la réhabilitation du barrage anti-sel de Saint-Laurent d'Aigouze

ANNÉE	2024
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Plaine de St Laurent d'Aigouze (Camargue gardoise)



AUTEURS

EPTB Vistre Vistrenque, BRL

Thématiques ciblées

Usages des sols, Agriculture

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2023-2024

Objectifs

Comprendre les dynamiques de remontée du coin salé et faire un état des lieux des enjeux et des usages sur le secteur pour, in fine, proposer des scénarios de réhabilitation du barrage anti-sel.

Résumé

Le barrage anti-sel de Saint-Laurent d'Aigouze a été réalisé sur la partie aval du Vistre canal, avant que ce dernier ne rejoigne le canal du Rhône à Sète, afin de limiter la progression des langues d'eau salées provenant de l'aval (autrement appelé coin salé pour les eaux de surface), et de fournir ainsi aux agriculteurs et éleveurs du secteur une alimentation en eau douce. À la suite de dégradations sur l'ouvrage, les batardeaux ont été enlevés et ont disparu. Au regard des demandes sur le territoire afin de réhabiliter l'ouvrage, l'EPTB Vistre Vistrenque a mandaté le bureau d'études BRL Ingénierie, afin de réaliser une étude pour comprendre les dynamiques de remontée du coin salé et faire un état des lieux des enjeux et des usages sur le secteur pour, in fine, proposer des scénarios de réhabilitation du barrage anti-sel.

Pour cela, un protocole de surveillance du phénomène a été dimensionné et mis en œuvre durant l'année 2023 afin de comprendre les phénomènes favorisants ou non la remontée du coin salé, et déterminer l'efficience du barrage anti-sel dans sa géométrie actuelle. L'analyse des caractéristiques du milieu a permis de mettre en évidence un cortège d'espèces floristiques adaptées à des phases temporaires de salinisation, sans que cela ne mette en péril leur état. Tout comme le milieu naturel, les irrigants se sont adaptés et ont notamment modifié leurs pratiques en ciblant les phases de marées basses pour prélever les eaux sur le Vistre canal. Un certain nombre d'entre eux réalisent aussi des mesures de salinité ponctuelles afin de vérifier la compatibilité du taux de sel présent dans ces eaux avec leurs usages. Par ailleurs, un lien étroit existe, sur le secteur, entre le maintien du milieu naturel et le maintien de l'agriculture. Les prés salés, jonchais et roselières sont considérées comme des habitats Natura 2000 et servent de lieu de chasse et repos pour certaines espèces avicoles. Le pâturage permet également de maintenir les espaces ouverts. En raison de ce lien entre écosystèmes et agriculture, la perte d'exploitation agricole du fait de la salinité, pourrait aussi entraîner une perte de biodiversité.

Le fonctionnement hydraulique du secteur d'étude est actuellement parcellisé pour favoriser des usages spécifiques (chasse, sagne, pâturage, riziculture notamment), par conséquent il ne correspond pas à une gestion globale de l'ensemble des marais. Le territoire est aujourd'hui divisé en casiers avec une individualisation de la gestion de l'eau et donc une absence de mouvements d'eau globaux. Du fait de ce fonctionnement hydraulique du secteur d'étude parcellisé le manque de renouvellement des eaux entraîne une dégradation de la qualité des eaux (bilan d'oxygène, eutrophisation, salinisation, ...) et à terme, une dégradation des habitats et des espèces. Certains terrains présentent également une salinisation plus importante, en raison de la nature des sols et de la proximité avec la nappe superficielle. La salinité d'un site est en partie déterminée par un bilan évaporation-précipitation. Dans une zone présentant une forte évaporation et peu de précipitation, la salinité est plus importante que dans une zone fortement lessivée.

L'étude apporte les enseignants suivants :

- La lame de 33 cm du Barrage anti sel ne permet pas de lutter contre la salinité dans le Vistre à l'amont du barrage anti-sel.
- De manière générale, il ressort que la période sensible en termes de salinité s'étend d'avril à octobre, qui est aussi la période sensible pour l'irrigation. La concomitance entre la période de forte salinité, de la période d'étiage et des pressions de prélèvements sur le Vistre peuvent expliquer la progression de la salinité à cette période.
- Les exploitants et irrigants confirment leur intérêt pour que des travaux de rénovation du barrage anti-sel soient engagés pour répondre à un double objectif : limiter le phénomène de salinisation (limiter les remontées d'eau salée à saumâtres depuis l'aval) et stocker davantage d'eau en amont du barrage.

Les deux principales raisons pour lesquelles le barrage anti-sel devrait être refait sont : la fonction anti-sel et la réhausse de la ligne d'eau dans le Vistre. L'objectif de la réhausse de la ligne d'eau est que l'eau du Vistre puisse rentrer dans les terres via les réseaux d'irrigation existants.

Pour cela, la réhabilitation de l'ensemble des ouvrages hydrauliques tels que les martelières sera donc bénéfique pour le milieu naturel environnant et les enjeux associés.

- Jusqu'à aujourd'hui, les habitats et espèces faunistiques et floristiques semblent s'être adaptées à l'évolution de la salinité sur le secteur. Une action seulement centrée sur le barrage anti-sel ne permettra pas de régler les problèmes existants sur la zone. En effet, il conviendrait de réaliser une réflexion d'ensemble sur le territoire.

- La réhabilitation du barrage anti-sel devra être accompagnée par la réalisation d'une passe à poissons pour assurer la continuité écologique et le franchissement de l'ouvrage par les espèces piscicoles. L'étude indique que la « différence de niveau de ligne d'eau sera potentiellement supérieure à 50 cm » rendant l'ouvrage infranchissable pour les espèces piscicoles.

Trajectoire

L'étude a permis de conclure que la salinité dans le Vistre ne s'explique pas par une relation linéaire avec la pluie ou le vent. Les facteurs de marée et de débit de Vistre restent prépondérants pour expliquer la salinité. Les profils de salinité soulignent la progression du coin salé dans le canal en fonction de la saison. Un débit suffisant permet de repousser la remontée du sel. L'évaporation intense est en revanche le principal facteur de salinisation des nappes souterraines superficielles, les sels étant apportés petit à petit par la pluie (ruissellement sur les sols alentours) depuis des années et concentrés dans les sols sans pouvoir être évacués par lessivage.

Perspectives

4 propositions de réhabilitation du barrage ont été proposées.

Une analyse multicritère a été réalisée comme outil d'aide à la décision pour les élus et les futurs maîtres d'ouvrage. La finalité de l'étude ne concerne toutefois pas le choix ferme d'un dispositif mais la définition d'un panel d'aménagements disponibles et fonctionnels, qu'un futur maître d'ouvrage, qui souhaiterait se positionner comme porteur des travaux, pourrait approfondir dans une phase d'avant-projet.

Il est à noter que ce type de projet peut présenter des impacts notables (continuité écologique, baisse des niveaux d'eau à l'aval) qu'il convient d'évaluer pour produire une analyse couts/bénéfices détaillée incluant la gestion de l'ouvrage et interrogeant la durabilité de ce type d'installation.

Gouvernance

Même si une adaptation locale des acteurs locaux est nécessaire face au problème de salinisation, le préalable est d'identifier un périmètre de gestion hydraulique globale et de clarifier les responsabilités et les compétences des acteurs au regard des enjeux en présence (prévention des inondations, irrigation agricole, préservation des milieux humides et restauration de continuité écologique...). Une réflexion est à mener sur les leviers et les freins pouvant conduire au choix d'une structure de gestion collective de l'eau sur ce site étudié.

Source

EPTB Vistres

PARTENAIRES

Agence de l'eau RMC

Fiche IV-6 : Salinity Spatial Patterns in Mediterranean Coastal Landscape: The Legacy of the Historical Water Management and Land Planning

ANNÉE	2024
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Basses-plaines de l'Aude



AUTEURS

MARIEN L., CRABIT A., DEWANDEL B., LADOUCHE B., FLEURY P., FOLLAIN S., CAVERO J., BERTELOOT V., COLIN F.

Thématiques ciblées

Gestion de l'eau, aménagement du territoire, sols

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2024

Objectif

Cet article vise à analyser les schémas spatiaux de la salinité des sols et de la qualité des eaux de surface et souterraines en relation avec la gestion historique de l'eau et l'aménagement du territoire sur un site des basses plaines de l'Aude.

Résumé

Les zones côtières méditerranéennes ont été occupées et développées intensivement pendant longtemps, confrontées à des problèmes liés à la production agricole, à l'urbanisation, au tourisme et à la préservation des ressources naturelles, souvent liés à la salinité. Cet article explore la relation entre l'aménagement du territoire historique et la gestion de l'eau, ainsi que la salinité actuelle des sols et de l'eau, afin de mieux comprendre les projections futures. Le site d'étude situé sur la zone deltaïque de l'ancien bras sud de l'Aude présente une longue histoire d'utilisation des terres et permet d'examiner les conséquences à long terme de la gestion du paysage sur la

salinité de l'eau et des sols, ainsi que ses implications futures dans un contexte de changement climatique.

La conductivité électrique est significativement différente selon les types de sol, plus élevée en profondeur qu'en surface (tests de Kruskal, Wallis et Wilcoxon) et influencée par la distance aux anciennes structures anthropiques (test de Pettitt).

Les signatures géochimiques de l'eau de surface et de l'eau souterraine indiquent un mélange d'eau douce de surface et d'eau de mer, avec la présence d'eau de mer sursalée et une stratification de la salinité de la surface vers les profondeurs. Les résultats suggèrent que les eaux souterraines sont à l'origine de la salinité des sols et illustrent l'impact à long terme de la gestion de l'eau et de l'aménagement du territoire. Les sols les moins salés se trouvent près du canal d'alimentation en eau douce (construit du 15 au 18), tandis que les sols les plus salés se trouvent près des canaux de drainage.

Méthode développée

Des échantillons de sol (1 185) ont été prélevés dans une plaine côtière de 114 km² dans le sud de la France et la conductivité électrique (ECsp) d'un extrait de pâte saturée a été déduite d'une dilution 1/5. La salinité du sol présente une large gamme de variations (de 0,54 à 113,1 mS cm⁻¹) et de schémas spatiaux. Des échantillons d'eau de surface et d'eau souterraine peu profonde ont été prélevés pour mesurer les concentrations en éléments traces et le rapport isotopique de l'oxygène (180/160).

Trajectoire

La tendance au dessalement de la plaine au cours des derniers siècles a été rendue possible par des apports massifs d'eau douce, aujourd'hui menacés par la diminution générale des ressources en eau. La présence d'eaux sursalées reflète l'évolution temporelle de la plaine au cours des derniers siècles (initialement sous l'eau de mer, comblement progressif, présence d'étangs et de salines aujourd'hui disparus). Les zones de salinité actuelles des sols demeurent un témoignage visible de cette évolution.

La salinité est donc un prisme qui permet de percevoir de manière accélérée les impacts du changement climatique liés à la diminution des ressources en eau disponibles. Ce prisme peut être particulièrement intéressant pour analyser les trajectoires d'un grand nombre de régions du monde.

Source

<https://hal.science/hal-04142626/>

PARTENAIRES

UMR G-EAU - Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages BRGM , Agroécologie Dijon , Maison de l'Orient et de la Méditerranée

Fiche IV-7 : Salinisation des eaux et des sols en zone côtière méditerranéenne : état, évolutions et indicateurs - Application aux basses-plaines de l'Aude

ANNÉE	2023
ÉCHELLE	Occitanie
TERRITOIRE CONCERNÉ	Basses-plaines de l'Aude



AUTEURS

MARIEN L., Institut Agro Montpellier - UMR G-Eau

Thématiques ciblées

Gestion de l'eau, aménagement du territoire, sols

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2021-2023

Objectifs

Analyser l'évolution paysagère de la région, établir un diagnostic complet de la salinité des sols et des eaux, et comprendre les dynamiques historiques et contemporaines de gestion de l'eau dans cette région.

Résumé

La salinisation des sols et des eaux est une problématique environnementale majeure, particulièrement préoccupante dans les zones côtières. Cette étude se focalise sur la région des Basses Plaines de l'Aude, située dans le sud de la France, afin de comprendre les mécanismes sous-jacents de la salinisation dans un contexte de changement climatique et d'évolutions des usages des terres. Cette étude vise à analyser l'évolution paysagère de la région, à établir un diagnostic complet de la salinité des sols et des eaux, et à comprendre les dynamiques historiques et contemporaines de gestion de l'eau dans cette région.

L'état des lieux de la salinité dans la zone d'étude a montré une grande variabilité de la salinité

dans l'espace. La salinité des sols d'origine marine croît en fonction de l'altitude décroissante, varie en fonction du type de sol, avec une salinité particulièrement élevée pour les salisols réductives ($34,2 \text{ mS.cm}^{-1}$ en surface et $26,4 \text{ mS.cm}^{-1}$ en profondeur) et pour les fluvisols à horizon réductique en profondeur ($9,5 \text{ mS.cm}^{-1}$ en surface et $11,4 \text{ mS.cm}^{-1}$). La salinité est décroissante en fonction d'un gradient d'anthropisation, avec des valeurs faibles pour les vignes à forte pour les espaces naturels.

Elle varie en fonction de la gestion agricole avec notamment une différence significative pour les zones sans gestion portée par une ASA.

Cette analyse met en lumière la notion de delta anthropique et questionne sur l'efficience des prélèvements d'eau dans la partie aval du fleuve Aude. Une analyse spatiale des données de salinité des sols et une analyse géochimique des différents prélèvements des eaux montrent une relation entre salinité des sols et distance aux aménagements anciens de gestion des eaux. Les valeurs de salinité des sols les plus élevées se trouvent en correspondance avec des eaux souterraines dont la signature géochimique indique la présence d'eaux de mers sur-salées, associées à d'anciennes zones d'exploitation du sel et diluées par les pluies et les submersions.

Enfin, l'analyse des pratiques de gestion existantes et des perceptions des viticulteurs à l'égard de la salinité, en leur corrélation avec les données mesurées sur leurs exploitations révèlent une diversité d'associations entre pratiques, perceptions et salinité qui constitue une ressource pour l'adaptation du territoire constituant une base d'échanges pour une évolution des pratiques dans le futur.

Méthode et outils développés

Des campagnes de mesure ont été menées sur l'ensemble de la région, couvrant les sols, les eaux de surface et souterraines. Les paramètres physico-chimiques de 348 points d'échantillonnage de sols répartis dans la zone à différentes profondeurs ont été relevés. La salinité est exprimée par la conductivité électrique (CE) pour les eaux et sur extraits de pâte saturée (CEsp) pour les sols. Analyse spatiale des données de salinité des sols et une analyse géochimique des différents prélevements.

Des entretiens ont été menés pour analyser les pratiques de gestion, et ainsi établir les éléments liés à l'histoire agricole, aux infrastructures hydrauliques et aux événements climatiques. Des enquêtes auprès des viticulteurs permettent d'analyser les pratiques et perceptions liées au phénomène de salinisation.

Trajectoire

La salinité est décroissante en fonction d'un gradient d'anthropisation, avec des valeurs faibles pour les vignes à forte pour les espaces naturels. Elle varie en fonction de la gestion agricole avec notamment une différence significative pour les zones sans gestion portée par une ASA.

Cette région a connu des changements géographiques significatifs au fil du temps, passant d'une ria à un delta et à une plaine marécageuse, transformée par les activités humaines. L'analyse met en lumière la notion de delta anthropique et questionne sur l'efficience des prélèvements d'eau dans la partie aval du fleuve Aude.

Perspectives

La diversité d'associations entre pratiques, perceptions et salinité constituent une ressource pour l'adaptation du territoire et une base d'échanges pour une évolution des pratiques dans le futur.

Une approche interdisciplinaire pour mieux appréhender la problématique complexe de la salinisation dans cette zone côtière méditerranéenne est nécessaire.

Le phénomène de salinisation apparaît comme multifactoriel et sa caractérisation met en évidence l'importance d'une gestion adaptée par zone. Ces unités de gestion sont spécifiques mais sous influence d'une stratégie globale et d'une réglementation commune.

Source

https://www.supagro.fr/theses/extranet/23-0058_Marien.pdf

PARTENAIRES

BRGM, Montpellier SupAgro, l'agglomération du Grand Narbonne et du Parc Naturel Régional de la Narbonnaise

Fiche IV-8 : L'adaptation de la Camargue au changement climatique - Améliorer la gouvernance pour prendre en charge les dérèglements – Rapport IGEDD

ANNÉE

2023

ÉCHELLE

PACA

TERRITOIRE CONCERNÉ

Camargue

**AUTEURS**

CINOTTI B., DEPRESLE B., (IGEDD), PATIER C. (CGAAER)

Thématiques ciblées

Usages des sols, Agriculture

Statut (en cours ou finalisé)

Finalisé

Années de réalisation

2023

Objectifs

Analyse prospective du territoire camarguais face aux effets du changement climatique et à l'impact de la salinisation des sols

Résumé

Une analyse prospective en vue de l'adaptation du territoire camarguais aux effets du dérèglement climatique a été demandée par les ministres chargés de l'environnement, de l'agriculture et de la biodiversité, suite à la sollicitation du préfet de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, préfet des Bouches-du-Rhône, puis élargie au Gard, à la demande de la préfète du Gard s'est associée, ce département, étant particulièrement touché par l'impact de la salinisation des sols.

Territoire fragile exposé aux conséquences du changement climatique, la Camargue présente en effet des enjeux complexes, à l'image d'autres grands deltas, avec leurs contraintes hydrogéomorphologiques, les risques associés et les concurrences entre usages des territoires générant des conflits, notamment à l'occasion de crises. Le changement climatique provoque l'élevation du niveau marin, dont les conséquences sur le trait de côte, la submersion marine, les intrusions

salines et la gestion des eaux pèsent d'ores et déjà sur les activités et l'occupation du territoire. L'aggravation de cette situation est inscrite dans les prévisions climatiques, aux échéances de 2030, 2050 ou 2100.

L'adaptation au changement climatique en Camargue apparaît comme un thème de cristallisation d'oppositions d'intérêts locaux divergents entre lesquels les arbitrages sont compliqués par l'éclatement de la gouvernance du territoire qui rend les arbitrages des pouvoirs publics plus difficiles. Les modes de gouvernance sont une clé essentielle pour répondre à tous ces défis, exacerbés par le changement et les adaptations qu'il nécessite. Trois phases d'écoute ont permis d'entendre la plupart des acteurs. Les positions de certains d'entre eux ont évolué pour se rapprocher, sans que le dialogue soit encore suffisant.

Le risque de submersions marines répétées, et l'érosion du trait de côte ou des fonds marins, au droit de zones urbanisées des Saintes-Maries-de-la-Mer et du Grau-du-Roi, constituent une menace déjà présente, dont l'aggravation impose d'engager le processus de « retrait stratégique », orientation nationale générale qui devrait, d'ores et déjà, être intégrée par ces communes. Sur ce point, les conclusions de la mission s'inscrivent dans la ligne de celles du rapport rédigé en 2017 par l'IGF, l'IGA et le CGEDD sur la « recomposition spatiale du littoral » et dans les dispositions correspondantes de la loi Climat et résilience, dispositions que ces communes n'ont pas encore souhaité mettre en œuvre.

L'élévation du niveau de la mer de 63 à 102 cm, anticipée d'ici 2100 selon le scénario tendanciel (SSP-8.5) du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), signifie que la plus grande partie de la Camargue sera exposée à l'élévation de la mer à marée haute et lors des tempêtes. Dès lors que des mesures d'adaptation seront prises, cette situation ne rendra pas impossible son occupation et ses usages, lesquels seront néanmoins davantage contraints dans une mesure variable.

Pour certains enjeux, une approche pragmatique à court et moyen terme fondée sur des réponses proportionnées, en fonction des solutions disponibles et des adaptations possibles, reste applicable, conformément à l'attente des acteurs locaux :

- la salinisation peut encore être contrecarrée par des apports d'eau douce, que ce soit pour la culture de la vigne ou du riz, ou pour la préservation des milieux naturels, mais cela nécessite une gestion concertée de l'eau ;
- le tourisme, l'agriculture, la production du sel et la protection des espaces naturels disposent encore de marges d'adaptation, mais, là aussi, une concertation est indispensable pour concilier les différents enjeux ;

Recommandations de la mission

- Organiser la gestion de l'eau douce pour contrecarrer la salinisation des terres et des étangs et les mortalités du vignoble dans le Gard et accompagner les acteurs agricoles dans leurs efforts de transition agroécologique, incluant la maîtrise des intrants et de l'irrigation ;
- Assurer la défense des agglomérations des Saintes-Maries-de-la-Mer et du Grau-du-Roi sans privilégier systématiquement les dispositifs de protection, et inciter ces communes à demander leur inscription sur la liste des communes dont l'action en matière d'urbanisme et la politique d'aménagement doivent être adaptées à l'érosion du littoral.
- Réexaminer avec le Symadrem les modalités du décorsetage du petit Rhône en rive gauche, concentrer les actions de protection contre la mer sur les sites portant le plus d'enjeux, après des analyses multicritères revues et complétées, et vérifier la soutenabilité budgétaire de son programme d'investissement au regard des coûts d'entretien qu'il devra assurer ensuite sur

- des ouvrages que l'élévation du niveau de la mer pourrait détruire avant qu'ils soient amortis.
- Etudier la possibilité de transférer aux Salins les eaux des étangs surchargées en sel, ce qui devrait augmenter leur productivité en raccourcissant le circuit d'évaporation.
 - Rétablir, avec la Région, un fonctionnement du parc naturel régional qui favorise la confiance des acteurs, constituer une conférence interdépartementale des élus de Camargue pour créer les conditions d'un dialogue entre toutes les collectivités et une commission locale de l'eau pour la Grande Camargue, voire mettre en place un SAGE pour une gestion concertée de l'eau douce.

Source

https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/014508-01_rapport-publie_cle514fe3.pdf
<https://www.senat.fr/compte-rendu-commissions/20230529/atdd.html>