

*Programme  
d'étude et recherche*

# S.A.L.I.N.

**SALINISATION DES AQUIFÈRES  
ET DES SOLS LITTORAUX  
DE LA NARBONNAISE  
2019 • 2022**



**LETTRE DE SYNTHÈSE**



# PROGRAMME D'ÉTUDE ET RECHERCHE S.A.L.I.N

## SALINISATION DES AQUIFÈRES LITTORAUX DE LA NARBONNAISE - 2019 • 2022

Le programme d'étude et recherche S.A.L.I.N (Salinisation des Aquifères – et des sols - Littoraux de la Narbonnaise) a eu pour ambition d'améliorer les connaissances sur la salinité des eaux et des sols, et sur la salinisation pressentie de la zone des basses plaines de l'Aude. À terme, il vise à permettre de proposer des pistes d'évolution de la gestion des ressources en eau et en sols en lien avec les pratiques agricoles, les prélèvements en eau potable et la gestion hydraulique des terrains naturels, semi naturels et cultivés.

Il a été conduit entre mi 2019 et fin 2022 par un important partenariat scientifique et financier associant le Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée, la communauté d'agglomération Le

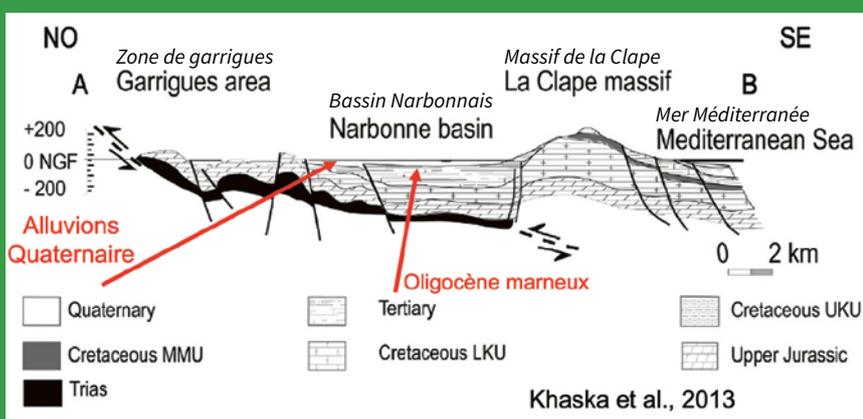
Grand Narbonne, le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), l'Institut Agro Montpellier, la Région Occitanie et l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse.

À l'origine centré sur la nappe quaternaire présente à l'échelle de la plaine narbonnaise (cf. périmètre d'étude), le programme S.A.L.I.N. a également bénéficié de l'appui de nombreux partenaires techniques et acteurs locaux liés à la gestion de l'eau et des sols : Chambre d'agriculture de l'Aude, Union d'ASA Hydraulique de l'Est Audois (UASHEA), Syndicat Mixte des Rivières et des Milieux Aquatiques (SMMAR), Voies Navigables de France (VNF), Conservatoire des Espaces Littoraux, etc.



Au terme de ces 3 années intenses d'études et de recherche, vous trouverez en suivant une synthèse des résultats des travaux qui apportent désormais **plusieurs réponses scientifiques aux grandes questions** soulevées sur ce secteur :

1. Quelles sont les caractéristiques hydrogéologiques de la plaine Narbonnaise ?
2. Qu'est-ce que la salinité ? Quelles sont ses origines possibles ?
3. Les sols et les nappes de la Basse Plaine de l'Aude sont-ils salés ? Avec quelle intensité ?
4. Quelles sont les origines du sel ?
5. Quels sont les impacts des pratiques de gestion actuelle ?
6. Quel est l'effet des pratiques de submersion sur la salinité ?
7. Quelles évolutions probables ou quels impacts des effets du changement climatique attendus ?
8. Quelles nouvelles trajectoires peut-on imaginer collectivement et comment ?



# 1. QUELLES SONT LES CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES DE LA PLAINE NARBONNAISE ?

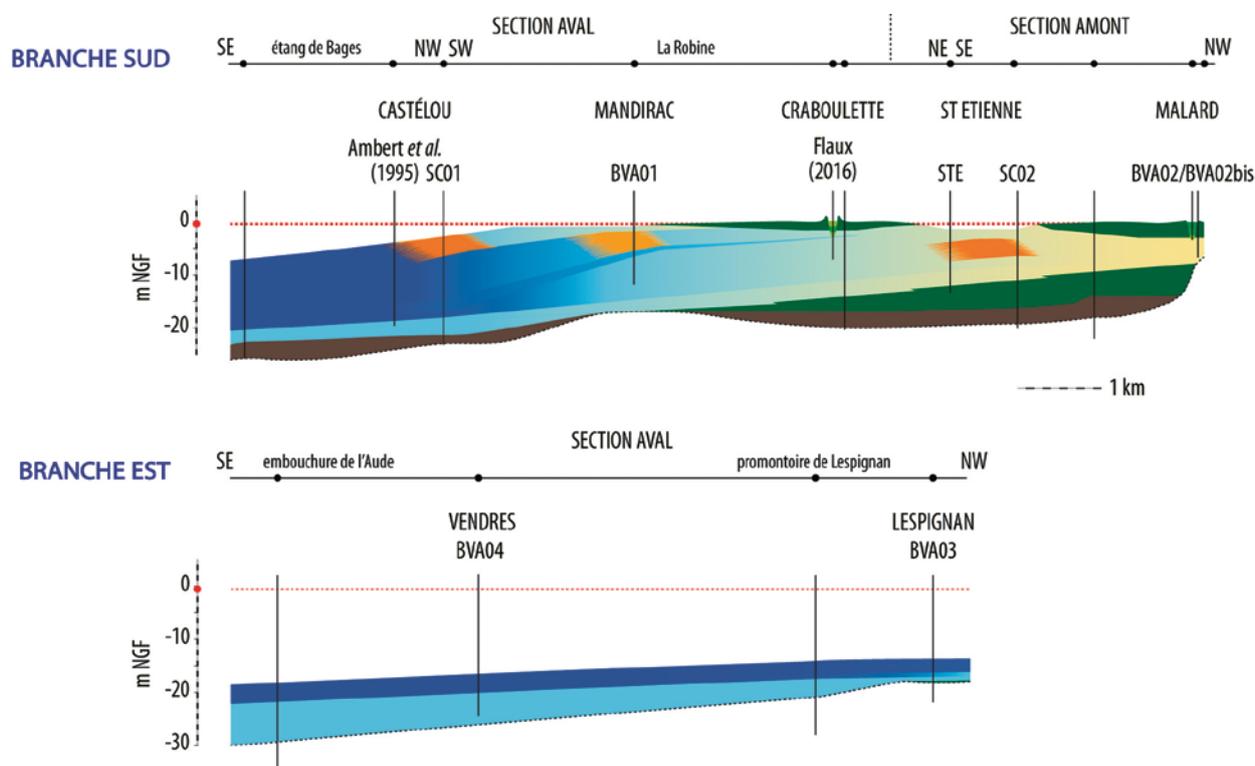
*Le fonctionnement hydrique et la salinité dans ce territoire sont intimement liés à sa mise en place et son évolution récente au cours des derniers siècles.*

L'histoire géologique récente de la Plaine de la Narbonne a débuté avec le **remplissage** (Holocène), **il y a environ 12 000 ans, de la ria** (embouchure fluviale envahie par la mer) par les sédiments de l'Aude (pouvant atteindre 20 à 30 m au cœur du bassin) en contexte de zone ouverte sur le milieu marin.

**Il en résulte la mise en place dans ces matériaux sédimentaires d'un aquifère dit multicouche.** Jusqu'à un passé récent, l'Aude s'écoulait vers le Sud, au niveau de l'actuelle zone des étangs côtiers (Bages-Sigean / Campagnol-Ayrolle / Gruissan).

L'analyse géomorphologique montre que l'essentiel des dépôts amonts de la plaine ont eu lieu en contexte de plaine deltaïque inondée, associée à des environnements de dépôts allant d'eau douce à oligohaline\* (environ 0 à 5 g/l de sel). La partie aval (au sud du secteur Mandirac proche de la zone des étangs actuels) est quant à elle associée à des dépôts en milieu infralittoral dans des environnements plus salés (eau polyhaline\* à mésohaline\* : 5 à 40 g/l de sel).

\* : cf. glossaire



Il y a 2 000 ans, à l'époque romaine, l'embouchure de l'Aude se situait sur le secteur du Castelou / Mandirac. La Plaine actuelle, caractérisée par une faible topographie, s'est comblée jusque très récemment en lien avec les crues de l'Aude. Au cours des derniers siècles, le cours de l'Aude est devenu Ouest-Est, l'Aude a ensuite été « canalisé » par l'homme. Il en résulte une évolution de la Plaine plus limitée. **Les grands aménagements réalisés au cours des derniers siècles (Canal de la Robine, grands canaux de drainage, périmètres irrigués) ont enfin façonné le territoire et son fonctionnement hydrogéologique.**



## MILIEUX FLUVIO-PALUSTRES

- plaine émergée ou marécageuse
- chenal abandonné
- chenal à charge de fond sableuse
- chenal à charge de fond caillouteuse

## MILIEUX INFRALITTORAUX

- embouchure
- embouchure proche
- milieu protégé
- milieu protégé sous influence marine
- milieu protégé sous forte influence marine



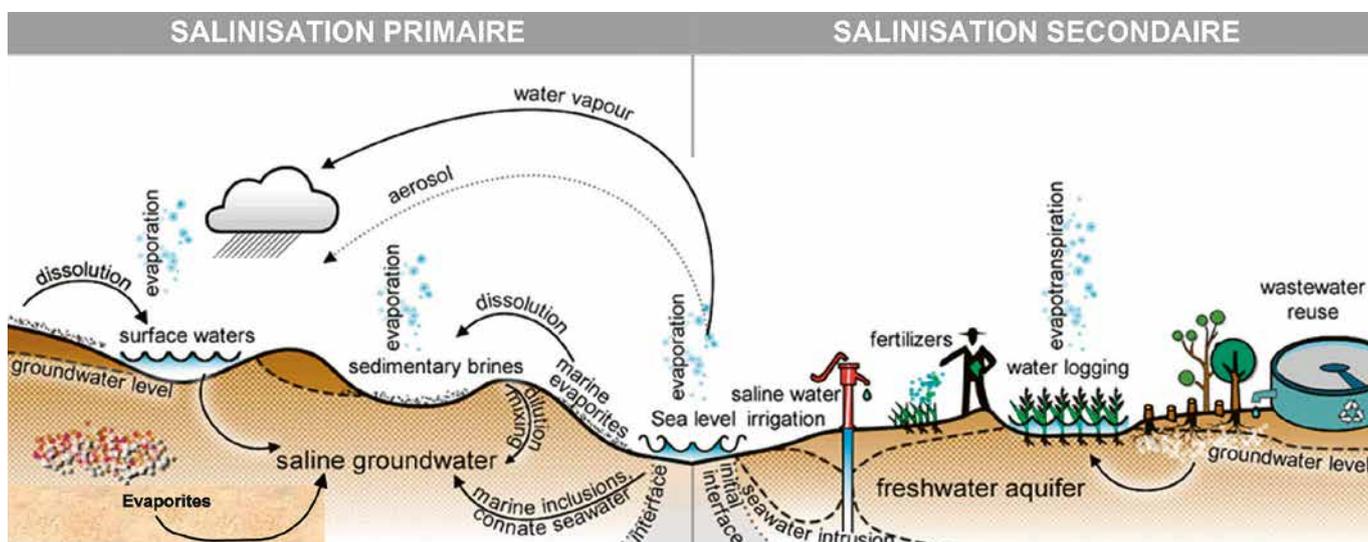
Reconstitution des paléogéographies à - 2000 ans (T. Salel, 2018)

## 2. QU'EST-CE QUE LA SALINITÉ ? QUELLES SONT SES ORIGINES POSSIBLES ?

La salinité\* se définit comme l'accumulation d'éléments solubles dans les eaux et les sols.

La salinité\* s'estime à l'aide de mesures de la conductivité électrique\* de la solution du sol ou directement des eaux de surface ou de nappe. Plus la salinité est élevée, plus la conductivité électrique est élevée. La salinité peut être d'origine naturelle (salinité primaire) ou d'origine anthropique (salinité secondaire), directement par un long historique d'apport par irrigation, ou indirectement par un déséquilibre créé en zone littorale entre eaux douces superficielles et eaux salées plus profondes (Bless et al., 2018).

La forte concentration de sels dissous dans la solution du sol entraîne une augmentation de son potentiel osmotique qui conduit à un stress hydrique accru pour les plantes pouvant conduire à leur mortalité. Les sels constituent en outre un risque d'altération des propriétés et de la qualité des sols. De manière générale, une forte salinité menace donc dans les territoires actuels les ressources en sols, la production agricole, la biodiversité et les ressources en eaux destinées à la consommation humaine.



↑  
Phénomènes de salinisation primaire et secondaire (d'après Daliakopoulos et al., 2016)

Groundwater level : niveau des eaux souterraines - Surface waters : eau de surface - Water vapor : vapeur d'eau - Saline groundwater : eaux souterraines salées - Marine evaporites : évaporite marine - Marine inclusions : intrusion marine - Sea level : niveau de la mer - Saline water irrigation : eau d'irrigation salée - Seawater intrusion : intrusion d'eau de mer - Fertilizers : engrais - Water logging : eaux exploitées - Freshwater aquifère : aquifère d'eau douce - Wastewater reuse : réutilisation des eaux usées épurées - Groundwater level : niveaux des eaux souterraines.

## 3. LES SOLS ET LES NAPPES DE LA BASSE PLAINES DE L'AUDE SONT-ILS SALÉS ? AVEC QUELLE INTENSITÉ ?

La salinité est représentée sous forme cartographique pour les sols aux profondeurs 0-40 cm et 80-120 cm (plus de 300 points de prélèvement et 1300 échantillons) et les eaux de nappes du Quaternaire (plus de 100 points mesurés).

Les cartes montrent que les sols de la basse-plaine échantillonnés (périmètre du projet hors zone de la Clape d'altitude supérieure à 20 m) sont globalement exposés à la salinité : 60 à 70 % de la zone montre des conductivités électriques\* supérieures à 4 mS/cm (sur équivalents d'extraits de pâtes saturées). L'analyse géostatistique indique que la salinité n'est pas aléatoirement répartie dans la zone mais spatialement structurée : des tâches plus sa-

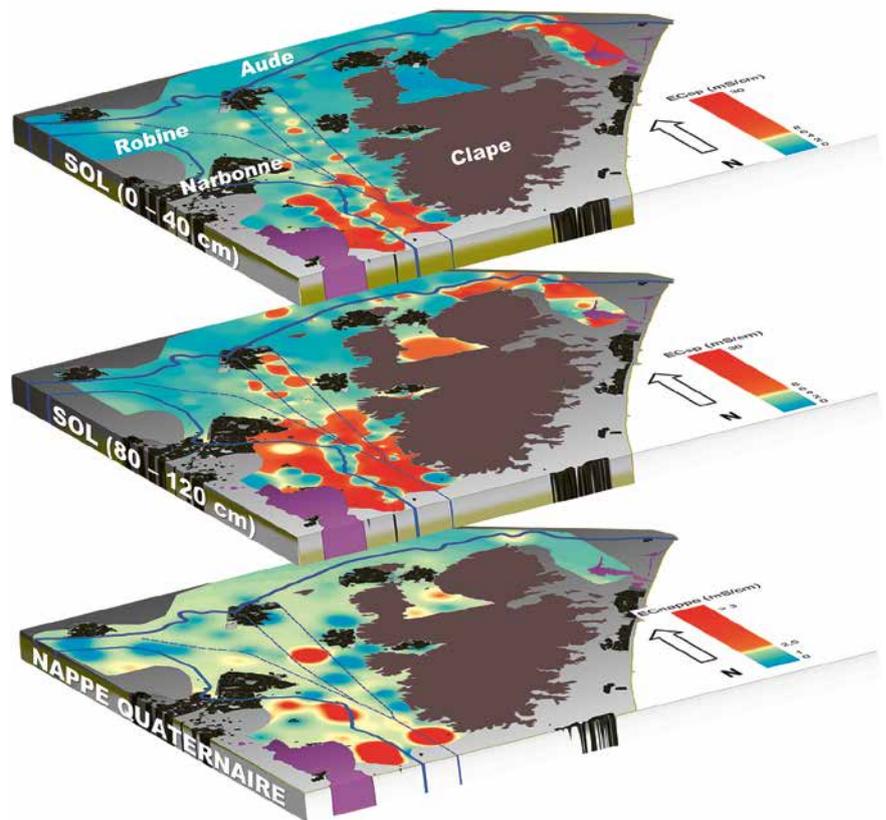
lées apparaissent autour des actuels et anciens étangs (et dans une moindre mesure en bordure des grands canaux de drainage) alors que les abords du canal de la Robine apparaissent moins salés.

Les cartes de conductivité électrique des eaux de nappe révèlent quant à elles la présence de 3 secteurs salés (salinité des eaux supérieure à 2 g/l de sel) : vers Armissan - Vinassan (lieu-

dit ancien étang salé), au sud de Narbonne (lieu-dit du Cercle) et en bordure de l'actuel étang de Bages-Sigean. Sur le reste de la plaine, les salinités au sein de la nappe restent limitées (inférieures à 2 g/l de sel). La comparaison des cartes à partir des campagnes de mesures effectuées en été et en hiver montre qu'il y a **peu de variations saisonnières**.

Par ailleurs, la comparaison **sur la partie Nord** de la zone d'étude avec les données plus anciennes (Cambon, 1963) montre sur ce secteur une relative **stabilité de la salinité au sein de la nappe au cours des soixante dernières années**.

→  
Salinité des sols (entre 0 et 40 cm et entre 80 et 120 cm) et des eaux souterraines.



## 4. QUELLES SONT LES ORIGINES DU SEL ?

*Les eaux souterraines des secteurs où les sols sont les plus salés résultent d'un mélange entre une eau douce et une eau sur-salée ancienne.*

Les analyses géochimiques réalisées sur les eaux prélevées sur une douzaine d'ouvrages répartis sur la zone d'étude, montrent que les **eaux souterraines des secteurs où les sols sont les plus salés** (secteur Castelou, Capitoul, Grand-Vignes et Cercle) **résultent d'un mélange entre une eau douce** issue de la recharge de la nappe (précipitation, inondation de l'Aude et percolation des eaux agricoles) **et une eau sur-salée ancienne**. Cette eau sur-salée a pour origine une eau de mer concentrée d'un facteur 3 à 5 suite à une évaporation.

Les cartes de localisation des anciens étangs du Moyen-Age établies par le laboratoire d'archéologie de l'université Montpellier 3 (J. Cavero et C. Sanchez, 2011) dans le cadre du Projet Collectif de Recherche sur les ports antiques de Narbonne financé par l'État, la région Occitanie et les villes de Narbonne et Gruissan, convergent avec l'interprétation

des analyses géochimiques. Les eaux saumâtres échantillonnées sur le territoire sont localisées sur le secteur de ces anciens étangs exploités sous forme de salins. En dehors de ces zones, les eaux échantillonnées sont peu salées.

**Les fortes salinités sur la Plaine de la Narbonnaise sont donc en grande partie héritée (notamment des salines du Moyen-Age), et non pas issues d'une intrusion saline en cours sur le territoire.**

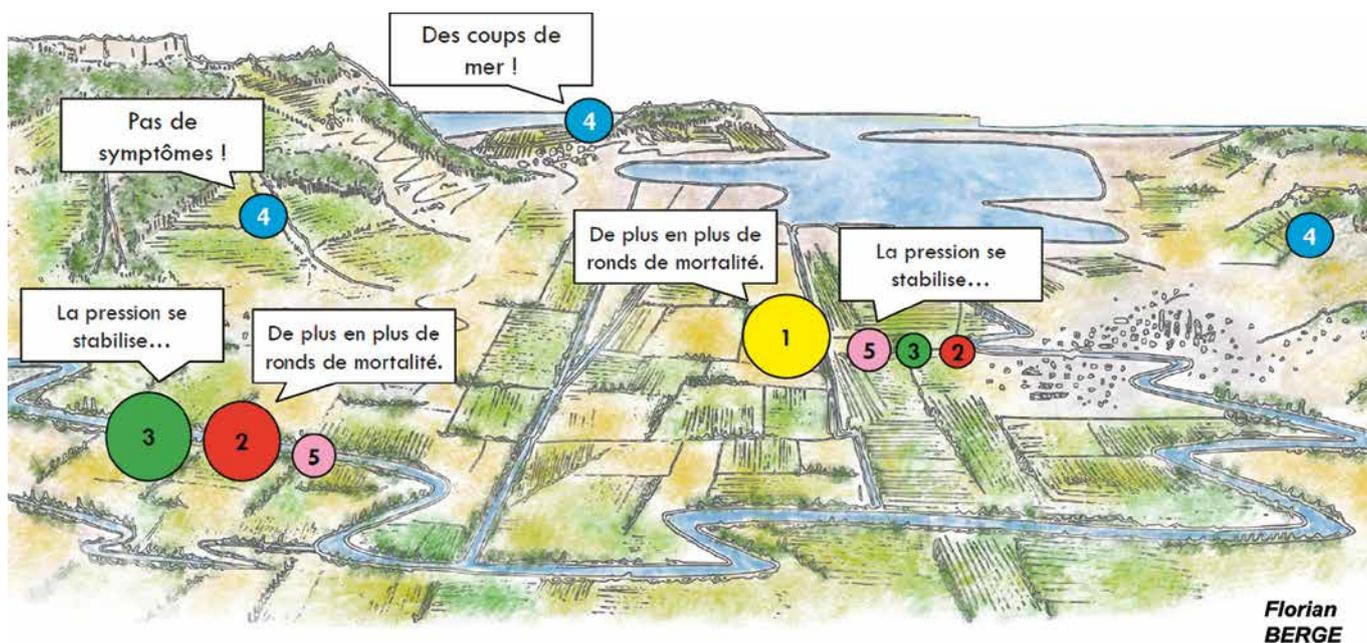
**Toutefois, la zone en bordure des étangs côtiers au Sud de la Plaine** (Bages-Sigean, Campagnol, Ayrolle, Gruissan) **présente une forte vulnérabilité à la salinisation, du fait de l'augmentation du niveau de la mer associée à un déficit de gestion hydraulique**. Ce point particulier des secteurs localisés à proximité des étangs sera présenté par la suite.

# 5. QUELS SONT LES IMPACTS DES PRATIQUES DE GESTION ACTUELLE ?

*Les pratiques de gestion de la salinité ont été investiguées au travers d'enquêtes auprès des viticulteurs de la zone d'étude et couplées à un recueil des perceptions sur ce phénomène.*

Les résultats montrent que les pratiques peuvent être classées en 5 types en fonctions de l'intensité des apports d'eau et de l'entretien du sol. En bordure de l'Aude, on trouve à la fois le type le plus « intensif » (en termes d'apport d'eau et de travail du sol) qui perçoit les dégâts liés à la salinité comme en augmentation et le type dit « économe » (dans le sens où il limite les apports d'eau) qui perçoit la pression saline comme stable. Le type de pratique intermédiaire se localise au centre la plaine et déclare une perception de mortalité en augmentation. Le type de pratique ayant recours à l'enherbement des parcelles n'est pas localisé dans un secteur particulier de la plaine et perçoit la pression saline comme stable.

Ces résultats soulignent une **diversité de pratique associée à des retours d'expérience différents**. Cette diversité constitue une richesse pour le territoire qui pourrait en tirer avantage dans le cadre d'une démarche prospective. **Dans la grande majorité, les pratiques de gestion comprennent une phase de submersion (hivernale, printanière et/ou pré-estivale)**. La partie suivante montre les résultats qui peuvent être associés à cette **pratique très consommatrice en eau**.



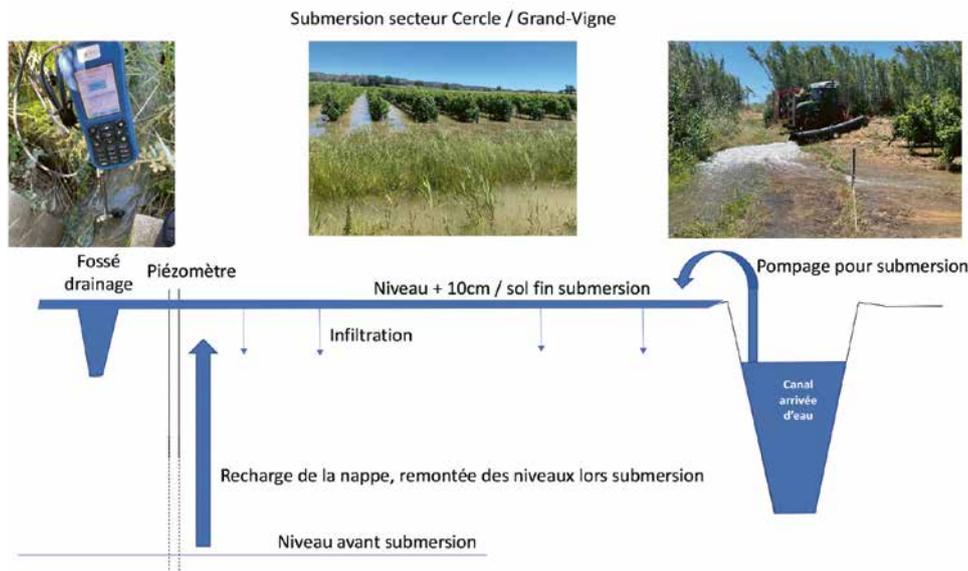
↑  
Types de pratiques et exemple de perception de la salinité dans la basse plaine.

- Type 1 : apports d'eau et travail du sol modérés
- Type 2 : apports d'eau et travail du sol important
- Type 3 : travail du sol modéré et limitation d'apport d'eau
- Type 4 : travail du sol modéré et pas d'accès à l'eau
- Type 5 : enherbement et apport d'eau modéré

# 6. QUEL EST L'EFFET DES PRATIQUES DE SUBMERSION SUR LA SALINITÉ ?

L'effet des submersions a été étudié à partir de mesures sur les sols (0-1,2 m) et les eaux souterraines (1,5 à 8 m de profondeur) sur 2 parcelles expérimentales aux lieux-dits du Cercle et de Grand-Vignes, avec des caractéristiques différentes.

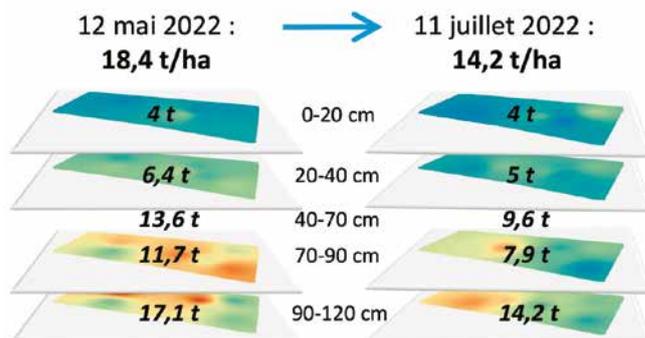
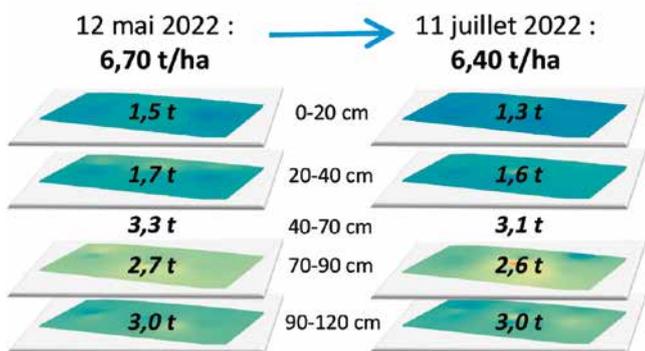
→ Exemple de pratique locale de submersion (l'eau est ici pompée dans un canal connecté à la Robine à l'aide d'une pompe camarguaise, la fermeture des canaux adjacents à la parcelle entraîne la montée des eaux au-dessus de la surface du sol, l'ouverture des canaux entraîne un drainage intense des eaux de surface et contenu dans le 1<sup>er</sup> mètre de sol).



Pour la parcelle située dans le secteur du Cercle (superficie = 1,8 Ha), les sols sont peu salés et les eaux souterraines présentent une forte stratification allant d'eau saumâtre en profondeur à des eaux moins salées en remontant vers la surface. Les résultats du suivi de la submersion au printemps 2022 montrent une faible diminution de stock en sel dans le sol en cohérence avec les me-

sures dans les canaux adjacents à la parcelle de l'ordre de quelques centaines de kg de sel évacués. Cette valeur est à mettre en relation avec le stock de sel présent sur les premiers mètres du profil, évalués à plus de 50 Tonnes (T) entre 0 et 3 m de profondeur pour appréhender que le dessalement s'inscrit sur du temps long, sur plusieurs décennies.

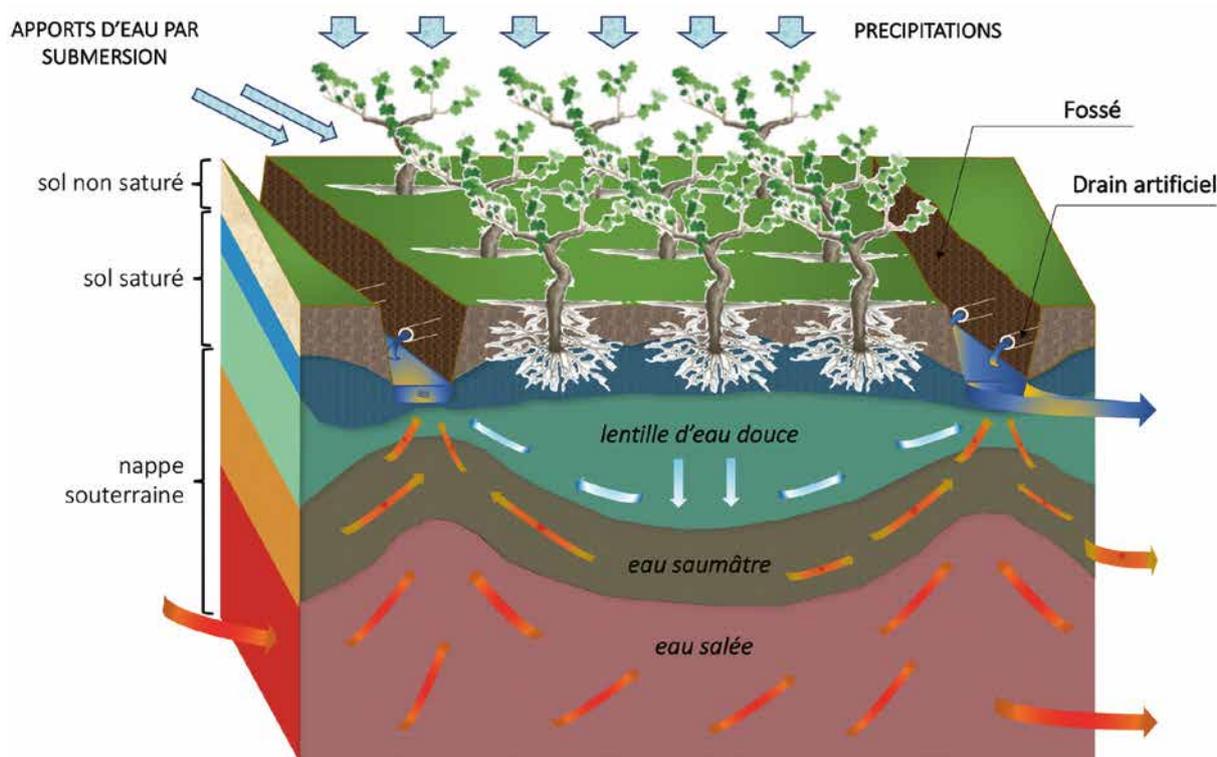
Effet de la submersion de mai 2022 sur la salinité des sols des parcelles expérimentales (les masses de sel sont données pour des strates de sol dont l'épaisseur est précisée, les couleurs reflètent le niveau de salinité appréhendé par la conductivité électrique des extraits de pâte saturée de sol).



Pour la parcelle située dans le secteur de Grand-Vignes (superficie 2,9 ha), les sols assez peu salés entre 0 et 20 cm ( $EC_{sp} = 2,5$  mS/cm) à salés en profondeur ( $EC_{sp} = 7$  mS/cm) et, comme pour la parcelle du Cercle, la salinité des eaux souterraines est stratifiée. La submersion entraîne un déstockage de sel du sol d'environ 4 T/ha entre 0 et 120 cm. Le déstockage entre 0 et 40 cm des sols est cohérent avec les mesures effectuées dans les canaux adjacents à la parcelle. Au-delà de cette profondeur le déstockage semble s'effectuer en profondeur. L'évolution de cette parcelle au cours du projet montre que les stocks en sel dans le sol se reconstituent pour tout ou partie en période estivale par remobilisation des sels plus profonds par capillarité. Ce constat converge avec le précédent sur la temporalité du dessalement des terres à envisager sur un temps long.

Les submersions, associées à un drainage efficient, sont ainsi efficaces pour le dessalement du territoire mais sur un temps long. En complément, cet apport d'eau douce important associé aux recharges naturelles (pluie, inondation de l'Aude), contribue à maintenir sur les secteurs salés une « lentille d'eau douce » en surface, qui empêche ou limite les remontées des eaux salées présentes en profondeur.

En profondeur, le stock de sel sur la zone des anciennes salines reste important.



↑  
Représentation schématique de la stratification de la salinité des eaux souterraines avec la présence d'une lentille d'eau douce proche de la surface.

L'apport d'eau douce via les pratiques agricoles et les recharges naturelles (crues de l'Aude, précipitations) contribue au dessalement progressif de l'ensemble de la plaine de la Narbonnaise. La mise en place des salines au moyen âge est à l'origine d'une salinisation encore perceptible sur ces secteurs. Il en résulte localement un stock de sel toujours important, en particulier en profondeur.

Les apports d'eau douce conséquents ont permis le développement et le maintien d'une lentille d'eau douce qui empêche ou limite la remobilisation de ce stock de sel profond.

Enfin, l'apport d'eau douce contribue à court terme à l'atténuation du stress hydrique (lequel est amplifié sur les secteurs salés) en période pré-estivale ou estivale.

# 7. QUELLES ÉVOLUTIONS PROBABLES OU QUELS IMPACTS DES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ATTENDUS ?

*Le bilan hydrogéologique actuel de la nappe souterraine, relatif aux flux souterrains, est aujourd'hui à l'équilibre.*

Le bilan hydrogéologique actuel de la nappe souterraine, relatif aux flux souterrains, est aujourd'hui à l'équilibre avec environ 12 Mm<sup>3</sup>/an qui entrent dans le système et autant qui en sortent (les différents flux calculés présentant des incertitudes, les valeurs proposées sont à prendre comme ordre de grandeur). La nappe est essentiellement rechargée par les apports des massifs en bordure (Clape et Corbières) et les précipitations sur la Plaine. Les deux sorties du système souterrain sont les prélèvements pour l'adduction en eau potable (AEP > 6 Mm<sup>3</sup>/an) et la décharge vers les étangs (> 5 Mm<sup>3</sup>/an).

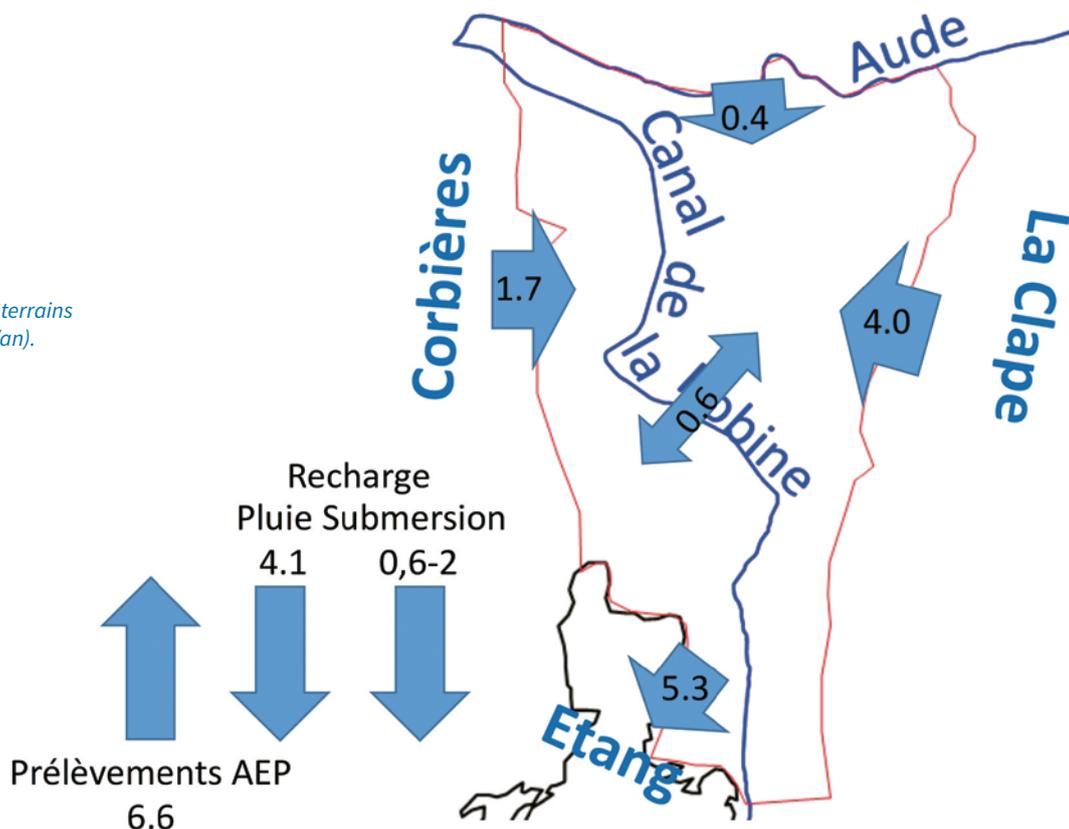
D'après les scénarios du GIEC, une augmentation de 2°C est à prévoir sur le secteur à horizon 2050 (par rapport aux moyennes de 1976-2005). **Dans ce contexte de changement climatique, une diminution de la recharge de la nappe de 15 à 20 % est attendue.** Elle impliquera aussi une diminution des flux d'eau douce souterrain se diffusant vers les étangs. Sur l'ensemble de la Plaine, la réduction de la recharge **risque de réduire la lentille d'eau douce** précédemment définie, ce qui pourra à terme engendrer une **remobilisation du sel en profondeur vers la surface**, responsable d'une salinisation des sols.

Par ailleurs, **l'augmentation des températures** entraînant un risque d'augmentation de l'évapotranspiration de référence, **va accroître le stress hydrique subi par la végétation**, stress qui est rappelons-le, **amplifié sur les secteurs salés.**

Ce projet a permis, en outre d'établir ces flux souterrains, d'actualiser la somme des flux de surface. L'ensemble des flux sera soumis à des évolutions en conditions de changement global. Cette actualisation fournit donc un état des lieux qu'il conviendra de mobiliser pour les projections futures.

Enfin, une élévation du niveau de la mer est envisagée (+ 40 cm sur l'horizon 2030-2050), le secteur proche des étangs est ainsi très vulnérable à la salinisation. C'est donc bien ce secteur qui sera le plus impacté par le changement climatique.

→  
Bilan des flux souterrains  
(en Million de m<sup>3</sup>/an).



## 8. QUELLES NOUVELLES TRAJECTOIRES PEUT-ON IMAGINER COLLECTIVEMENT ET COMMENT ?

*Les risques de déséquilibre imposent d'engager une prospective pluri-thématique (eau, sol, espaces agricoles et naturels) dans un contexte de raréfaction de la ressource en eau provenant de l'Aude (notamment en condition d'étéage). L'objectif est de rechercher les adaptations permettant de préserver les ressources en eau, en sol, la biodiversité et la production agricole.*

Cette prospective doit se fonder sur un état des lieux, des constats partagés et des outils aidant à se projeter. Le projet a permis d'établir un diagnostic fourni sur les eaux et les sols comme sur les pratiques actuelles. Il a également permis de préfigurer des outils de simulation à l'échelle de parcelle (ou d'îlots de parcelles) permettant d'évaluer (i) les liens entre pratiques de submersion et salinité des eaux et des sols et (ii) la réponse des plantes au stress hydrique et salin pour différents scénarios de climat et de pratique.

Néanmoins, cette prospective doit s'accompagner d'essais et de mesures sur le terrain ciblés à partir des résultats du diagnostic et de mesures sur le terrain permettant de suivre l'évolution du système de la basse-plaine

Des « champs du possible » ont commencé à être dessinés par l'ensemble des partenaires du projet et concernent 4 axes principaux à combiner :

1. la modulation de la répartition spatiale des apports d'eau,
2. la modulation des apports d'eau dans le temps (incluant la prise en compte des crues de l'Aude),
3. l'adaptation des apports d'eau aux besoins des plantes,
4. l'adaptation des usages des terres et des occupations du sol.

La salinité révèle et amplifie les risques connus liés au changement climatique. La gestion de ces risques, suivant une logique collective et prospective peut constituer des opportunités pour le territoire d'étude. Les futurs axes de travail concernent la place et le rôle des écosystèmes gérés, la restauration de la qualité des sols, la gestion des crues de l'Aude, les zones humides, l'analyse de l'efficacité des pratiques de submersions, des orientations de la production agricole aux échelles de la parcelle et du territoire de la basse-plaine.

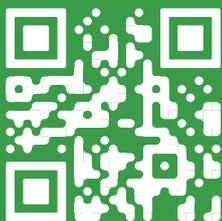




## Rédaction et réalisation (texte et illustrations) :

François COLIN (Institut Agro Montpellier)  
Perrine FLEURY (Bureau de Recherches  
Géologiques et Minières - Montpellier)  
Éric VOQUE (Parc naturel régional de la  
Narbonnaise en Méditerranée).

L'ensemble des résultats est consigné dans  
le rapport final du projet (rapport BRGM/  
RP-72118-FR), téléchargeable sur le site  
Infoterre :



## Glossaire :

**Eau oligohaline** : eau très légèrement  
salée, dont la salinité est comprise entre  
0,5 et 5 g/l.

**Eau mésohaline** : eau faiblement à  
moyennement salée, dont la salinité est  
comprise entre 5 et 16 g/l

**Eau polyhaline** : eau moyennement salée,  
mais plus douce que l'eau de mer, dont  
la salinité est comprise entre 16 (eau  
saumâtre) et 30 (eau de mer) g/l.

**Conductivité électrique d'une solution** :  
mesure qui dépend de la concentration  
des sels dissous en solution. Dans les eaux  
douces, elle est faible et augmente avec le  
mélange avec les eaux salées.

**Salinité des sols** : dans un échantillon  
de sol, pour un stock de sel donné, la  
concentration en sel dissous varie avec la  
teneur en eau. La méthode de référence  
pour estimer le stock en sel de la solution  
de sol est la mesure sur extrait de pâte  
saturée (elle consiste à ajouter de l'eau  
deminéralisée à l'échantillon de sol  
jusqu'à saturation de l'espace poral). Cette  
méthode est toutefois lourde et nécessite  
une expertise particulière qui peut  
induire un « effet opérateur ». Dès lors, la  
mesure sur extrait à l'eau déminéralisée  
apparaît plus simple et reproductible  
entre plusieurs opérateurs (elle consiste à  
mélanger une masse de sol dans 5 fois sa  
masse d'eau). De nombreux travaux ont  
montré que les relations entre conductivité  
électrique sur extrait de pâte saturée et  
sur extrait à l'eau sont de bonne qualité  
et linéaires pour un contexte pédologique  
donné et une large gamme de valeurs.  
Un sol est considéré comme salé si la  
conductivité électrique de l'extrait de pâte  
saturée est supérieure à 4 mS/cm (soit  
environ 2,15 g/l).

## Références bibliographiques :

- Bless 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](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.083)
- Cambon, J-P., 1963. Contribution à  
l'étude hydrogéologique de la Basse  
vallée de l'Aude (secteur Nord). *Thèse  
3<sup>ème</sup> cycle*. 77p.
- Caverro, J., 2010. Paléogéographie  
des étang narbonnais d'après les  
sources cartographiques anciennes.  
*Géocarrefour*, vol 85/1.
- 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](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.177)
- Salel, T., 2018. Dynamique des  
environnements fluvio-lagunaires du  
Narbonnais à l'Holocène. *Thèse de  
doctorat de l'Université Paul Valéry  
Montpellier 3*, 257 p.

# Programme d'étude et recherche

# S.A.L.I.N.

SALINISATION DES AQUIFÈRES  
ET DES SOLS LITTORAUX  
DE LA NARBONNAISE  
2019 • 2022

## Programme porté par



## Co-financeurs



## Partenaires techniques



PARC NATUREL RÉGIONAL DE LA NARBONNAISE EN MÉDITERRANÉE  
1 rue Jean Cocteau - 11 130 Sigean • T. 04 68 42 23 70 • [www.parc-naturel-narbonnaise.fr](http://www.parc-naturel-narbonnaise.fr)

