

## Rapport de stage

### Master 1

### Agrosciences, Environnement, Territoire, Paysage et Forêt (AETPF)

2022 - 2023

Maraya ATANASOVA

---

# Perception de la salinité des eaux et des sols dans le Golfe du Lion

---

Laboratoire : UMR G-Eau  
Institut Agro de Montpellier  
Chaire AgroSYS  
Chaire EACC

---

Encadrants :  
Valentina ALESSANDRIA  
François COLIN  
Julien LECONTE

## **Engagement de non plagiat**

### **1 – Principes :**

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux : Ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive ; recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

### **2 – Consignes**

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- L'auteur du rapport doit systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- La reprise de très courts passages in extenso tirés d'un autre document est autorisée, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sûr d'en citer la source.

### **3 – Sanctions**

En cas de manquement à ces consignes, le responsable du M1 AETPF se réserve le droit d'exiger la réécriture du document. Dans ce cas, la validation de l'Unité d'Enseignement ou du diplôme de fin d'études sera suspendue.

### **4 – Engagement**

Je soussignée

Maraya Atanasova

Reconnais avoir lu et m'engage à respecter les consignes de non plagiat

A Montpellier, le 29/05/2023

Signature :



## ***Remerciements***

Je souhaite remercier mes différents encadrants de stage, Valentina Alessandria, Julien Leconte et François Colin pour leur bienveillance tout au long du stage, le partage de compétences et les nombreux conseils.

Merci à toutes les structures qui ont accepté de participer à l'enquête, qui m'ont fourni des rapports et qui m'ont accueilli sur leur lieu de travail.

Merci à Laure et Laeticia pour leur flexibilité et leur contribution au bon déroulement de mon stage.

Merci également à toute l'équipe de stagiaires : Anthony, Ciro, Olivier, Louis et Max pour les pauses café et les échanges.

## Table des matières

Glossaire des structures contactées pendant le stage.....	6
I – Introduction.....	1
1. Présentation de la structure d'accueil.....	1
2. Introduction du sujet.....	1
II – Méthodologie.....	3
1. Préparation de l'enquête.....	3
a. Sélection des acteurs et prise de contact.....	3
b. Elaboration d'un guide d'entretien.....	4
c. Elaboration d'une grille d'analyse.....	4
2. Analyse de l'enquête.....	5
III – Caractérisation de la salinité des eaux et des sols dans le Golfe du Lion.....	5
1. La salinisation.....	5
a. Perception de l'apparition spatiale.....	5
b. Perception de l'apparition temporelle.....	7
c. Perception des sources et processus de salinisation.....	7
d. Types de systèmes concernés et impacts.....	8
2. Gestion de l'eau en contexte salin.....	10
a. Type de suivi de la salinité.....	10
b. Méthodes de gestion de l'eau.....	11
c. Aménagement et entretien des ouvrages hydrauliques.....	14
3. Méthodes de prévention alternatives à l'apport d'eau.....	15
4. Réflexions.....	16
a. Réflexions agronomiques / écologiques.....	16
b. Réflexions socio-économiques.....	16
IV – Discussion.....	16
a. Synthèse des résultats.....	17
b. Recommandations.....	20
V – Conclusion.....	20
Annexes.....	21
Annexe 1 - Synthèse bibliographique sur la salinisation.....	21
Annexe 2 : Liste des entretiens réalisés au cours de l'enquête.....	25
Annexe 3 - Guide d'entretien pour la phase d'enquête.....	26
Annexe 4 - Grille d'analyse des entretiens.....	28
Annexe 5 - Matrice d'analyse des thèmes abordés pendant la phase d'enquête.....	29
Annexe 6 - Carte du site des étangs et marais des salins de Camargue.....	30
Annexe 7 - Périmètre de l'EPTB Lez.....	31

Bibliographie.....	32
Résumé.....	33

## Glossaire des structures contactées pendant le stage

**Association Syndical Autorisée (ASA) d'irrigation** : Association syndicale de propriétaires avec un statut d'établissement public. Ils aménagent, exploitent et entretiennent les cours d'eaux, lacs et réseaux divers. A cet établissement est attaché un périmètre cadastral et une taxe au foncier.

**Bas-Rhône Languedoc exploitation (BRLe)** : Société membre du groupe BRL. Ils gèrent et exploitent le Réseau Hydraulique Régional concédé à BRL ainsi que d'autres ouvrages (barrage, réseaux d'eau, périmètres irrigués) en Occitanie et autres régions françaises.

**Etablissement Public Territorial de Bassin (EPTB) du Lez** : Etablissement ayant pour mission la gestion globale des eaux et des milieux aquatiques sur le bassin versant du Lez, de la Mosson et des étangs Palavasiens qui vont de Palavas-les-Flots à Frontignan.

**Sète AggloPôle Méditerranée** : Communauté d'Agglomération qui dans gère les activités maritimes et lagunaires.

**Syndicat des vins des sables** : Syndicat regroupant l'ensemble des viticulteurs-vignerons produisant des vins d'Indication Géographique Protégée (IGP) Sable de Camargue.

**Syndicat mixte de la Camargue Gardoise (SMCG)** : Syndicat dont les missions sont la gestion des Réserve Naturelle Régionales et Espaces Naturels Sensibles départementaux, l'amélioration de la gestion de l'eau, cartographier le territoire par thématique et éduquer à l'environnement.

**Syndicat mixte du Bassin de Thau (SMBT)** : Syndicat dont les missions sont de préserver la lagune de Thau et les activités de pêche et cultures marines.

**Tour du Valat** : Institut de recherche pour les zones humides méditerranéennes qui mène des projets de recherche et de gestion sur la conservation des espèces, l'écologie de la santé, la dynamique des zones humides et gestion de l'eau et gestion et restauration des écosystèmes naturels et agricoles. Il se scinde en deux entités géographiques le domaine de la Tour du Valat (Arles, Bouches-du-Rhône) et le domaine du Petit Saint-Jean (Saint-Laurent-d'Aigouze, Gard).

# I – Introduction

## 1. *Présentation de la structure d'accueil*

Les chaires partenariales AgroSYS et Eau, Agriculture, Changement Climatique (EACC) sont des structures intermédiaires entre la recherche scientifique et les acteurs du territoire (filères, entreprises, collectivités, chambres d'agriculture, etc...). Elles fonctionnent sur le principe du mécénat et sont gérées financièrement par la fondation de l'Institut Agro de Montpellier. La chaire AgroSYS accompagne les filères agricoles dans la transition agro-écologique via une approche systémique. La chaire EACC s'intéresse aux enjeux de gestion de l'eau dans les territoires soumis aux effets du changement climatique. Le stage s'inscrit dans un projet entre les chaires AgroSYS et EACC portant sur la caractérisation de la salinité des eaux et des sols dans les zones côtières méditerranéennes sur l'emprise du Golfe du Lion. Le stage est encadré par Valentina Alessandria, chargée de mission à la Chaire AgroSYS, sur la phase d'enquête. Julien Leconte ingénieur d'étude à l'UMR G-Eau et chargé de mission animation scientifique à la chaire EACC, encadre la partie cartographie. François Colin, Professeur en Hydrologie à l'UMR G-Eau et membre du pôle scientifique de la chaire AgroSYS encadre la partie scientifique du stage.

## 2. *Introduction du sujet*

Dans le monde, près d'un milliard d'hectares de sol sont touchés par la salinisation soit 8,7% des sols de la planète (FAO, 2021<sup>1</sup>). Ce phénomène n'est pas seulement trouvé dans les zones arides et semi-arides mais aussi dans les zones côtières (Follain et al., 2016). En 2016, des enquêtes entre les autorités locales et les associations locales de vignerons (Cave coopérative Les vignerons de Sérignan) dans l'Hérault ont estimé que 43% des surfaces de sols occupées par la viticulture étaient affectées par la salinisation cette dernière décennie (Bless et al., 2018).

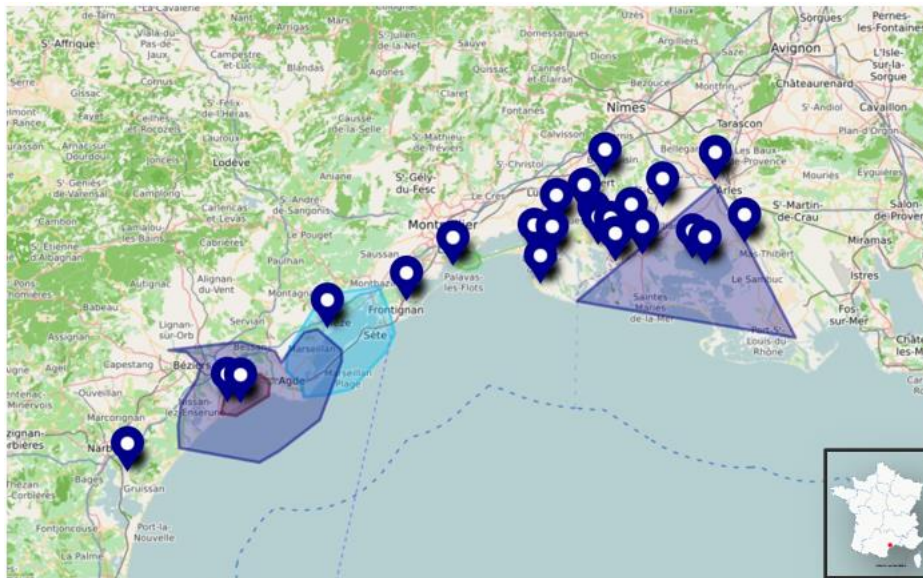
La salinisation est définie comme l'accumulation de sels hydrosolubles dans le profil du sol à un niveau qui a un impact sur la production, la santé environnementale et le bien-être économique par (Rengasamy, 2006). Les prévisions des modèles de changement climatique mondiaux indiquent une diminution des précipitations annuelles moyennes susceptible de se produire dans la plupart des régions méditerranéennes (Corwin, 2021). De plus, les climats extrêmes contribueront à la dégradation des écosystèmes, notamment par l'érosion des sols, la baisse de la qualité des pâturages et la salinisation des

---

<sup>1</sup> « Lancement de la carte mondiale des sols touchés par la salinisation ». Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Date : 20/10/2021. Source : <https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/fr/c/1445588/>

sols (Corwin, 2021). La salinité du sol dans la zone racinaire peut être due à une accumulation de sels liée à l'utilisation d'eau d'irrigation dans les régions agricoles irriguées arides et semi-arides, à la remontée des sels par capillarité et sous l'effet de l'évapotranspiration depuis les nappes phréatiques peu profondes, à la réutilisation d'eaux dégradées et à l'intrusion d'eau salée (Corwin, 2021).

En 2021, dans le secteur viticole, de nombreux dégâts ont été imputés à une pluviométrie hivernale très faible et à la salinisation. Plusieurs partenaires des deux chaires ont été directement touchés et la salinité est devenue une thématique prioritaire. Le cercle d'acteurs a été élargi à d'autres structures concernées à l'occasion d'une réunion où une première carte des zones impactées est établie (Figure 1). Au vu de l'ampleur du phénomène, 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.



**Figure 1** - Carte des zones touchées par la salinisation élaborée lors de la réunion en octobre 2022. Source : réunion octobre 2022.

Le littoral du Golfe du Lion s'étend des Bouches du Rhône au Nord-Est de l'Espagne. Il se divise en de plus petits golfes d'ouest en est : Golfe d'Aigues-Mortes, Golfe de Beauduc, Golfe de Fos. Il se caractérise également par la présence de plusieurs fleuves côtiers tels que l'Aude, l'Hérault, le Lez, le Vidourle, le Petit et Grand Rhône. La présence de nombreuses lagunes est aussi caractéristique de la zone avec l'étang de Thau, les étangs Palavasiens et l'étang de Vaccarès par exemple. Enfin, le littoral est doté d'un réseau de canaux dont les plus grands sont le canal du Midi et le canal du Rhône à Sète.



Les objectifs du stage sont d'identifier le réseau d'acteurs qui s'est emparé de la problématique de salinité et d'établir un état des lieux spatial de la salinisation à travers une phase d'enquête. Par la suite 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). *In fine*, s'il en existe une, contribuer à mettre en lumière une typologie entre les territoires étudiés.

Ainsi, à travers cette étude nous essayerons de répondre à plusieurs questions :

- **Comment est perçue la problématique de salinité dans les espaces agricoles et naturels ?**
- **Quels sont les modes de gestion de la salinité à l'échelle de chacun des territoires ?**
- **Quelles sont les perspectives vis-à-vis de la salinité ?**

Nous nous intéresserons dans un premier temps à la méthodologie mise en place pour la phase de construction et d'analyse d'une enquête et dans un second temps aux perceptions des acteurs sur les grands thèmes révélés au cours des entretiens.

## **II – Méthodologie**

### ***1. Préparation de l'enquête***

La première phase du stage a consisté à effectuer une enquête de terrain avec les acteurs du territoire concernés par la problématique de salinité. Une synthèse bibliographique sur la salinisation (Annexe 1) en amont de l'enquête a permis de mieux connaître le phénomène.

L'enquête a 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.

La zone d'enquête englobe certains départements côtiers du Golfe du Lion : Gard (30), Hérault (34) et Aude (11). Ces territoires sont ceux pour lesquels il y a eu des retours de problèmes de salinité auprès des partenaires des deux chaires. Dans le cadre de cette enquête, le choix s'est porté sur des entretiens semi-directifs auprès de structures ayant une importante emprise territoriale.

#### **a. Sélection des acteurs et prise de contact**

Les structures présentes à la réunion organisée par les deux chaires sur la problématique de salinité en octobre 2022 sont diverses. Certaines Chambres d'Agriculture (CA) comme celle de l'Aude, Bouche du Rhône, Gard et Hérault, le Conseil Départemental de l'Hérault, le Centre Français du Riz, la

compagnie d'aménagement du Bas-Rhône et du Languedoc (BRL), AdVini et l'institut de recherche et de conservation des zones humides méditerranéennes de la Tour du Valat étaient présents. Le compte-rendu de cette réunion a aidé à mieux comprendre l'ampleur de la problématique, les niveaux d'intervention des acteurs présents et d'en identifier de nouveaux pour l'enquête (syndicats mixtes, communautés d'agglomération, Parcs naturels Régionaux etc.).

La recherche de coordonnées s'est faite à partir de certains contacts des maîtres de stage, par les sites internet des structures concernées, par téléphone et également au cours des entretiens.

Parmi les 24 acteurs contactés, un entretien avec 13 d'entre eux a été obtenu (Annexe 2). En effet, certaines structures ont entendu parler de la problématique mais ne travaillent pas dessus et d'autres n'ont pas donné suite à ma demande.

#### b. Elaboration d'un guide d'entretien

Le guide d'entretien (Annexe 3) fut le support qui m'a aidé à réaliser les entretiens. Il s'agit d'un questionnaire comportant les thèmes sur lesquels je souhaite obtenir des informations comme le contexte de la salinité, les périmètres concernés et en enjeux correspondants, les méthodes de luttes.

La construction du questionnaire suit la démarche proposée par le Groupe d'expérimentation et de recherche : développement et actions localisées (Gerdal)<sup>2</sup> L'objectif de la méthode est d'aider les parties prenantes à formuler et traiter les problèmes qu'ils rencontrent. La démarche Gerdal peut être appliquée dans le cadre de cette enquête car on cherche à faire décrire la situation actuelle de la problématique de salinité par les acteurs.

Pour chaque thème du guide d'entretien les questions formulées sont ouvertes et suivent le modèle d'entonnoir commençant par la plus générale et allant vers la plus précise. Le questionnaire cherche à faire décrire temporellement et spatialement la salinité, les enjeux naturels et agricoles, les moyens de gestion de l'eau dans un contexte salin, les méthodes alternatives, les réflexions. L'élaboration de ce guide d'entretien fut réalisée conjointement avec la grille d'analyse afin de s'assurer que les réponses aux questions posées pouvaient correspondre aux informations attendues.

#### c. Elaboration d'une grille d'analyse

A l'issu des entretiens semi-directifs les données obtenues sont qualitatives, il convient d'effectuer une Analyse de Contenu Thématique (ACT). En effet, une ACT consiste à repérer et regrouper des expressions verbales recueillies au cours d'un entretien dans des thèmes et sous thèmes. Il est possible d'anticiper cette étape si l'on est déjà informé sur le sujet et préparer la grille d'analyse conjointement avec le guide d'entretien en amont de la phase d'entretien. La grille d'analyse comporte

---

<sup>2</sup> « L'enquête compréhensive dans une perspective d'action et d'évaluation », C. Ruault, décembre 2011.

donc 3 colonnes : une pour les thèmes, une seconde pour les sous-thèmes et la dernière avec les citations des expressions verbales retranscrites et/ou synthétisées à l'issue des entretiens.

La majorité des informations présentes dans la colonne « citations » est issue des prises de notes au cours des entretiens.

La grille d'analyse (Annexe 4) reprend les thèmes du guide d'entretien comme « périmètres concernés », « Enjeux agricoles et naturels », « Projets ». En amont des entretiens les thèmes globaux « salinité » et « gestion de l'eau » ont été définis. Le thème *salinité* regroupe les informations portant sur l'apparition temporelle et spatiale, les sources et processus de salinisation. Le thème *gestion de l'eau* englobe des sous thèmes relatifs à une gestion de l'eau en lien avec la salinité, au réseau hydraulique déjà présent, aménagements hydrauliques, l'entretien des ouvrages hydrauliques, la proximité de la source d'eau.

## ***2. Analyse de l'enquête***

A l'issue de l'enquête, les grilles d'analyse furent remplies avec les portions d'entretiens se référant aux différents sous-thèmes choisis et abordés pendant les entretiens.

L'étude de la grille d'analyse a consisté dans un premier temps à la construction d'une matrice dont chaque colonne correspond à une partie prenante et chaque ligne à un sous-thème de la grille d'analyse. Cela a donné un tableau comportant 13 colonnes et 21 lignes qui a constitué la matrice de données pour la suite de l'analyse (Annexe 5). L'étape suivante a été d'identifier les perceptions similaires, différentes et manque de réponses par les acteurs sur les différents thèmes abordés pendant les entretiens. Au fur et à mesure de l'analyse certains sous-thèmes ont été regroupés ou renommés.

Ainsi, les thèmes développés dans les parties ci-dessous sont le reflet de la perception des acteurs du territoire.

# **III – Caractérisation de la salinité des eaux et des sols dans le Golfe du Lion**

## ***1. La salinisation***

### **a. Perception de l'apparition spatiale**

Les périmètres concernés par une augmentation de la salinité sont nombreux mais sont regroupés en cinq grandes zones afin de faciliter la visualisation spatiale (**Figure 2**).

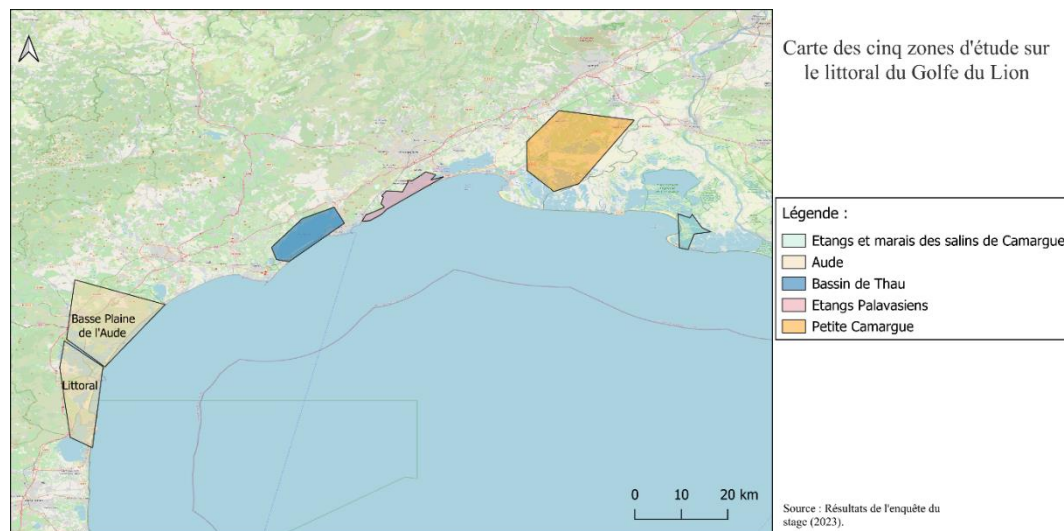
La zone « étangs et marais des salins de Camargue » correspond aux étangs suivants : étang du Galabert, étang du Fangassier, étang du Grand Rascaillon et l'étang de Beauduc (Annexe 6). La structure d'échange et qui est co-gestionnaire du site est le PNR Camargue.

La zone « Petite Camargue » correspond aux alentours de la ville d'Aigues-Mortes. Dans cette zone plusieurs acteurs ont donné des périmètres concernés comme le domaine du Petit Saint-Jean, les étangs de Charnier et Scamandre, Montcalm, le Môle. Ces périmètres sont issus des entretiens avec la CA du Gard, le SMCG, le syndicat des vins des sables et la Tour du Valat (domaine du Petit Saint-Jean).

La zone « étangs Palavasiens » correspond aux étangs allant de Palavas-les-Flots (étang du Méjean) à Frontignan (étang des Mouettes). Le périmètre géré par l'EPTB du Lez est disponible en (Annexe 7).

La zone « Bassin de Thau » comprend l'étang de Thau et ses périphéries. L'étang est géré par le SMBT et les marais en périphérie sont gérés par Sète AggloPôle.

Enfin, la zone « Basse Plaine, Littoral » correspond au département de l'Aude. Dans le périmètre « basse plaine de l'aude » est compris le PNR Narbonnais avec le domaine du Grand Castérou. Les deux structures d'échange sur cette zone furent la CA de l'Aude et le PNR Narbonnais.



**Figure 2** - Carte issu des perceptions des zones concernées par une augmentation de la salinité dans le Golfe du Lion

En majorité, les périmètres concernés par la salinité semblent être les lagunes et les secteurs en bordure du littoral. Il y a quelques zones plus éloignées du littoral où il y aurait des problèmes de salinité comme au niveau de l'étang asséché de la Marseillette dans l'Aude et à Beaucaire dans le Gard.

## b. Perception de l'apparition temporelle

L'apparition de la salinité est historique dans plusieurs zones de l'étude : Basse Plaine de l'Aude, les marais des salins de Frontignan, les étangs et marais des salins de Camargue et en Petite Camargue. Néanmoins il y a eu une prise de conscience de la problématique à partir de 2013. En effet, depuis dix ans est observée une augmentation de la salinité de l'étang de Thau par le SMBT, il y a eu de la mortalité de chênes sur le domaine du « Petit Saint-Jean » en Petite Camargue et de la salinisation au domaine viticole du « Mas Rouge » (périphérie des étangs Palavasiens). Ces dernières années est aussi observée une augmentation de la salinité des étangs Palavasiens par l'EPTB du Lez. La sécheresse hivernale consécutive de l'année 2021 a particulièrement impacté le secteur viticole dans la Petite Camargue, donnant lieu à la mobilisation de plusieurs acteurs sur le problème dans la zone. Cette année-là n'est pas ressortie comme aussi impactante dans les autres zones étudiées au cours des entretiens.

## c. Perception des sources et processus de salinisation

Les sources de salinité ressorties au cours des entretiens sont soit d'origine historique, soit liées au phénomène de « biseau salé » prenant différents sens selon les acteurs, soit liées à l'accumulation des sécheresses ou à des « remontées salées » qui prennent aussi plusieurs sens.

L'origine de la salinité dans la basse plaine de l'Aude, les zones humides des salins de Frontignan et les étangs et marais des salins de Camargue est dû aux anciennes exploitations de marais salants. Des stocks de sel perdurent encore dans les sédiments des étangs ou dans les profils de sol.

Le phénomène de biseau salé fut mentionné en grande partie en Petite Camargue et en périphérie du bassin de Thau. En Petite Camargue le biseau salé fait soit référence au matériel géologique qui relargue des sels soit à l'intrusion d'eau salée dans le réseau hydrographique de surface. Au contraire, en périphérie du bassin de Thau, sur un espace géré par Sète AggloPôle, le biseau salé fait référence à une intrusion d'eau salée souterraine dans les nappes superficielles.

Les sécheresses consécutives et le manque de pluviométrie ont été évoqués comme sources de salinisation sur presque tous les sites étudiés : l'étang de Thau, zones en périphérie et les étangs Palavasiens (marais de la Grande Palude, Mas rouge), dans la Petite Camargue (domaine du Petit Saint-Jean, SMCG, CA Gard). En effet ces dernières stimulent les pertes d'eau par l'évaporation au niveau des étangs et des sols.

Les « remontées d'eau salée » sont perçues de manière différente selon les acteurs. Dans un premier cas la remontée d'eau salée semble désigner le mouvement ascendant de la nappe d'eau salée vers la surface. Ce mécanisme fut mentionné en Petite Camargue par le domaine du Petit Saint-Jean, le syndicat des vins des sables et la CA du Gard. Ce processus semble avoir lieu en été lorsque l'évapotranspiration

augmente et que la lentille d'eau douce se réduit. Il y a alors un mouvement par capillarité depuis la nappe d'eau salée peu profonde vers la surface.

Dans le second cas la « remontée d'eau salée » désigne le mouvement des masses d'eau salées des étangs vers les cours d'eau / marais. Ce phénomène apparaît en périphérie de l'étang de Thau (Pré de Baugé) et au niveau de la roubine de Vic.

Nous pouvons remarquer que différentes sources peuvent être mentionnées conjointement sur un même territoire. Par exemple en Petite Camargue le phénomène de biseau salé perçu comme un matériel géologique qui relargue des sels a été mentionné, mais aussi une nappe d'eau souterraine salée, l'accumulation de la sécheresse, la montée du niveau de la mer.

Le phénomène d'inversac<sup>3</sup>, autre source d'augmentation de la salinité, est un phénomène qui se produit à deux endroits sur la zone étudiée : au niveau de l'étang de Thau et de la roubine de Vic.

#### d. Types de systèmes concernés et impacts

Le milieu agricole est impacté par la salinité dans toutes les zones d'étude. Il n'y a pas de secteur agricole épargné : la viticulture, les grandes cultures, les prairies et certaines cultures en maraîchage comme l'asperge. Au niveau des milieux naturels est observée une évolution progressive des marais doux vers des marais plus salés sur l'ensemble de la zone d'étude. Les étangs ont tendance à se saliniser également.

En 2021 un recensement fait par le syndicat des vins des sables auprès de leurs coopérateurs en Petite Camargue a révélé 600 ha de vignes<sup>4</sup> impactés par la salinisation. Quel que soit l'âge de la vigne, l'impact était le même tant la salinité était forte. Dans les autres zones des estimations de pertes de rendement ou de surfaces agricoles n'ont pas été données.

Concernant les impacts sur la biodiversité, ils sont divers. Le type de végétation qui semble la plus menacée est la roselière d'eau douce. En Petite Camargue, un rapport du SMCG sur les roselières montre une perte de surface de 24% et 33% respectivement dans le marais de Charnier et Scamandre (*Lefebvre et al., 2019*). Au contraire, dans les périphéries des étangs Palavasiens gérés par l'ETPB du Lez, les zones de roselières sont pour le moment stables et n'ont pas régressé à ce jour. Dans cette zone il n'y a pas de perte de biodiversité liée à la salinisation non plus. Par ailleurs, à plusieurs endroits il y a des pinèdes qui sont impactés par l'augmentation de la salinité comme aux étangs et marais des salins de

---

<sup>3</sup> Phénomène naturel d'inversion des courants entre les eaux douces et les eaux saumâtres d'un étang qui pénètrent dans l'aquifère sous-terrain. Source : [herault.gouv.fr](http://herault.gouv.fr)

<sup>4</sup> D'après le rapport Gestion hydrique vignoble Sable de Camargue élaboré par le syndicat des vins des sables, le SMCG et la CA du Gard en 2022.

Camargue, à la réserve nationale de Camargue (SMCG) et en périphérie de l'étang de Vic (périphérie des étangs Palavasiens). En somme, les milieux doux de type roselières sont en diminution dans certaines zones et dans d'autres sont stables. Si la salinisation se fait progressivement, le milieu va évoluer progressivement. Pour le moment c'est un avantage car ça confère des habitats diversifiés à la faune et à la flore

Une salinisation des eaux semble être bien présente. En effet, l'étang de Thau avait une salinité d'environ 20 g de sel / L il y a dix ans, de nos jours en été il peut atteindre 40 g de sel / L (sachant que la salinité de l'eau de mer est de 38 g de sel / L). Sur l'année l'étang passe plus de 100 jours au-dessus du seuil de salinité (environ 40 g de sel / L). L'étang de Vic se salinise également. Au niveau de certains étangs des salins de Camargue en avril 2023, une salinité de 60 g de sel / L a été mesurée. Cette concentration a tendance à diminuer en hiver : environ 40 g de sel / L. Dans le secteur de la Petite Camargue, au niveau des communaux de Charnier et Scamandre la salinité moyenne des eaux de surface et souterraines est à la hausse par rapport à 2019 (**Tableau 1**).

Secteurs	Salinité moyenne eau de surface			Salinité moyenne eau souterraine		
	2019	2021	2022	2019	2021	2022
<b>Communaux Charnier</b>	7.29	7.20	7.32	14.71	17.01	17.73
Listes	2.77	4.52	3.08	6.10	6.17	6.81
<b>Communaux Scamandre</b>	7.58	9.43	9.39	28.27	30.60	32.40
Bouvaou	3.98	3.63	3.31	6.19	10.99	7.77
Toutes les parcelles suivies	4.63	5.46	5.54	12.10	13.67	14.13

**Tableau 1** - Evolution de la salinité moyenne des eaux de surfaces et souterraines entre 2019 et 2022 à l'éco-complexe Charnier et Scamandre. Source : Lefebvre et al., 2019

Enfin, le canal du Rhône à Sète (**Figure 3**) semble aussi touché par une augmentation de sa salinité. En effet, le suivi de la salinité de ses eaux de surface a révélé des pics de salinité atteignant 10 – 15 g de sel / L en octobre 2017. Cela représente un risque lors des apports d'eau depuis le canal pour les marais roseliers de Charnier et Scamandre (Lefebvre et al., 2019).



**Figure 3** - Carte de la zone des marais de Charnier et Scamandre traversée par le Canal du Rhône à Sète. Source : Géoportail

De façon plus localisée, certaines mares ont tendance à se saliniser : c'est le cas d'une des mares au domaine du Petit Saint-Jean. La salinité de l'eau de cette mare était de 2 – 4 g de sel / L en 2015 – 2017. En 2021, elle atteint des pics à 66 g de sel / L en été et redescend en hiver à 30 g de sel / L.

## 2. Gestion de l'eau en contexte salin

### a. Type de suivi de la salinité

Il y a un suivi de la salinité dans toute la zone étudiée. La méthode de suivi est faite par piézométrie ou par mesure physico-chimique de la concentration de sel. Les paramètres de suivi sont la conductivité électrique, la salinité et lorsqu'il y a un piézomètre la hauteur de la nappe. Le suivi peut être effectué par les structures elles-mêmes ou par des structures partenaires. C'est notamment le cas du Forum Interrégional des Lagunes Méditerranéennes (FILMED) qui assure le suivi des lagunes au niveau du bassin de Thau et sa périphérie ou bien la Tour du Valat qui effectue les mesures au niveau des étangs de Charnier et Scamandre.

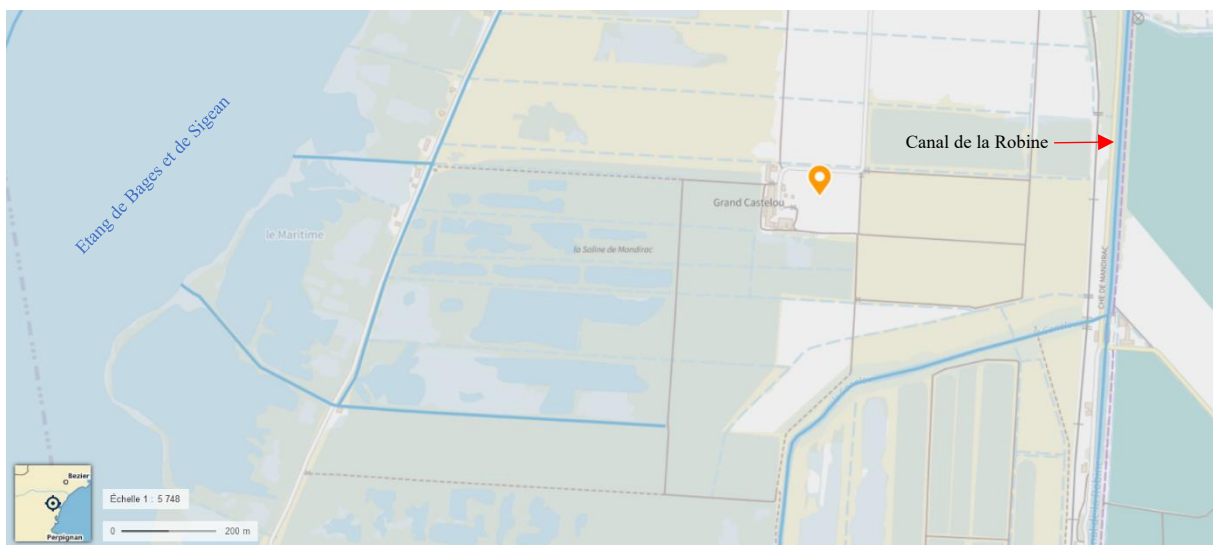
La durée de suivi, la fréquence temporelle et le nombre de mesures dans l'espace ne sont pas toujours connus selon les structures. D'après l'enquête, la plus longue période de suivi est faite au niveau de l'éco-complexe Scamandre Charnier en Petite Camargue. Il y a 20 ans de suivi piézométrique à une profondeur de 50 cm dans le sol, avec une prise de mesure deux fois par mois sur une vingtaine de parcelles. Ce suivi est un prolongement d'un ancien projet Natura2000 datant de 2001. Aux étangs et marais des salins de Camargue il y a un suivi de 29 mois. Au domaine de Jarras – Listel en Petite Camargue il y a un suivi piézométrique hebdomadaire depuis quelques années. Le nombre de points de suivis de la salinité à la périphérie de l'étang de Thau par le FILMED et Sète AggloPôle est important (environ 40 points de suivi répartis sur plusieurs communes). La fréquence de suivi est d'une fois par mois.



## b. Méthodes de gestion de l'eau

La gestion de l'eau en lien avec la salinité en milieu naturel est différente selon le contexte spatial et varie selon les gestionnaires. Certains souhaitant maintenir une mosaïque d'habitats et d'autres ne peuvent pas car la salinité est telle qu'elle ne le permet pas. L'accès à une source d'eau douce est aussi un facteur limitant la gestion de l'eau salée.

Par exemple au domaine du Grand Castérou dans la basse Plaine de l'Aude, il y a de la submersion car c'est une ancienne exploitation agricole qui avait fait un réseau de fossés pour lutter contre le sel. Le canal de la Robine passe à proximité ce qui permet l'apport d'eau douce pour la submersion (**Figure 4**).



**Figure 4** - Carte de la localisation spatiale du domaine du Grand Castérou et sa proximité au Canal de la Robine. Source : Géoportail

La submersion actuelle est faite selon un calendrier précis respectant les besoins en eau du type de végétation. Il y a quelques années un projet de restauration a permis d'entretenir le réseau de canaux et les ouvrages hydrauliques permettant la régulation des apports d'eau.

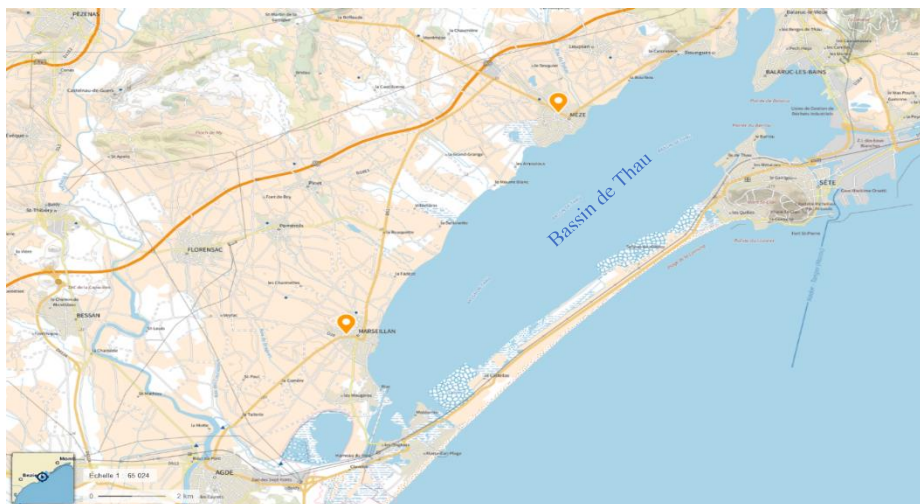
Au contraire aux étangs et marais des salins de Camargue, la zone est lagunaire, elle est entourée par le golfe de Beauduc, des salins, l'étang de Vaccarès et la seule source d'eau douce est le canal du Japon ou Bras de Fer (**Figure 5**). Pour gérer la salinité de ces étangs il n'y a pas d'ouvrages hydrauliques pour pomper de l'eau douce. Ce sont les flux des masses d'eau provoqués par les vents comme le Mistral qui permettent d'évacuer l'eau salée des étangs les plus au nord. De même, ce sont les vents du sud qui permettent de faire rentrer de l'eau de mer moins salée que celle des étangs pour désaler.



**Figure 5** - Carte de la localisation spatiale du Canal du Japon ou Bras de Fer. Source : Géoportail

Dans les sites gérés par Sète AggloPôle en périphérie de l'étang de Thau, les apports d'eau douce se font selon le contexte hydrologique de la zone. Il y a à la fois des remises en eau pour des enjeux écologiques et du maintien de la lentille d'eau douce pour préserver les nappes souterraines comme la nappe Astienne<sup>5</sup>. Le lido de Thau, situé entre la mer et l'étang de Thau, est une zone tributaire de l'eau de pluie et il y a des zones de marais qui se salinisent. Pour gérer cette salinisation il y a un recours à la Réutilisation d'Eaux Usées Traitées (REUT) à partir des eaux de lagunages à Mèze ou Marseillan pour alimenter les zones humides (**Figure 6**).

<sup>5</sup> La nappe Astienne est reconnue pour son eau de très bonne qualité protégée par une épaisse couche d'argiles des pollutions superficielles. Elle constitue une ressource en eau stratégique pour l'alimentation en eau potable des villes autour. Source : <https://astien.com/la-nappe-astienne/presentation/>



*Figure 6 - Carte de la localisation du lido de Thau et des communes de Mèze et Marseillan. Source : Géoportail*

Dans les milieux agricoles la pratique de submersion pour lutter contre le sel y demeure également. Dans la basse plaine de l'Aude et dans la Petite Camargue il y a des réseaux de canaux naturels et artificiels qui sont dotés d'ouvrages hydrauliques pour réguler les apports d'eau comme des vannes, martellières et stations de pompage. La pratique de submersion se fait pour la vigne et les prairies dans les deux zones.

Dans l'Aude la submersion se fait de façon préventive et estivale pour la vigne. Au niveau des espaces agricoles du littoral la submersion se fait par un apport d'environ 2000 m<sup>3</sup> / ha d'eau. Certains viticulteurs font également de la submersion collective entre parcelles côtes à côtes pour une utilisation de l'eau efficiente. Dans d'autres zones de l'Aude le réseau de canaux est peu entretenu voire même abandonné ayant laissé place à de l'irrigation sous pression. L'alimentation en eau vient du fleuve Aude qui alimente le canal de la Robine.

Enfin, il y a eu un projet pour faire de la REUT agricole sur les parcelles du lido de Thau à partir des eaux de lagunage de Marseillan mais cette eau nécessite une unité de désalinisation supplémentaire qui est coûteuse donc pour le moment le dispositif n'a pas été mis en place. Dans d'autres zones comme l'Aude ou la Petite Camargue il y a également des projets de REUT mais ils sont encore en phase d'étude.

### c. Aménagement et entretien des ouvrages hydrauliques

L'entretien des ouvrages hydrauliques et les réseaux des canaux en milieu agricole et naturel est ressorti pendant les entretiens avec les acteurs de la Petite Camargue comme élément clé dans la lutte contre la salinité avec de l'eau douce.

En effet, les dégâts causés par la sécheresse hivernale consécutive de 2021 se sont avérés être les plus importants dans les zones non irriguées. Par exemple pour l'ensemble des coopérateurs de la Cave coopérative des Sablesdoc, 109 hectares de vigne ont été impactés dont 94 ha non irrigués. L'une des solutions d'urgence à adopter suite à ces dégâts selon le syndicat des vins des sables, la CA Gard, le SMCG et les ASA est la restauration et l'entretien des réseaux de canaux. Dans certains périmètres de Petite Camargue il n'est pas possible d'irriguer la totalité des surfaces dominées, les raisons sont multiples. D'une part, le réseau sous pression BRL est saturé dans cette zone et il n'est pas possible de faire des extensions. De plus l'entretien des canaux par les ASA nécessite un budget financier qui n'est pas suffisant avec les cotisations des adhérents. Les ASA nécessitent des aides financières pour maintenir les canaux par curage, pour la lutte contre les espèces invasives telles que la Jussie par exemple. D'autre part, à une certaine époque des canaux ont été rebouchés pour faire du remembrement et actuellement n'y a plus de circulation d'eau. Il y a donc une nécessité avec les sécheresses consécutives de les restaurer pour permettre l'alimentation en eau.

Ainsi en Petite Camargue, les agriculteurs ont accès à l'eau soit par connexion au réseau d'irrigation sous pression BRL soit par le paiement de la taxe obligatoire d'ASA pour prélever de l'eau sur les canaux. Sur les périmètres irrigués l'eau vient des différents points de prélèvement sur le Petit Rhône, le Canal du Rhône à Sète, la rivière du Vidourle et le Canal du Vistre (carte ci-dessous). Dans la basse plaine de l'Aude, la source d'eau douce sur les périmètres irrigués vient du fleuve Aude et du Canal de la Robine.

Par ailleurs, au PNR Narbonnais et aux étangs et marais des salins de Camargue beaucoup d'entretien des canaux est fait. Notamment au domaine du Grand Castélou il y a quelques années il y a eu un gros projet de restauration des ouvrages hydrauliques (vannes / martellières) et des canaux.

Un des ouvrages permettant de lutter contre les intrusions d'eau salée est le barrage anti-sel. Par exemple, en périphérie du Bassin de Thau, au niveau du marais de la Grande Palude, il y a un barrage anti-sel qui permet d'éviter les « remontées salines » dans la zone humide. Lorsque ces barrages sont ouverts il y a un risque d'augmentation de la salinité. C'est par exemple cas au niveau du cours d'eau la Mosson dans l'Hérault où l'ouverture d'un barrage anti-sel a favorisé la pénétration d'eau saumâtre depuis l'étang de l'Arnel dans le cours d'eau douce (**Figure 7**). D'autres barrages anti-sel sont sûrement présents sur le territoire étudié sans avoir été mentionnés dans les entretiens.



**Figure 7** - Carte représentant la zone concernée par une ouverture du barrage anti-sel en périphérie des étangs Palavasiens. Source : Géoportail

Dans l'ensemble des zones étudiées il y a des ouvrages hydrauliques pour réguler les flux d'eau (pompes, martellières, vannes).

### **3. Méthodes de prévention alternatives à l'apport d'eau**

Généralement peu d'agriculteurs mettent en place des pratiques alternatives comme l'enherbement des rangs de vigne dans l'Aude par exemple car c'est est une région où la viticulture est intensive et où l'enjeu financier est important. En effet, l'enherbement peut être bénéfique sur le long terme mais peut aussi être couteux et faire varier le rendement à court terme et cela peut poser problèmes aux viticulteurs. Néanmoins la CA de l'Aude fait de la sensibilisation auprès des agriculteurs sur la mise en place de ce type de pratique.

Dans la Petite Camargue, la majorité des adhérents de l'ASA du Bourgidou luttent contre la salinisation avec l'eau. Certains font de l'enherbement, d'autres ont en complément des droits d'ASA du goutte à goutte desservi par le réseau sous pression BRL. Au domaine du Petit Saint Jean il y a une couverture végétale permanente dans la vigne qui crée de la compétition pour l'eau avec la vigne mais qui sur le long terme a un effet de mulch bénéfique qui limite l'évapotranspiration et enrichi le sol en matière organique.

De manière dispersée, certains agriculteurs font des essais de pratiques agricoles favorables à la rétention d'eau ou à l'enrichissement du sol en matière organique pour le rendre plus résilient à la salinisation. Un essai est réalisé en Petite Camargue en plantant des mycorhizes sur les racines de la vigne afin de leur permettre de mieux assimiler l'eau et garder l'humidité. Dans l'Aude, de l'amendement organique pour la fertilité des sols est aussi fait.

Dans les milieux naturels il n'y pas eu de retour de pratiques de prévention pour faire face à la salinité.

#### **4. Réflexions**

##### **a. Réflexions agronomiques / écologiques**

Les parties prenantes du milieu agricole sont généralement conscientes que sur le long terme il faut repenser les modèles de culture afin de mieux appréhender une salinisation plus importante dans le futur. Certaines ont évoqué la nécessité de développer des cultures résistantes à la sécheresse comme le quinoa ou le pistachier par exemple. D'autres ont évoqué le déplacement spatial des cultures, par exemple plus en altitude. Par ailleurs, plusieurs acteurs de la Petite Camargue ont partagé la diminution des surfaces cultivées de riz qui permettaient autrefois de lessiver les sels de par l'immersion de la culture. En effet, les surfaces sont passées de 10 000 ha à 4000 ha ces cinq dernières années.

Les réflexions des parties prenantes des milieux naturels sont pour certains de réfléchir à l'avenir à des zones de retrait des espaces naturels, pour d'autres il s'agit de reconstruire les milieux sansouïres pour l'avenir.

##### **b. Réflexions socio-économiques**

Des réflexions socio-économiques ont été partagées par peu d'acteurs. Néanmoins celles qui ont été mentionnées sont d'ordre financier. En effet, l'EPTB du Lez a évoqué d'« énormes investissements pour d'énormes aménagements » hydrauliques si l'on souhaite apporter de l'eau douce dans les marais qui ont tendance à se saliniser. De la même manière, BRLe signalait pour la zone de la Petite Camargue où le réseau BRL est saturé en été que l'investissement humain et économique serait beaucoup trop important pour apporter une solution.

## **IV – Discussion**

Les objectifs de l'étude étaient d'établir un état des lieux spatial de la problématique de salinité à travers une phase d'enquête et classer les périmètres selon différents thèmes (apparition, périmètres concernés, modes de gestion, réflexions). Au cours de ce travail, la recherche de contacts pour la phase

d'enquête a permis d'identifier les parties prenantes mobilisées sur la problématique de salinité. Les entretiens ont apporté des informations et perceptions permettant de classer les périmètres.

#### a. Synthèse des résultats

La répartition spatiale de la salinité inclut de nombreux périmètres à l'échelle des trois départements étudiés et ces derniers ont été regroupés en plusieurs zones d'est en ouest : « étangs et marais des salins de Camargue », « Petite Camargue », « Etangs Palavasiens », « Bassin de Thau » et « Aude ». Dans certains cas l'apparition dans le temps de la salinité est historique mais une augmentation est observée depuis 10 ans dans toutes les zones étudiées. Les principales sources de salinité, les types de systèmes concernés et les impacts sur les rendements agricoles et la biodiversité sont résumés dans la **Figure 8**. La salinité concerne aussi bien les milieux naturels que agricoles. Dans le secteur agricole, il existe peu de données sur les pertes de rendement ou les surfaces impactées par la salinité car elles sont difficiles à estimer par les différentes structures. Bien que quelques structures n'aient pas de gestion de l'eau en lien avec la salinité dans les milieux naturels, diverses méthodes ont été soulignées au cours des entretiens par le reste des parties prenantes (**Figure 9**). Dans les milieux agricoles, la méthode priorisée pour gérer la salinité est l'apport d'eau douce sous forme de submersion et d'irrigation goutte à goutte.

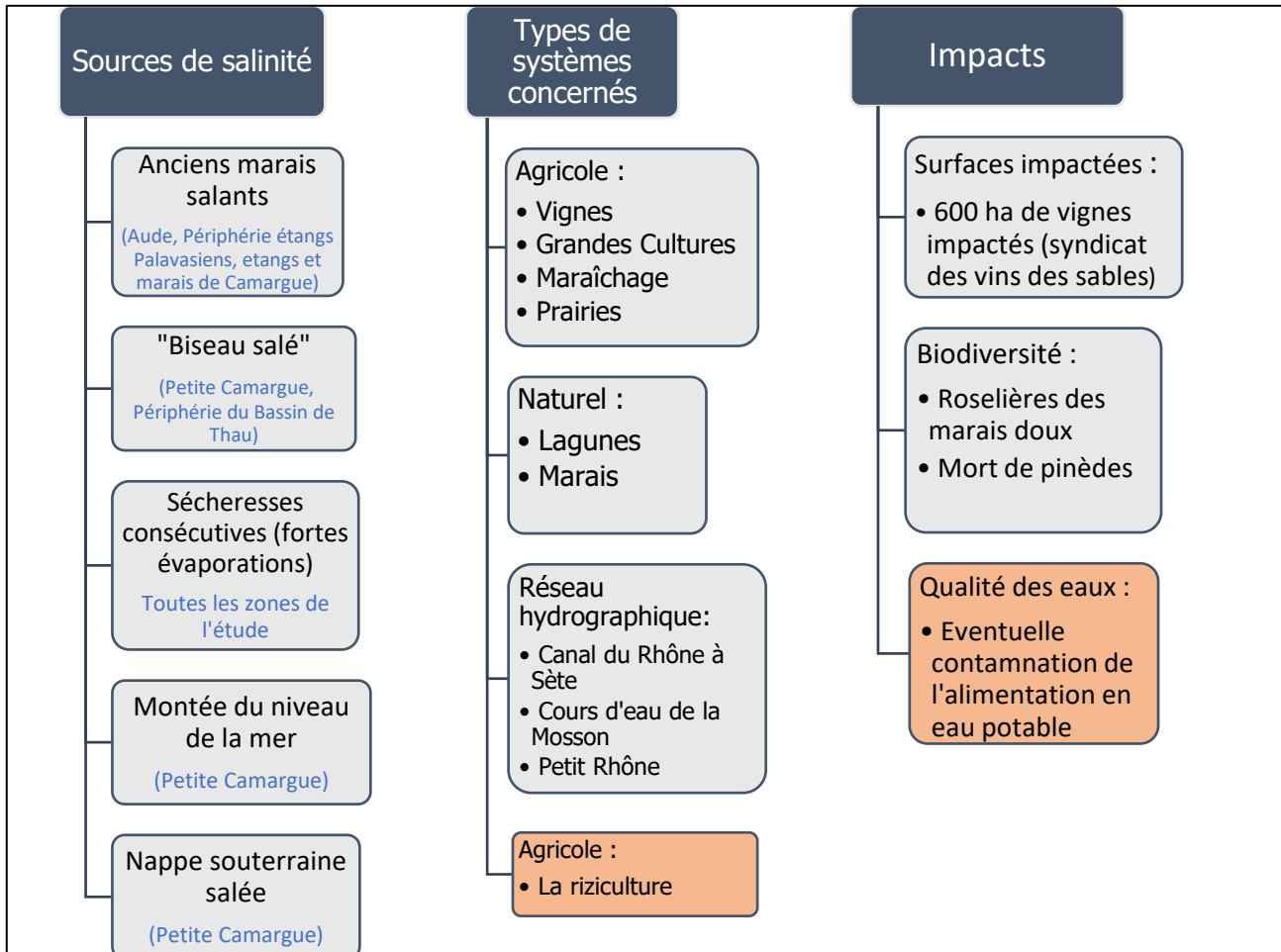
Nous pouvons constater que les processus associés à la salinité des eaux et des sols ne sont pas toujours bien connus. En effet les expressions « biseau salé », « remontées de sel » prenaient différents sens selon les acteurs. A titre d'exemple, une remarque au cours de l'un des entretiens est révélatrice de la situation décrite : « l'eau souterraine est mal connue car on ne la voit pas ». Depuis quelques années les sécheresses sont devenues plus récurrentes et les structures rencontrant ce phénomène ont été sensibilisées mais certains concepts restent imprécis.

Par ailleurs, la lutte anti-sel est majoritairement pensée par l'apport d'eau douce et peu par une modification des pratiques favorisant une structure du sol et la recherche de cultures plus tolérantes à la salinité dans les milieux agricoles. Bien que la gestion du sol et de la végétation furent mentionnées pendant les entretiens, en pratique l'entretien hydraulique est retenu dans la majorité (**Figure 10**).

Les suivis de la salinité sont réalisés par des structures partenaires aux structures interrogées. Néanmoins, il y a une volonté de créer un observatoire de la salinité en Petite Camargue afin de regrouper les données. Le SMCG a été désigné comme la structure la plus légitime à s'emparer du sujet et assurer le suivi. D'autre part, des limites financières et humaines ont été soulignées concernant le suivi de la salinité et les divers aménagements et entretiens des réseaux hydrauliques nécessaires.

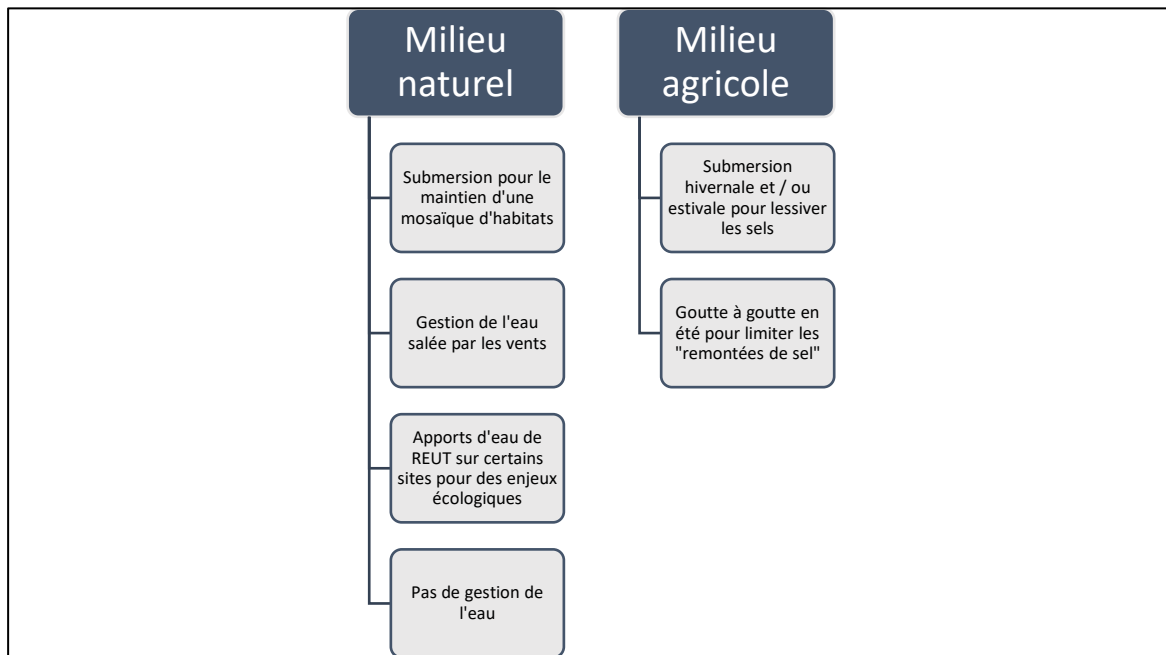
Dans cette étude certains points peuvent être améliorés. Nous pouvons constater que seules deux chambres d'agriculture départementales ont pu être interrogées ce qui induit un manque de diversité des perceptions. En effet, le sujet de la salinité et la riziculture a été très peu abordé par exemple.

Néanmoins, une prise de contact avec plusieurs chambres d'agriculture comme celle de l'Hérault et des Pyrénées-Orientales n'a pas donné lieu à un entretien car la thématique de salinité est peu traitée dans ces structures. Enfin, à plusieurs reprises un entretien n'a pu être fixé car les structures n'avaient pas une connaissance fine du sujet.

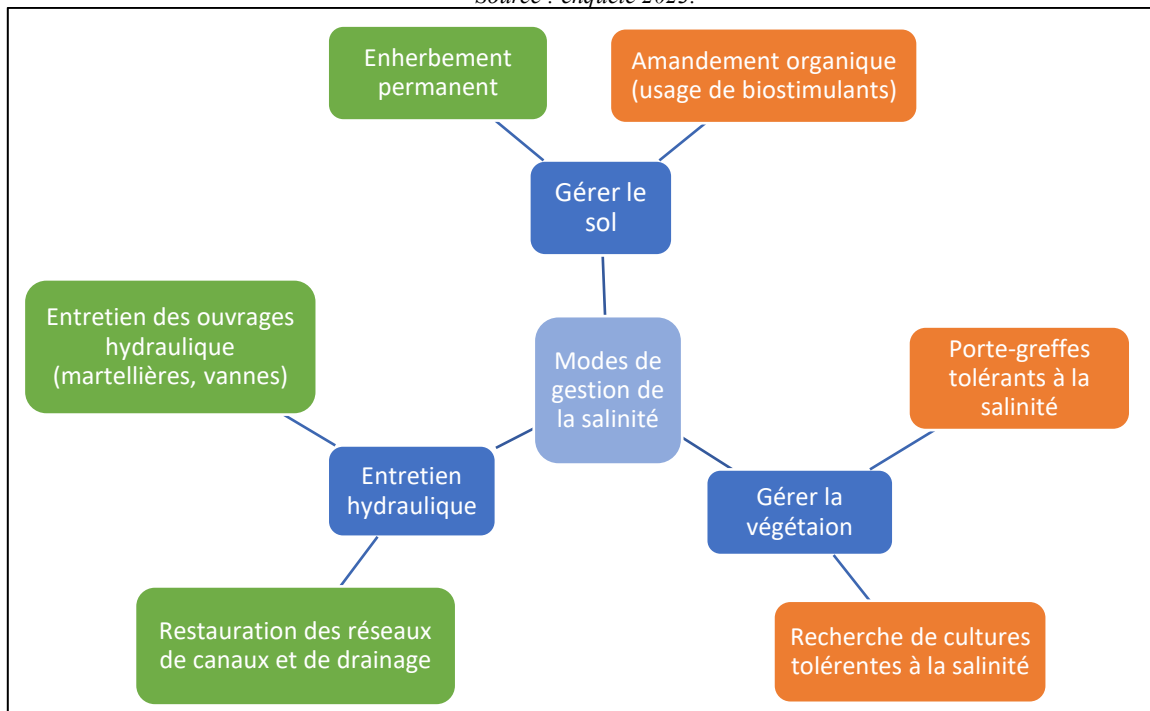


**Figure 8** – Schéma des principales sources de salinité, types de systèmes concernés et impacts issues des perceptions des acteurs dans les bulles grises. Les éventuels impacts et systèmes de cultures concernés qui n'ont pas été évoqués en orange. Source : enquête 2023.





**Figure 9** - Schéma des principaux moyens de gestion de l'eau en contexte salin dans les milieux agricoles et naturels. Source : enquête 2023.



**Figure 10** - Schéma des modes de gestion de la salinité dans les milieux agricoles. Les pratiques mentionnées et appliquées sont en vert et les pratiques mentionnées sont en orange.

## b. Recommandations

La mise en place d'un observatoire centralisant l'ensemble des données de suivi de salinité du département Occitanie donnerait plusieurs avantages. Cela faciliterait l'accès aux différentes structures concernées par la problématique et permettrait d'avoir un monitoring de la salinité à plus grande échelle. En outre, un manque d'échange sur le sujet a été constaté entre les différentes parties prenantes durant l'enquête. Il serait par exemple intéressant de créer un répertoire commun des zones touchées.

## V – Conclusion

La problématique de salinité est perçue dans les milieux naturels comme une menace pour les zones de marais doux et leur végétation. Elle est aussi remarquée comme une source de diversité d'habitat pour les espèces animales et végétales pour le moment car elle est progressive. 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. Dans les milieux naturels un projet pour faire de l'apport d'eau douce dans l'étang de Thau va être initié. 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.

# Annexes

## *Annexe 1 - Synthèse bibliographique sur la salinisation*

### **1. La salinisation**

Dans le monde ont été recensés près d'un milliard d'hectares de sol touchés par la salinisation soit 8,7% des sols de la planète (FAO, 2021<sup>6</sup>). Ce phénomène n'est pas seulement trouvé dans les zones arides et semi-arides (Follain et al., 2016) mais aussi dans les zones côtières. En 2016, des enquêtes entre les autorités locales et les associations locales de vignerons (Cave coopérative Les vignerons de Sérignan) dans l'Hérault ont estimé que 43% des surfaces de sols occupées par la viticulture étaient affectées par la salinisation cette dernière décennie (Bless et al., 2018).

La salinisation est définie comme l'accumulation de sels hydrosolubles dans le profil du sol à un niveau qui a un impact sur la production, la santé environnementale et le bien-être économique par (Rengasamy, 2006). Les prévisions des modèles de changement climatique mondial indiquent une diminution des précipitations annuelles moyennes susceptible de se produire dans la plupart des régions méditerranéennes (Corwin, 2021). Les climats extrêmes contribueront à la dégradation et à la perte des écosystèmes, notamment l'érosion des sols, la baisse de la qualité des pâturages et la salinisation des sols (Corwin, 2021). Les processus de salinisation sont influencés par le changement climatique. Le développement de la salinité du sol dans la zone racinaire peut être dû à une disponibilité réduite de l'eau dans les régions agricoles irriguées arides et semi-arides, à la remontée des sels depuis les nappes phréatiques peu profondes, à la réutilisation d'eaux dégradées et à l'intrusion d'eau salée (Corwin, 2021).

La salinisation inclut les sols sodiques et alcalins. Par définition, dans les sols sodiques plus de 15% des ions échangeables sont des ions sodium. Les sols alcalins se caractérisent par un pH supérieur à 7 (sols qualifiés de basiques) et sont souvent calcaires (Daliakopoulos et al., 2016). D'après Follain et al., 2016, les sols méditerranéens à pH basique en zone littorale sont particulièrement sensibles à la salinisation.

### **2. Causes et processus de salinisation**

Les causes de salinisations peuvent être liées aux conditions naturelles comme les processus physico-chimiques tels que l'altération ou le transport ou un sol salé car le matériau géologique est constitué de minéraux carbonés. Les causes peuvent aussi être anthropiques par l'irrigation avec de l'eau

---

<sup>6</sup> <https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/fr/c/1445588/>

salée apportant des solutés qui s'accumulent dans le sol ou par un déséquilibre des eaux douces et salées au niveau du littoral par pompage d'eau douce (Daliakopoulos et al., 2016). Ainsi un climat avec peu de précipitations, une évapotranspiration élevée, des caractéristiques des sols qui empêchent la lixiviation des sels et les zones irriguées sont des points chauds de la salinisation (Daliakopoulos et al., 2016).

Corwin & Scudiero, 2019 proposent un schéma résumant les principaux processus de salinisation. Dans les zones où les précipitations sont plus faibles que l'évaporation, les sels peuvent s'accumuler à la surface du sol lorsque la profondeur de la nappe d'eau est inférieure à 1,5 m de la surface. Cette accumulation des sels à la surface du sol résulte de l'écoulement ascendant de l'eau et du transport de sels en raison de la remontée capillaire entraînée par le processus d'évaporation. Selon eux, une des causes les plus communes d'accumulation de sel est l'évapotranspiration des plantes qui entraîne une augmentation de la concentration de sels dans la zone racinaire et une accumulation de sels en dessous de la zone racinaire. Ce niveau d'accumulation dépend de la fraction d'irrigation et ou des précipitations qui s'écoulent au-delà de la zone racinaire, cette fraction est appelée fraction de lixiviation. Ainsi, lorsque la fraction de lixiviation augmente, le total des sels présent dans la zone racinaire diminue dans la zone racinaire par lessivage.

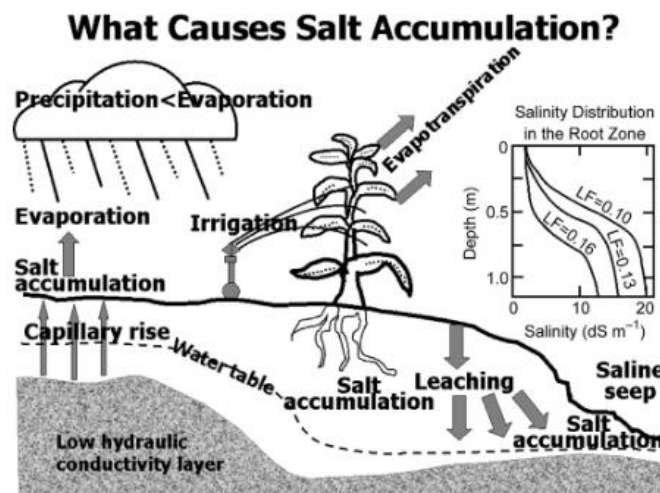


Figure 11 - Divers exemples de l'accumulation de sels dans le sol.  
Source : Corwin & Scudiero, 2019.

### 3. Mesure de la salinité

Afin de déterminer le niveau de salinité différents indicateurs peuvent être utilisés : la conductivité électrique (CE), le taux d'absorption du sodium (SAR) et le pourcentage de sodium échangeable (ESP). Dans le cadre du stage, la CE est l'indicateur de salinité qui sera le plus rencontré. La CE permet une quantification des sels sous leur forme soluble en déci-Siemens par mètre ( $dS.m^{-1}$ ) ou grammes par litres ( $g.l^{-1}$ ) dans les sols.

Il y a deux façons de mesurer la CE : par mesure non destructive de géophysique de type électromagnétique ou électrique ou par mesure destructive sur un extrait de pâte saturée ou une dilution 1 : n (Follain *et al.*, 2016). Nous pouvons également l'estimer dans un extrait standard de saturation (ECe) obtenu en ajoutant de l'eau à un sol sec (Daliakopoulos *et al.*, 2016). Il est important de noter que l'EC des sols ne nous renseigne pas sur la nature des sels présent (Follain *et al.*, 2016).

Ainsi, un sol est considéré comme salin à partir d'une valeur de CE supérieure à 4 dS.m<sup>-1</sup> et est très salin au-delà de 16 dS.m<sup>-1</sup>. Il existe un tableau de classification qui met en lien l'effet quasi linéaire entre le niveau de salinité et l'effet sur les plantes :

EC <sub>e</sub> [dS m <sup>-1</sup> ]	Class	Effect
0-2	Non saline	Negligible
2-4	Slightly saline	Yield reduction of sensitive crops
4-8	Moderately saline	Yield reduction of many crops
8-16	Strongly saline	Normal yields for salt tolerance crops only
>16	Very strongly saline	Reasonable crop yield for very tolerance crops only

**Figure 12** - Classification de la conductivité électrique en fonction des effets de la salinité sur les cultures. Source : Daliakopoulos *et al.*, 2016.

#### 4. Impact de la salinisation sur les fonctions du sol et la végétation

Les fonctions du sol et la végétation sont affectées par la salinisation. En effet, l'augmentation de la teneur en sel dans le sol est défavorable à la décomposition, la respiration, nitrification à travers la diminution de la biodiversité du sol et l'activité des micro-organismes (Daliakopoulos *et al.*, 2016). Pour la végétation, de grandes concentrations de sels dans la zone racinaire diminuent le différentiel de pression osmotique si bien que les plantes doivent fournir plus d'énergie pour extraire l'eau du sol par osmose (Daliakopoulos *et al.*, 2016). De plus, la croissance cellulaire de la plante peut aussi être affectée par un excès d'ions salins pouvant être toxiques, créer un stress ionique et affecter l'état cellulaire (Munns & Tester, 2008). Selon les formes et les niveaux, la salinisation des sols peut aller jusqu'à éliminer toute la végétation présente (Daliakopoulos *et al.*, 2016).

La salinité est une condition qui est fréquente dans les milieux arides et semi-arides. Les plantes ont développé des mécanismes pour s'adapter comme une tolérance à un potentiel hydrique du sol bas causé par la salinité et la sécheresse (Munns & Tester, 2008). En agriculture, les plantes céréalières telles que le blé, orge, triticale et seigle ne sont pas les plus sensibles au phénomène. Les fourrages avec de la luzerne également. En revanche, la culture de maïs est très sensible (Daliakopoulos *et al.*, 2016).

## 5. Gestion agricole de la salinité

Dans les milieux agricoles la salinité est gérée par l'irrigation et le drainage ou par la sélection de plantes suffisamment tolérantes au sel (*Corwin & Scudiero, 2019*). Une étude de cas dans le delta de l'Orb dans l'Hérault sur des Salisodisols propose quelques actions curatives (*Follain et al., 2016*).

La première est de restaurer la fonction de drainage du sol. Cela est possible en privilégiant des pratiques permettant l'augmentation de la matière organique et la porosité des sols. En complément il est nécessaire d'assurer l'entretien des réseaux d'assainissement et éventuellement le redimensionnement du parcellaire. La seconde action pouvant contribuer à gérer la salinité est de favoriser la lixiviation des sels. Cette mesure consiste en l'apport de volumes d'eau importants nécessitant de bonnes conditions de drainage du sol. Cette dernière mesure peut être combinée à un apport de cations de substitution pour remplacer le cation sodium qui pose problème. Le gypse est un exemple de minéral pouvant être apporté.

*Annexe 2 : Liste des entretiens réalisés au cours de l'enquête.*

<b>Structure</b>	<b>Poste</b>	<b>Date</b>	<b>Mode</b>
ASA du Bourgidou	Président de l'ASA	07/06/2023	Rencontre
PNR Camargue	Chargé de mission suivi et gestion des espaces naturels	07/06/2023	Rencontre
EPTB du Lez	Animatrice Natura2000 Etangs Palavasiens et étang de l'Estagnol	12/06/2023	Téléphone
Tour du Valat	Chef de projet au domaine du Petit Saint-Jean	13/06/2023	Téléphone
CA Gard	Conseillère gestion de la ressource en eau	14/06/2023	Téléphone
Syndicat des vins des sables	Responsable ODG / Président du syndicat	15/06/2023	Rencontre
BRL exploitation	Responsable d'activité agronomie innovation	16/06/2023	Téléphone
SMCG	Chef de service développement territorial, eau et biodiversité	19/06/2023	Rencontre
CA Aude	Chargé de mission sol et matière organique	21/06/2023	Téléphone
Sète AggloPôle	Responsable opérationnelle de la gestion des lagunes	23/06/2023	Rencontre
SMBT	Chef de projet réseau d'observation lagunaire du bassin de Thau	26/06/2023	Téléphone
PNR Narbonnais	Responsable ressource en eau et éco-développement	30/06/2023	Téléphone
BRGM	Hydrogéologue et chef d'unité NRE	30/06/2023	Rencontre

### Annexe 3 - Guide d'entretien pour la phase d'enquête

Présentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouvez-vous vous présenter ?</li> <li>- En quoi consistent vos missions ?</li> </ul>
Contexte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faites-vous face à la problématique de salinité ?</li> <li>- Quel est votre rôle vis-à-vis de cette problématique ?</li> <li>- Travaillez-vous avec d'autres acteurs sur cette problématique ?</li> <li>- Comment travaillez-vous ? (<i>pour moi : ont-ils le même positionnement face à la problématique entre acteurs ?</i>)</li> <li>- Quand avez-vous entendu parler de problèmes liés à la salinité pour la première fois ?</li> <li>- A quel niveau ? (entrée spatiale - milieu agricole (proche loin du littoral), milieu naturel) ou par activité).</li> </ul>
Périmètre et enjeux agricoles	<p><b><u>Partie sol :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quelles sont les zones touchées ?</li> <li>- Quel système de culture ? (Monoculture, polyculture, rotation ou cultures multiples)</li> <li>- Quelles cultures ?</li> <li>- Caractéristiques particulières des cultures touchées ? (<i>ex si vigne, l'âge et la longueur des racines</i>).</li> <li>- Quels sont les itinéraires techniques (travail du sol par ex) ?</li> <li>- Avez-vous des données sur : le type de sol (sodique, salins) / capacité de drainage des sols ? Proximité des sols à une source d'eau douce / salée ?</li> </ul> <p><b><u>Dégâts :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quels ont été les dégâts ?</li> </ul> <p><b><u>Gestion de l'eau :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avez-vous un plan de gestion de l'eau ?</li> <li>- Les périmètres touchés sont-ils irrigués ?</li> <li>- Sont-ils en lien avec la salinité ?</li> <li>- Si oui, quelles pratiques ? (Submersion / irrigation)</li> <li>- Quel est le système d'approvisionnement d'eau ?</li> </ul> <p><b><u>Sources :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quelles sont les sources de salinité et les processus de salinisation ?</li> </ul> <p><i>Pour les espaces naturels :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Quelles sont les zones touchées ?</i></li> <li>- <i>Quels sont les dégâts ?</i></li> <li>- <i>Quelles sont les espèces végétales les plus impactées / sensibles ?</i></li> <li>- <i>Il y a-t-il des espèces végétales qui s'adaptent ?</i></li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe-t-il un gradient spatial de la richesse spécifique vis-à-vis de la salinité ?</li> <li>- Comment sont affectées vos activités pastorales, si pâturage et/ou fauche (production fourragère)</li> <li>- Quelle est la source de salinité et processus de salinisation ?</li> <li>- Vision mosaïque des activités : interaction espace naturels et espaces cultivés ? (enchaînement des interactions passées / futures, trajectoire)</li> </ul>
Méthodes de lutte / prévention	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comment gérez-vous cette problématique ? (relevés piézométriques ?)</li> <li>- Comment votre structure se situe-t-elle face à la méthode de lutte (plutôt irrigation et aménagement ou plutôt recherches d'alternatives ?)</li> <li>- Il y a-t-il des viticulteurs utilisant des méthodes de prévention ?</li> </ul> <p><i>Pour les espaces naturels :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comment est gérée la problématique de salinité ? étangs / zones humides / littorales ?</li> <li>- Comment gérez-vous les milieux terrestres / zone humide / marin ?</li> <li>- Comment est gérée la perte de biodiversité ?</li> <li>- Quelles sont les méthodes de prévention ou de lutte à l'échelle d'un espace naturel ?</li> </ul>
Projets / Acteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avez-vous connaissance de travaux réalisés sur la question auxquels vous avez peut-être pu participer ?</li> <li>- Si oui, quels ont été les résultats ou tendances ?</li> <li>- Il y a-t-il eu des mesures de la salinité, si oui à quelle période de l'année ? Avec quel indicateur ?</li> <li>- Existe-t-il des contraintes de financement ?</li> </ul> <p><i>Pour projet en lien avec la Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT) :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des oppositions locales ?</li> <li>- Projets ?</li> </ul>
Réflexions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quelles perspectives avez-vous pour les années à venir vis-à-vis de cette problématique ?</li> <li>- Il y a-t-il des réflexions pour accorder un accompagnement aux agriculteurs à l'avenir ?</li> </ul>

*Annexe 4 - Grille d'analyse des entretiens*

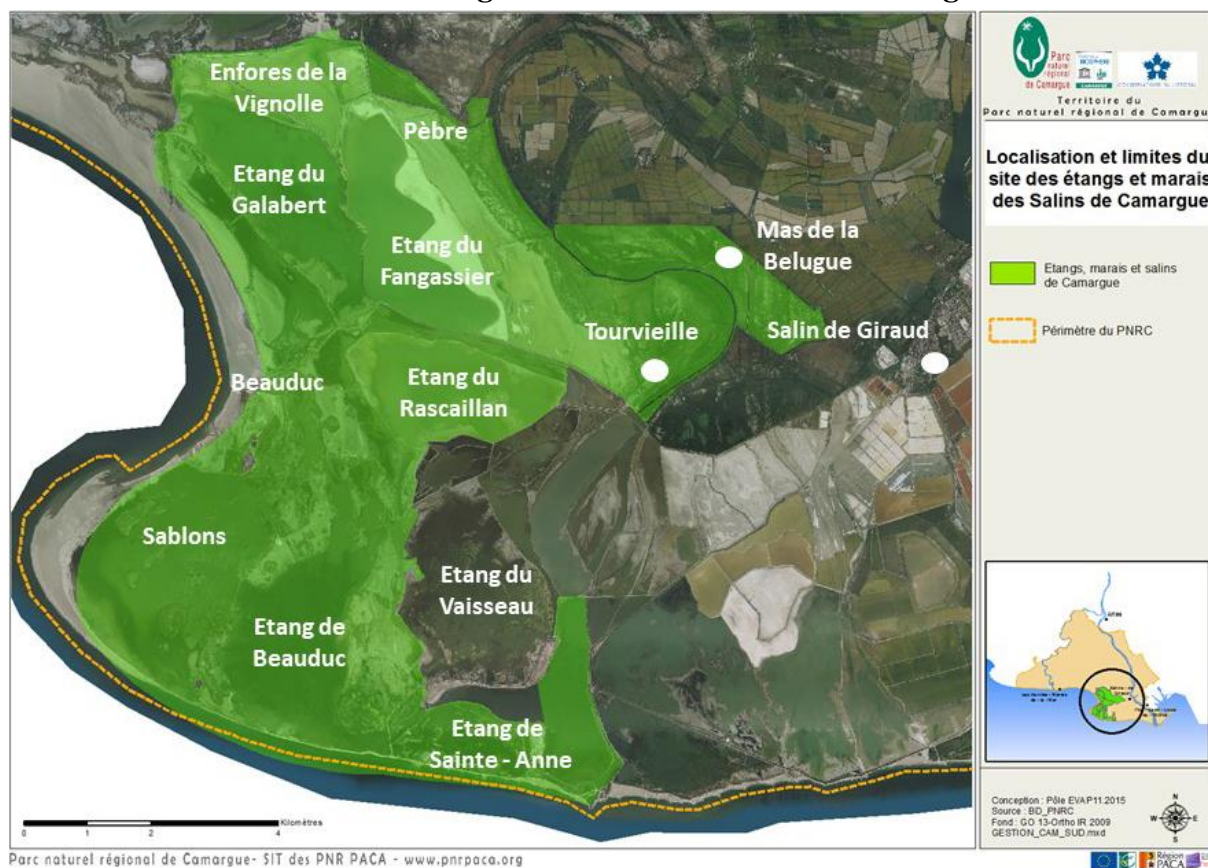
<b>Thème</b>	<b>Sous thème</b>	<b>Citation</b>
<b>Salinité</b>	<i>Apparition</i>	
	<i>Niveau</i>	
	<i>Sources</i>	
	<i>Processus</i>	
	<i>Type de mesure</i>	
	<i>Chiffres</i>	
<b>Région géographique</b>	<i>Type de système</i>	
	<i>Périmètres concernés</i>	
	<i>Caractéristiques du milieu</i>	
<b>Enjeux agricoles / naturels</b>	<i>Rendement</i>	
	<i>Biodiversité</i>	
	<i>Composition du sol en sels</i>	
<b>Gestion de l'eau</b>	<i>Aménagements hydrauliques</i>	
	<i>Lien avec salinité</i>	
	<i>Pratiques agricoles alternatives</i>	
	<i>Entretien des aménagements hydrauliques</i>	
	<i>Proximité d'une source d'eau</i>	
<b>Réseau d'acteurs</b>	<i>Syndicats</i>	
	<i>Collectivités</i>	
<b>Réflexions</b>	<i>Socio-économiques</i>	
	<i>Ecologiques</i>	
	<i>Aspect Paysager / aménagement</i>	post vigne
<b>Projets</b>	<i>Résultats</i>	
	<i>Chiffres</i>	
	<i>Tendances</i>	
	<i>Contraintes financières</i>	
<b>Données</b>	<i>Projets antérieurs à Juin 2023</i>	

# Annexe 5 - Matrice d'analyse des thèmes abordés pendant la phase d'enquête

Thème	Document	Contenu	Contenu	Contenu	Contenu	Contenu	Contenu	Contenu	Contenu	Contenu	Contenu
Thème 1	Document 1	Contenu 1.1	Contenu 1.2	Contenu 1.3	Contenu 1.4	Contenu 1.5	Contenu 1.6	Contenu 1.7	Contenu 1.8	Contenu 1.9	Contenu 1.10
Thème 2	Document 2	Contenu 2.1	Contenu 2.2	Contenu 2.3	Contenu 2.4	Contenu 2.5	Contenu 2.6	Contenu 2.7	Contenu 2.8	Contenu 2.9	Contenu 2.10
Thème 3	Document 3	Contenu 3.1	Contenu 3.2	Contenu 3.3	Contenu 3.4	Contenu 3.5	Contenu 3.6	Contenu 3.7	Contenu 3.8	Contenu 3.9	Contenu 3.10
Thème 4	Document 4	Contenu 4.1	Contenu 4.2	Contenu 4.3	Contenu 4.4	Contenu 4.5	Contenu 4.6	Contenu 4.7	Contenu 4.8	Contenu 4.9	Contenu 4.10
Thème 5	Document 5	Contenu 5.1	Contenu 5.2	Contenu 5.3	Contenu 5.4	Contenu 5.5	Contenu 5.6	Contenu 5.7	Contenu 5.8	Contenu 5.9	Contenu 5.10

Compte-tenu de l'envergure du tableau et de la lecture complexe de celui-ci en format word, une version en ligne est proposée au lien suivant : <https://1drv.ms/u/s!AsCP0-ZbHc96gg07cCbACGX8qyDC>

## Annexe 6 - Carte du site des étangs et marais des salins de Camargue



Source : <https://www.etangs-marais-salins-camargue.fr/concertation/>

## Annexe 7 - Périmètre de l'EPTB Lez

### Périmètre de l'EPTB Lez et du SYBLE



Source : Syndicat du bassin du Lez, Périmètre, disponible sur : <http://www.syble.fr/syble/perimetre/>

## Bibliographie

- Bless, A. E., Colin, F., Crabit, A., Devaux, N., Philippon, O., & Follain, S. (2018). Landscape evolution and agricultural land salinization in coastal area : A conceptual model. *Science of The Total Environment*, 625, 647-656. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.083>
- Corwin, D. L. (2021). Climate change impacts on soil salinity in agricultural areas. *European Journal of Soil Science*, 72(2), 842-862. <https://doi.org/10.1111/ejss.13010>
- Corwin, D. L., & Scudiero, E. (2019). Review of soil salinity assessment for agriculture across multiple scales using proximal and/or remote sensors. In *Advances in Agronomy* (Vol. 158, p. 1-130). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.07.001>
- Daliakopoulos, I. N., Tsanis, I. K., Koutroulis, A., Kourgialas, N. N., Varouchakis, A. E., Karatzas, G. P., & Ritsema, C. J. (2016). The threat of soil salinity : A European scale review. *Science of The Total Environment*, 573, 727-739. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.177>
- Follain, S., Bless, E., Colin, F., Clanche, X. L., Crabit, A., Devaux, N., & Philippon, O. (2016). *Dépérissements et salinité des sols : Diagnostic et action de lutte en zone littorale*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2834.9849>
- Lefebvre, Davranche, Willm, Campagna, Redmond, Merle, Guelmami, & Poulin. (2019). Introducing WIW for Detecting the Presence of Water in Wetlands with Landsat and Sentinel Satellites. *Remote Sensing*, 11(19), 2210. <https://doi.org/10.3390/rs11192210>
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1), 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1017-1023. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj108>

## Résumé

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 classer les périmètres étudiés. A travers une phase d'enquête auprès des structures agricoles (chambres d'agriculture, 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.

## Abstract

Climate forecasting models predict a reduction in average annual rainfall in Mediterranean regions. Extreme weather will contribute to soil salinisation. In 2021, in the Camargue Gardoise wine-growing area, a great deal of damage has been attributed to very low winter rainfall and salinisation. The aims of the study are to draw up a spatial inventory of salinisation and to classify the areas studied. Through a survey of agricultural structures (chambers of agriculture, unions, local authorities) and natural structures (Regional Natural Parks (PNR), Territorial Public Basin Establishments (EPTB)) in the Aude, Hérault and Gard departments, perceptions on various themes were obtained. The themes of spatial and temporal appearance, the areas concerned, the impacts and the methods of managing salinity were discussed. The areas most affected are coastal areas and lagoons. In some areas, salinity has appeared historically, but in most cases, an increase in salinity has been observed over the last ten years in the area studied. The reed beds in soft environments are the most threatened in natural environments. In agricultural environments, all crops are affected (vines, field crops, market gardening). The river

system is also affected. The provision of fresh water and the restoration of canal and drainage networks are key elements in the management of fresh water in agricultural environments. There are a variety of methods for managing salinity in natural environments. Currently, salinity is gradually increasing in natural areas, and although it represents a threat to areas of soft marsh, it is also a source of habitat diversity for flora and fauna. Consideration must be given to the creation of a salinity observatory in order to centralise monitoring data and the areas concerned.