



Gestion du site des ETANGS ET MARAIS DES SALINS DE CAMARGUE

*Bilan des activités de la TOUR DU VALAT
Année 2022*



en partenariat avec :



**Conservatoire
du littoral**



**Parc
naturel
régional
de Camargue**



ARLES
PATRIMOIRE MONDIAL DE L'HUMANITÉ

REPUBLIQUE FRANCAISE
VILLE
DES
SAINTES MARIES DE LA MER



Gestion du site des Etangs et marais des salins de Camargue

Bilan des activités de la Tour du Valat - Année 2022

Partenaires financiers :



Photo de couverture : Rassemblement de bécasseaux variables et sternes caugeks sur le lido de l'étang de Beauduc, août 2022. Photo : M. Thibault / *Tour du Valat*

ETANGS ET MARAIS DES SALINS DE CAMARGUE
BILAN DES ACTIVITES REALISEES PAR LA TOUR DU VALAT - ANNEE 2022

Ont participé à la rédaction de ce rapport d'activité :

Faits marquants de l'année 2022, renouvellement du plan de gestion : Marc Thibault

Surveillance et gestion du site : Antoine Arnaud, Anthony Olivier, Marc Thibault

Etudes et suivis des paramètres du milieu : Emilie Luna-Laurent, Marc Thibault

Flore & faune invertébrée : Clara Bettoni, Hugo Fontes, Marc Thibault

Faune vertébrée : Antoine Arnaud, Thomas Dagonet, Anthony Olivier, Marc Thibault

Usages, Accueil du public, Sensibilisation, Gouvernance : Marc Thibault

Projets et Programmes : Olivier Boutron, Brigitte Poulin, Marc Thibault

Le personnel de la *Tour du Valat* ayant participé aux activités qui se sont déroulées sur le site des Etangs et marais des salins de Camargue en 2022 comprenait :

AMBROSIO DE LA IGLESIA Raquel : Suivis hydrologiques
ARNAUD Antoine : Surveillance et gestion, suivis ornithologiques, élaboration du plan de gestion
BECHET Arnaud : Suivis ornithologiques
BLANCHON Thomas : Suivis ornithologiques
BOUTRON Olivier : Suivis hydrologiques, projet « REST-COAST », élaboration du plan de gestion
CAIRELLO Cédric : Aménagements d'infrastructures
CASTELLANI Frédéric : Aménagements d'infrastructures
CHOCKIER Nathalie : Communication
COHEZ Damien : Elaboration du plan de gestion
CONTOURNET Pascal : Suivi macrofaune benthique
DAGONET Thomas : Suivis ornithologiques
ERNOUL Lisa : Montage et gestion de projets, communication
FONTES Hugo : Suivi de la végétation aquatique (projet « REST-COAST »), élaboration du plan de gestion
GAZAIX Antoine : Elaboration du plan de gestion
HERMELOUP Coralie : Communication
HILAIRE Samuel : Suivi de la macrofaune benthique, inventaires faunistiques
JALBERT Jean : Direction, communication, élaboration du plan de gestion
KAYSER Yves : Suivis ornithologiques
LEFEBVRE Gaëtan : Suivi de la macrofaune benthique
LUNA-LAURENT Emilie : Suivis hydrologique et climatique, projet « REST-COAST », partenariat *WWF-France*, élaboration du plan de gestion, animation scientifique
MICHELIER Yannick : Aménagements d'infrastructures
OLIVIER Anthony : Garderie, inventaires vertébrés, élaboration du plan de gestion
POULIN Brigitte : Coordination, communication, partenariat *WWF-France*
PUIGSERVER Cécile (doctorante) : Projet « REST-COAST »
THIBAUT Marc : Coordination, gestion, inventaires et suivis faune flore, communication et animation, projet « REST-COAST », partenariat *WWF-France*
WILLM Loïc : SIG, projet « REST-COAST », élaboration du plan de gestion

ainsi que toute l'équipe en charge de la gestion administrative et financière : BONFILS Nicole, BRAVAIS Jean-Claude, EL BACHIR Kamel, PIC Jean-Claude, ZINOUNI Sanae

En 2022, deux étudiantes ont été accueillies pour leur stage sur les Etangs et marais des salins de Camargue :

BETTONI Clara, Master 2 Gestion de l'Environnement, parcours Gestion des Milieux Aquatiques, Restauration et Conservation, de l'Université de Lorraine. Son stage s'inscrivait dans le cadre du projet « REST-COAST » et portait sur le suivi de la macrofaune benthique des milieux lagunaires.

ANGLERAUD Roxane, Master 2 Géographie Aménagement Environnement et Développement, Parcours Coastal Management and Vulnerabilities, de l'Université Aix-Marseille. Son stage portait sur l'étude de l'évolution géomorphologique de dépôts d'overwash sur le littoral de Véran, dans le cadre du projet « REST-COAST ».

...et tous les membres du personnel de la *Tour du Valat*, les personnes invitées, bénévoles, services civiques, volontaires européens et stagiaires, non mentionnés précédemment et ayant participé à nos activités sur le site :

ANGLERAUD Roxane, BACH Mathilde, BAUDRIN Mathis, BENAICHE Lucas, BILLE Raphaël, DJOULDEM Yannis, GEORGET Nicolas, GUELMAMI Anis, HADDEN Carolina, JARIOD Fanny, LAMBRET Philippe, LOUVET Aurélien, PEPIN Baptiste, PINEAU Olivier, SCHMALE Karsten, SUARD Chloé, TRAISNEL Alice, VERBRUGGHE Klervi.

Personnel du Parc naturel régional de Camargue ayant participé aux activités coordonnées par la Tour du Valat :

CEYTE Sylvain : inventaires faune, suivi ornithologique, aménagements pour l'avifaune, surveillance *Lestes macrostigma*

DEGEZ Marie-Lou : suivi ornithologique

HUCBOURG Maxime : suivi ornithologique

RIGAUD Patrick : aménagements pour l'avifaune

SCHAEFFER Lucie : inventaires faune aquatique

Autres structures ayant participé aux activités mises en oeuvre sur le site :

CONSERVATOIRE D'ESPACES NATURELS PACA : BENCE Stéphane, RICHAUD Sonia, MORRA Thibault (inventaires entomologiques)

OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITE : BIRARD Julien, DEFOS DU RAU Pierre (suivi ornithologique), CARENTON Nicolas (suivi macrofaune benthique)

SORBONNE UNIVERSITE / MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE : RABET Nicolas (inventaires crustacés)

Sommaire

FICHE DE PRESENTATION DU SITE	8
FAITS MARQUANTS DE L'ANNEE 2022.....	10
SYNTHESE DES ACTIVITES REALISEES PAR LA TOUR DU VALAT EN 2022.....	11
1. RENOUVELLEMENT DU PLAN DE GESTION DES EMSC.....	11
2. SURVEILLANCE ET GESTION DU SITE	13
2.1 Police de la nature et de la chasse	13
2.2 Surveillance et gestion de la colonie de flamants roses	13
2.3 Programme de travaux hydrauliques.....	18
3. ETUDES ET SUIVIS DES PARAMETRES DU MILIEU	19
3.1 Climatologie	19
3.2 Suivi des niveaux d'eau et des salinités	21
3.3 Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau des anciens salins.....	23
4. SUIVIS, ETUDES ET INVENTAIRES HABITATS NATURELS, FLORE ET FAUNE.....	26
4.1 Suivi de la végétation aquatique des anciens salins	26
4.2 Inventaire des Mollusques et Cnidaires.....	33
4.3 Inventaire des Crustacés	33
4.4 Suivi de la macrofaune benthique des anciens salins	34
4.5 Inventaire et suivi de l'entomofaune	51
4.6 Reptiles.....	52
4.7 Avifaune	53
4.8 Mammifères	60
5. SUIVI DES USAGES	61
5.1 Chasse	61
5.2 Convention d'occupation du Fangassier par la Compagnie des Salins du Midi.....	61
6. ACCUEIL DU PUBLIC, SENSIBILISATION, FORMATION & COMMUNICATION	62
6.1 Conférences, colloques et ateliers	62
6.2 Visites de site.....	62
6.3 Formations et accueil de chercheurs et étudiants.....	63
6.4 Participation aux réseaux et groupes de travail.....	64
6.5 Publications.....	65
7. GOUVERNANCE DE LA GESTION	66
8. PROJETS ET PROGRAMMES.....	67
8.1 Projet européen REST-COAST	67
8.2 Convention de partenariat avec le WWF-France.....	70
8.3 Projet ADNe / VIGIE-LIFE	71
8.4 Projet d'étude sur les pollinisateurs sauvages des EMSC	71
PREVISIONNEL 2022	72

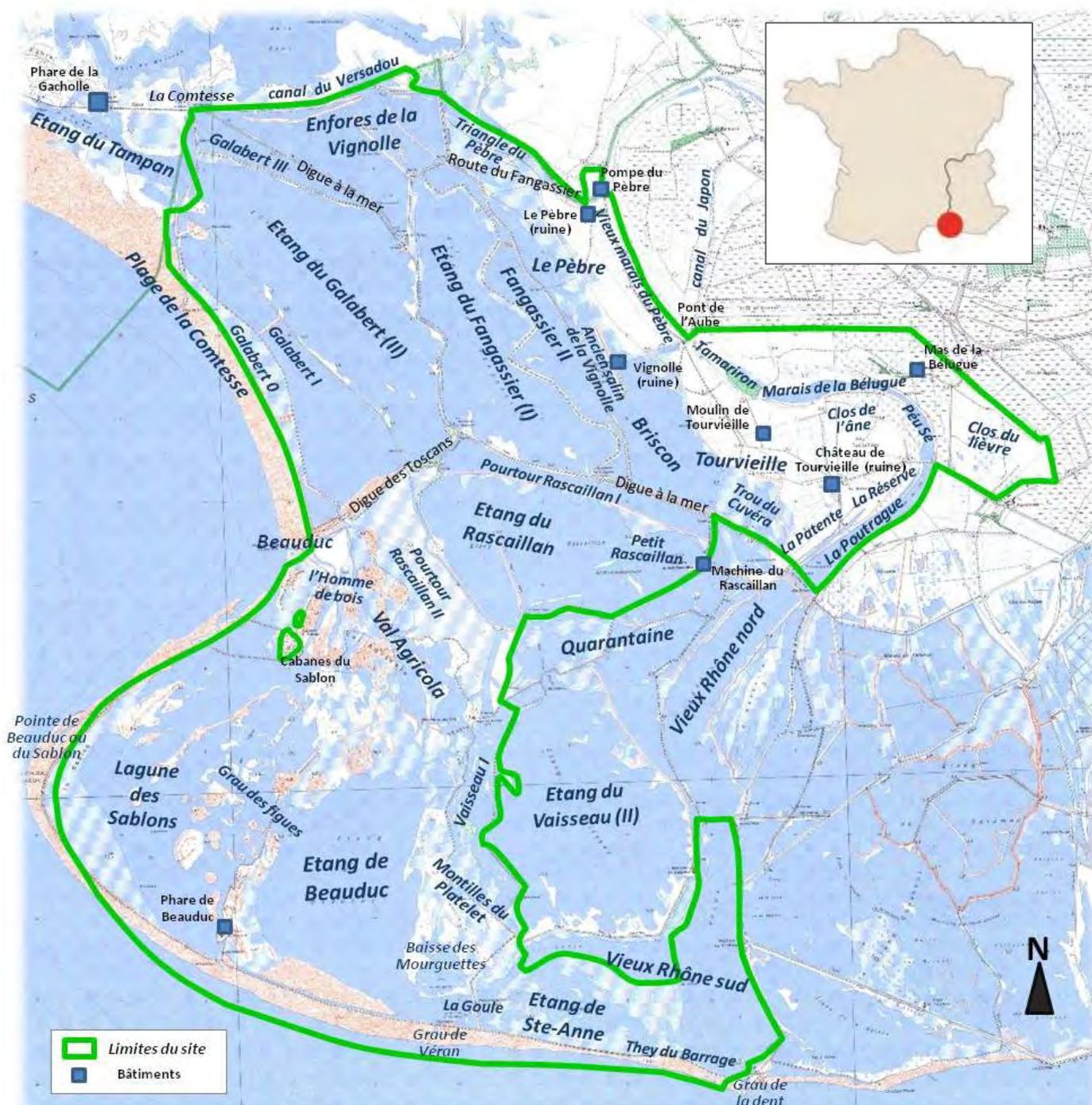


Figure 1 : Localisation, limites et toponymie des Etangs et marais des salins de Camargue (fond IGN scan 25).

Fiche de présentation du site

Communes	Arles, village de Salin-de-Giraud et Les Saintes-Maries-de-la-Mer
Superficie totale	6584 ha
Années d'acquisition	2008-2012 (4 actes de vente successifs)
Gestionnaires	<i>Parc naturel régional de Camargue (coordination), Tour du Valat & Société Nationale de Protection de la Nature – Réserve naturelle nationale de Camargue</i>
Descriptif sommaire du site	Le site est constitué pour partie (5400 ha) de lagunes, sansouires et milieux dunaires utilisés pour l'activité salicole de l'après-guerre jusqu'en 2009, et pour une autre partie (1100 ha environ) de milieux naturels et de marais situés à l'emplacement d'un ancien bras du Rhône. Le linéaire côtier totalise 17,5 km.
Bâties	Mas de la Belugue, moulin de Tourvieille, château de Tourvieille, ruines de la Vignolle et du Pèbre, pompe du Rascaillan, ancienne pompe du Galabert.
Patrimoine naturel	<p>23 habitats d'intérêt communautaire, dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lagunes côtières : 4184 ha - Sansouires annuelles et prés salé à annuelles : 171 ha - Sansouires pérennes : 805 ha - Bas marais dunaires : 74 ha - Dunes blanches et dunes mobiles embryonnaires : 44 ha - Dunes grises : 112 ha - Dunes boisées et pinèdes méditerranéennes : 24 ha - Prés salés et jonchaies : 205 ha - Steppes salées : 32 ha - Etangs à potamots : 24 ha - Marais à <i>Chara</i> : 7 ha - Mares temporaires : 3,2 ha - Pelouses xériques : 15 ha <p>541 espèces végétales recensées dont 30 protégées</p> <p>2036 espèces animales recensées, dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1363 espèces d'insectes - 320 espèces d'oiseaux (52 nicheuses régulières) - 83 espèces de poissons, 14 de reptiles, 5 d'amphibiens et 32 de mammifères <p>Site d'importance internationale pour 4 espèces d'oiseaux d'eau</p> <p>Un patrimoine reconnu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) types I & II - Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux en France (ZICO) - Site Natura 2000 au titre de la Directive Habitats, Faune, Flore - Zone de Protection Spéciale au titre de la Directive Oiseaux - Zone tampon de la Réserve de Biosphère Camargue - Site classé au titre de la convention de Ramsar (périmètre Ramsar – Camargue)
Activités conventionnées sur le site	<ul style="list-style-type: none"> - 1 élevage extensif de chevaux de race Camargue et de taureaux de race brave sur 1000 ha (en cours de conventionnement) - Activité cynégétique autorisée sur 4085 ha - 1 pêcheur professionnel et 2 prestataires de visites guidées conventionnés - convention de partenariat avec le Groupe Salins

Bref historique du site

Les Etangs et marais des salins de Camargue correspondent à la partie occidentale de l'exploitation du salin de Giraud créée en 1855. Celle-ci, fondée à proximité du Grand Rhône, s'est progressivement étendue vers l'ouest durant le XX^{ème} siècle, pour atteindre la pointe de Beauduc à la fin des années 60.

C'est durant ces années que la *Compagnie des salins du Midi* entreprend de grands travaux d'aménagements (nivellements, endiguements, créations d'ouvrages hydrauliques, électrification) visant à transformer en surfaces évaporatoires, les sansouires, dunes et lagunes du Vaisseau, de Beauduc, de Rascaillan, du Galabert et du Fangassier. Alimentés à partir de la station de pompage de Beauduc, ces nouveaux partènements vont permettre à la *Compagnie des salins du Midi* de monter en puissance et de viser des productions annuelles d'un million de tonnes de sel de mer. Malgré leur intégration à l'exploitation salicole, ces espaces subiront des modifications moins profondes que ceux situés à proximité des surfaces saunantes, au sud du village de Salin-de-Giraud.

A partir des années 90, l'exploitation du salin de Giraud se trouve confrontée à plusieurs difficultés économiques liées à la volatilité du marché du sel, notamment en direction de la chimie. Plusieurs plans sociaux sont mis en œuvre et c'est à partir de celui de 2007, que la vente de terrains est envisagée dans ce cadre par la direction. Logiquement, ce sont les partènements les plus éloignés des surfaces saunantes (enfores de la Vignolle, Fangassier) mais aussi les plus emblématiques, qui sont acquis par le *Conservatoire du littoral* en 2008. Puis c'est dans le cadre d'un accord global conclu entre l'Etat et la *Compagnie des salins* en 2009, que sera engagée la vente au *Conservatoire* de la plus grande partie des surfaces évaporatoires situées à l'ouest du Vieux Rhône. Pour une majorité de ces espaces naturels aujourd'hui protégés, la parenthèse salicole n'aura pas dépassé 50 ans.

Acquisition et grands objectifs de gestion

Dans le cadre de plusieurs actes de vente signés entre 2008 et 2012, le *Conservatoire du littoral* s'est rendu propriétaire de vastes ensembles naturels en Camargue, sur les communes d'Arles (secteur de Salin-de-Giraud) et des Saintes-Maries-de-la-Mer, pour une superficie représentant 6527 ha depuis décembre 2012. La gestion de ces nouvelles acquisitions a été confiée par convention au *Parc Naturel Régional de Camargue*, qui assure une mission de gestionnaire coordinateur dans le cadre d'une co-gestion partenariale associant la *Société Nationale de Protection de la Nature* et la *Tour du Valat*.

En conformité avec les objectifs fixés sur les propriétés du *Conservatoire du littoral* par l'article L. 322-1 du code de l'environnement (sauvegarde de l'espace littoral et respect du site naturel et de l'équilibre écologique), cette convention de co-gestion fixe les grands objectifs de gestion suivants :

- **le rétablissement d'un fonctionnement hydrologique plus naturel** qui passerait notamment par la reconnexion avec les hydrosystèmes alentours (Vaccarès, mer, Canal du Japon).
- **la reconstitution des écosystèmes littoraux** caractéristiques des lagunes littorales méditerranéennes et des fronts de mer sableux (dunes grises, steppes salées, pelouses).
- **le maintien ou l'augmentation de la capacité d'accueil des oiseaux d'eau coloniaux.**
- **la mise en œuvre d'une gestion adaptative à l'élévation du niveau de la mer**, notamment au travers d'un retrait maîtrisé et progressif du trait de côte dans les secteurs soumis à l'érosion.
- **l'intégration des problématiques économiques locales**, notamment la situation du village de Salin-de-Giraud, en veillant à offrir des possibilités de découverte et de diversification économique douces et respectueuses des objectifs du *Conservatoire* et des autres partenaires de la gestion.

FAITS MARQUANTS DE L'ANNEE 2022

CONSERVATION ET GESTION DU SITE

- Année à nouveau marquée par un important déficit hydrique, avec seulement 306 mm de précipitations enregistrés à la station *Météo-France* de la Tour du Valat, soit presque moitié moins par rapport à la moyenne des cumuls de précipitation enregistrés depuis 1944.
- Installation d'une colonie nicheuse de laro-limicoles coloniaux, avec un faible succès de reproduction pour la plupart des espèces.
- Découverte de cortèges remarquables de crustacés inféodés aux mares temporaires et aux lagunes temporaires.
- Mise en œuvre d'un programme de travaux hydrauliques dans le cadre du dispositif France Relance.

ETUDES & SUIVIS

- Poursuite des suivis avifaunistiques et renouvellement des suivis portant sur la végétation aquatique et la macrofaune benthique des lagunes des anciens salins.
- Poursuite de l'étude des processus hydro-sédimentaires sur le lido de l'étang de Beauduc, dans le cadre d'une thèse de Doctorat.

AMENAGEMENT ET ENTRETIEN DU SITE

- Démarrage du programme de travaux de restauration du mas de la Belugue (sous maîtrise d'ouvrage du *Conservatoire du littoral*).

COMMUNICATION & SENSIBILISATION

- Conférences, colloques, ateliers, formations, accueil de groupes sur site, ont concerné près de 500 personnes.
- Valorisation de la renaturation des anciens salins dans une formation internationale sur la restauration écologique des zones humides méditerranéennes.
- Valorisation du cas d'étude des anciens salins dans une brochure sur les Solutions Fondées sur la Nature publiée par l'*Union Internationale pour la Conservation de la Nature*.

GOVERNANCE & CONCERTATION

- Le nouveau plan de gestion (2023-2032) a été validé en comité de pilotage le 20 décembre 2022. 6 ateliers et réunions de groupes de travail et 4 comités de pilotage ont été organisés dans le cadre de l'élaboration de ce plan de gestion.

SYNTHESE DES ACTIVITES REALISEES PAR LA TOUR DU VALAT EN 2022

1. Renouvellement du plan de gestion des EMSC

Un groupement associant le *Parc naturel régional de Camargue*, la *Tour du Valat*, la *Société Nationale de Protection de la Nature / Réserve Naturelle Nationale de Camargue* et le *CPIE Rhône Pays d'Arles*, a obtenu l'attribution par le *Conservatoire du littoral*, du marché public pour l'élaboration du plan de gestion des Etangs et marais des salins de Camargue. Conformément au calendrier prévisionnel, le plan de gestion a été élaboré sur deux ans (2021-2022). Il comprenait un important volet de concertation avec les acteurs locaux. Tous les comptes-rendus de réunion et les documents produits sont consultables sur le site internet créé spécifiquement pour la concertation et la communication associée à l'élaboration du plan de gestion (<https://www.etangs-marais-salins-camargue.fr/concertation/>).

Le volet 1 du plan de gestion (Etat des lieux – diagnostic) élaboré tout au long de l'année 2021 a été restitué lors du second Comité de Pilotage qui s'est tenu le 11 janvier 2022 à Salin-de-Giraud. Ce Comité de Pilotage a également permis de restituer une synthèse des entretiens conduits par le *CPIE Rhône Pays d'Arles* auprès de 32 acteurs du territoire et 5 acteurs institutionnels.

L'année 2022 a été consacrée à l'élaboration du volet 2 du plan de gestion (définition des enjeux, orientations, objectifs et programme d'actions). La *Tour du Valat* a coordonné avec le *Parc de Camargue* la rédaction du document et effectué son assemblage. L'organisation de la concertation a été assurée par le *CPIE Rhône Pays d'Arles*.

Un atelier en plénière a été organisé le 3 mars 2022 au mas de la Belugue afin d'établir une liste partagée des enjeux du site avec les acteurs mobilisés dans la concertation. Deux réunions de groupes de travail ont été animées respectivement le 12 avril (Thème : valorisation) et le 19 avril (Thème : Eau et biodiversité).

Le troisième Comité de Pilotage a été organisé le 25 avril 2022 à Salin-de-Giraud et a permis de restituer le travail mené lors des précédents ateliers de concertation, présenter les éléments de cadrage et de portage politique à prendre en compte dans la définition des orientations du site, restituer une synthèse des enjeux et proposer des pistes d'orientations à long terme. Ce comité de pilotage a également été l'occasion de restituer une évaluation de la notice de gestion 2013-2016 et de sa mise en œuvre.

Une réunion de groupe de travail a ensuite été organisée le 3 mai sur le thème des usages et de la réglementation. Un atelier a été organisé le 16 mai 2022 afin de décliner les orientations à long terme en objectifs et actions concrètes. La participation des acteurs a permis de formuler une liste de 33 objectifs et 52 actions. Le 16 juin 2022, un nouvel atelier a été organisé afin d'approfondir le contenu d'une partie des actions du nouveau plan de gestion. Il a notamment permis d'identifier les actions jugées les plus pertinentes.

Le quatrième Comité de Pilotage organisé le 7 juillet 2022 a permis de restituer le travail mené lors des ateliers de concertation conduits d'avril à juin et présenter les orientations générales du plan nouveau plan de gestion ainsi qu'une proposition d'arborescence enjeux – orientations – objectifs du plan de gestion – fiches actions.

Le cinquième et dernier Comité de Pilotage s'est tenu le 20 décembre 2022. Il a permis de présenter le programme d'actions, effectuer un tour de table sur les fiches actions et présenter une synthèse des moyens financiers et humains nécessaires pour sa mise en œuvre.

Tableau 1 : Enjeux et objectifs à long terme définis pour le plan de gestion 2023-2032

Enjeu	Objectif à long terme
Milieux dunaires et plages	OLT1 Favoriser la naturalité du littoral sableux (systèmes dunaires et plages) et la protection des habitats et de la faune et la flore associés
Lagunes côtières et biodiversité et fonctions associées (anciens salins au sud de la digue à la mer)	OLT2 Favoriser le fonctionnement naturel, le bon état écologique et la richesse biologique des lagunes côtières situées au sud de la digue à la mer ainsi que les fonctions associées à ces écosystèmes (voie de migration pour la faune marine, nurserie pour les poissons, atténuation des phénomènes de submersion marine), en intégrant l'équilibre eau douce / eau salée, la gestion des risques inondations, les enjeux hydrologiques associés à l'hydrosystème Vaccarès et les autres enjeux périphériques aux EMSC
Sansouires et lagunes temporaires (anciens salins au nord de la digue à la mer)	OLT3 Restaurer les végétations à salicornes et les lagunes temporaires dans les anciens partènements Nord et préserver la faune associée
Oiseaux d'eau nicheurs	OLT4 Maintenir des conditions favorables aux oiseaux d'eau coloniaux nicheurs
Oiseaux d'eau migrateurs et hivernants (anciens salins et Belugue)	OLT5 Favoriser l'accueil des oiseaux d'eau migrateurs et hivernants
Milieu marin et faune marine	OLT6 Préserver le milieu marin et la faune associée sur les secteurs situés dans le parcellaire du Conservatoire du littoral
Mares temporaires méditerranéennes (clos du lièvre et la Belugue)	OLT7 Conserver les habitats de mares temporaires méditerranéennes et la faune et la flore associées
Pelouses, montilles, sansouires et prés salés (Clos du lièvre, la Belugue et le Pèbre)	OLT8 Conserver les mosaïques de pelouses, montilles, sansouires et prés salés et la faune et la flore associées
Marais permanents, marais temporaires, roselières, scirpaies (le Pèbre, la Belugue et Tourvieille)	OLT9 Conserver la diversité des habitats de zones humides d'eau douce ou faiblement saumâtres et la faune et la flore associées sur l'axe du Vieux Rhône et sa périphérie, en cohérence avec les cycles climatiques et en intégrant les enjeux liés à la gestion de la ressource en eau, aux émissions de gaz à effet de serre, à la démoustication, à l'élevage et à la chasse au gibier d'eau
Habitats et faune associés au réseau hydraulique de la Belugue (boisements, Cistude d'Europe, Anguille)	OLT10 Préserver et restaurer les habitats et les fonctions écologiques liés aux réseaux hydrauliques
Paysages naturels et semi-naturels	OLT11 Préserver les paysages
Cohérence fonctionnelle entre le site et le territoire	OLT12 Développer la cohérence fonctionnelle entre le site et le territoire
Patrimoine bâti	OLT13 Préserver et valoriser le patrimoine bâti historique ou utile à la gestion du site
Accueil du public et valorisation du site	OLT14 Développer une fréquentation compatible avec la capacité environnementale du site, en concertation avec les acteurs et usagers et en lien avec les initiatives portées sur le territoire
Usages et activité économiques	OLT15 Permettre la continuité et le développement d'usages et d'activités économiques compatibles avec la mission environnementale du site
Engagement des habitants et des usagers du territoire	OLT16 Favoriser l'implication des habitants et acteurs du territoire dans la gestion et la valorisation du site
Gestion technique, administrative et financière	OLT17 Garantir le bon fonctionnement de la gouvernance et de la gestion technique, administrative et financière
Connaissance du site et recherche scientifique	OLT18 Favoriser le développement des études et recherches scientifiques en écologie, environnement, économie et société

2. Surveillance et gestion du site

2.1 Police de la nature et de la chasse

La *Tour du Valat* a contribué ponctuellement aux activités de police de la nature et de la chasse via deux de ses agents, tous deux commissionnés garde du littoral et garde particulier du *Conservatoire du littoral* : Antoine Arnaud et Anthony Olivier. Un agent de la *Tour du Valat* a participé le 22 octobre 2022 à une opération conjointe de police de la chasse avec les gardes du *Parc de Camargue*. Cette opération n'a pas donné lieu à la constatation d'infractions.

Diverses infractions constatées par le personnel non assermenté de la *Tour du Valat* ont par ailleurs été suivies d'actions de sensibilisation (chiens non tenus en laisse) ou bien ont été signalées au *Parc* et dans certains cas au *Conservatoire du littoral* (circulation motorisée hors des pistes autorisées).

2.2 Surveillance et gestion de la colonie de flamants roses

2.2.1 Introduction

Dans les années 1960, les flamants ne s'étaient plus reproduits en Camargue pendant 10 ans, mettant en péril la conservation de l'espèce dans le bassin Méditerranéen. En réponse, un îlot de nidification avait été construit au Fangassier en 1970 par la *Compagnie des Salins du Midi* et la *Tour du Valat*. De 1974 à 2006 les flamants y ont niché chaque année, grâce à la sécurité que leur offraient des niveaux d'eau constants, la restauration régulière de l'îlot et la surveillance du site. Grâce à ces conditions optimales, une reproduction importante avait lieu chaque année, permettant à la population méditerranéenne de flamants de retrouver un niveau satisfaisant.

Suite au transfert de l'étang du Fangassier au *Conservatoire du littoral* en 2008, une gestion transitoire a été mise en place de 2009 à 2012. En 2009 et 2010, les *Salins du Midi* ont renouvelé la circulation de saumures dans le Fangassier en accord avec le *Conservatoire* et le *Parc de Camargue*. Les flamants ont continué à nicher sur le site. En 2011, le système d'électrification et les pompes furent démantelées par les *Salins du Midi* ; les pompages furent interrompus. Un ouvrage hydraulique fut créé pour alimenter le Fangassier par le canal de drainage du Versadou. Les niveaux d'eau sont maintenus et les flamants se reproduisent avec succès en 2011 et 2012, mais les analyses d'eau révèlent une contamination importante du canal du Versadou par les pesticides d'origine agricole et il est décidé de ne plus recourir à cette eau.

En 2014 des travaux hydrauliques sont réalisés pour permettre des apports d'eau gravitaires au Fangassier à partir de l'étang du Galabert (eau de mer) et du canal d'irrigation du Japon (eau douce). En 2015 est construit en bordure du Fangassier 1 un nouvel îlot d'une capacité d'accueil d'environ 10.000 couples.

De 2016 à 2019, les flamants tentent de s'installer au Fangassier mais la colonie est à chaque fois abandonnée en cours d'installation. Des prédatons répétées par un Grand-duc d'Europe ainsi que des survols d'avions à basse altitude en sont les principales causes identifiées, mais d'autres facteurs d'échec sont possibles.

En 2020 et 2021, il n'y a eu aucune tentative de reproduction des flamants au Fangassier, mais une colonie s'est installée au salin d'Aigues-Mortes.

Malgré l'absence de nidification réussie des flamants au Fangassier depuis 2015, la *Tour du Valat* maintient un suivi hebdomadaire pour documenter la présence/ absence des oiseaux, surveiller l'éventuelle installation d'une colonie, et nous mettons en place des mesures de gestion pour favoriser leur retour.

2.2.2 Gestion des niveaux d'eau et des salinités

Les précipitations de l'hiver 2021-2022 ayant été peu abondantes, le niveau de l'étang du Fangassier était relativement bas au début du printemps 2022. Une nouvelle convention établie entre le *Conservatoire du*

littoral, le *Parc de Camargue* et la *Compagnie des Salins du Midi*, prévoit que cette dernière met en œuvre la gestion des niveaux d'eau avec des objectifs de quotes minimales et maximales selon les périodes de l'année et la prise en compte des enjeux liés aux oiseaux nicheurs en cas d'installation de colonie. Il est notamment prévu d'avril à juin, le maintien d'une côte comprise entre 0,25m et 0,30m NGF. L'objectif est également de faire baisser la concentration en sel de l'eau du Fangassier, par plusieurs opérations de soutirage de l'eau effectuée de juillet à septembre.

En raison de difficultés techniques et notamment d'un retard de livraison de fournitures pour l'installation d'une nouvelle pompe, la *Compagnie des Salins du Midi* n'a pas pu au printemps 2022 maintenir une côte comprise entre 0,25m et 0,30m NGF dans le Fangassier telle que le prévoit la convention (cf. figure 2). Les *Salins du Midi* ont pu amener régulièrement de l'eau vers le Fangassier à partir de mi-juin jusqu'à début septembre 2022. Durant cette période il n'y a pas eu de soustraction d'eau du Fangassier, contrairement à la gestion en tiroir prévue dans la convention. Les soutirages durant l'été 2022 n'auraient de toute façon pas été possibles car le canal du Fangassier n'était pas encore curé. Un sous-tirage partiel a été effectué fin novembre – début décembre 2022 après curage du canal du Fangassier.

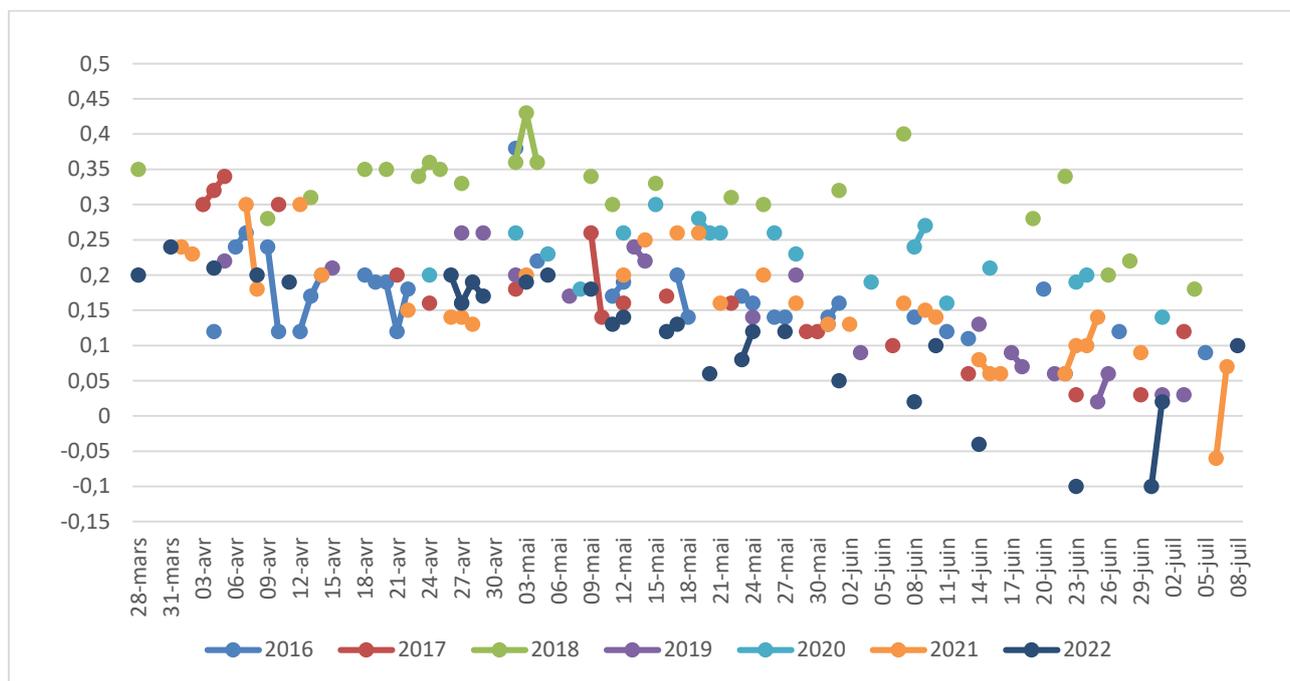


Figure 2 : Evolution du niveau d'eau en m NGF au Fangassier Sud, entre le 28 mars et le 08 juillet, de 2016 à 2022 (données *Parc de Camargue*). De début mai à fin juin 2022, les niveaux d'eau étaient globalement inférieurs aux années précédentes. Le niveau d'eau remonte à partir de début juillet 2022 suite à la mise en service d'une nouvelle pompe.

La salinité de l'étang est restée supérieure aux recommandations de gestion pendant toute la période de reproduction. En 2022, la salinité mesurée se tenait dans une gamme de 210-350g/l sur la période Avril-Juin. Ces fortes valeurs sont liées aux faibles précipitations, et à l'absence de mise en eau par des entrées marines en 2022.

En conséquence, le stock de sel n'a pas diminué en 2022 par rapport à 2021, mais une légère diminution du stock est perceptible en fin d'année 2022 en lien avec les vidanges opérées en fin d'année par la *Compagnie des Salins du Midi* (figure 3).

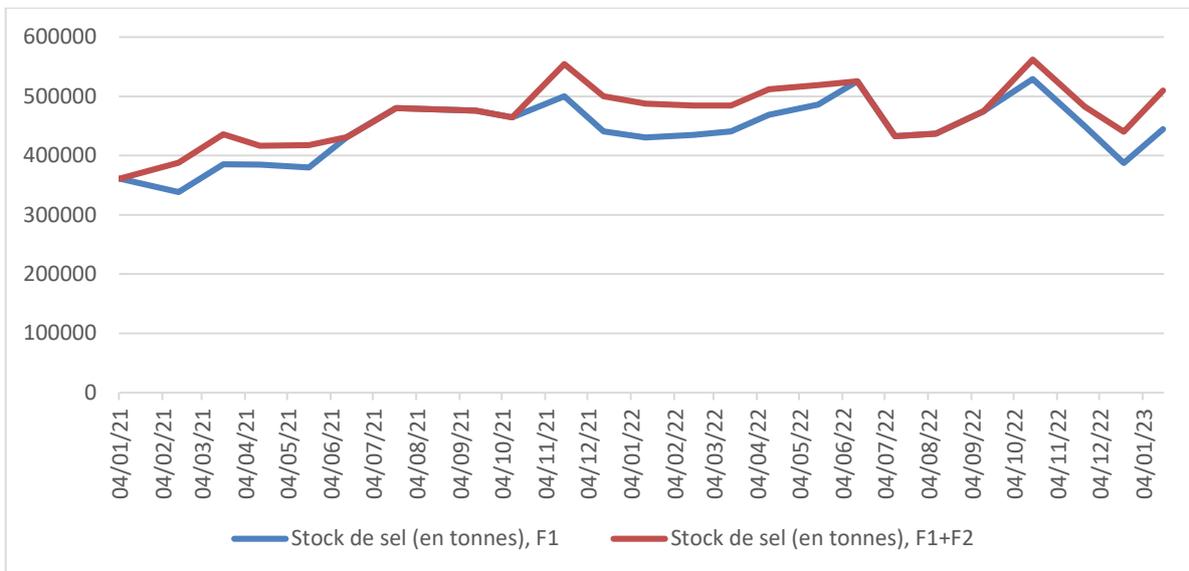


Figure 3 : Estimation de l'évolution du stock de sel dissous dans le Fangassier (sels totaux, en tonnes).
 F1 = Fangassier 1 ; F2 = Fangassier 1 et Fangassier 2

2.2.3 Suivi de la fréquentation du Fangassier par les flamants roses

Le site a été très peu visité par les flamants au printemps 2022, avec à peine quelques dizaines d'oiseaux présents autour de l'îlot et peu de parades. Aucune tentative de reproduction n'a été observée.

Une observation anecdotique le 4 octobre a montré l'attachement des flamants au site de l'ancien îlot. Ce jour-là, 400 oiseaux étaient présents dans l'étang dont 40 sur l'îlot, avec des comportements d'installation sur nid.



Le nouvel îlot au Fangassier le 04/10/2022 (© A. Arnaud / Tour du Valat).

2.2.4 Entretien des barrières

Les barrières en ganivelles installées sur la digue centrale préviennent des intrusions humaines aux abords de la colonie et contraignent l'accès aux sites pour les prédateurs terrestres (chiens, renards, sangliers). Elles sont efficaces lorsque le niveau d'eau du Fangassier est suffisamment élevé. Elles nécessitent un entretien annuel, qui a été effectué en 2022 par la Tour du Valat.



Barrière au nord du Fangassier en octobre 2022 (© A. Arnaud / Tour du Valat).

2.2.5 Dispositifs de dissuasion des prédateurs terrestres

Le dispositif expérimental de dissuasion des prédateurs terrestres mis en place sur le site en 2020 a de nouveau été installé cette année à partir de la fin du mois de mars. Celui-ci comprenait :

- Plusieurs boîtes sonores (*ultrasonic animal repeller*) conçues pour effrayer les prédateurs (figure 4). Ces dispositifs se déclenchent lorsqu'un mouvement est détecté à proximité, avec une portée estimée à moins de 4 mètres. Ils émettent différents sons et de la lumière avec pour but d'effrayer les prédateurs terrestres. Ils ont été positionnés suffisamment à distance des lieux habituels d'installation de colonies d'oiseaux d'eau pour éviter tout dérangement non intentionnel. Ces pièges fonctionnent et semblent dissuasifs, mais sont contournables par les renards.



Figure 4 : Modèle de boîte sonore *ultrasonic animal repeller* mis en place au Fangassier pour la dissuasion des prédateurs terrestres.

- Un produit olfactif répulsif vis-à-vis des renards (<https://foxrepellentexpert.com/scoot/>) a été répandu en plusieurs points (cf. figure 5). Ce produit olfactif est supposé dissuader les renards en simulant la présence d'un individu très compétitif. Il doit s'accompagner de la destruction des déjections de renards présentes sur le terrain, ce qui est assez délicat étant donné la superficie du site. Le produit se présente sous forme de poudre qu'il faut diluer et épandre régulièrement sur le site. Nous nous sommes efforcés de renouveler l'opération chaque semaine de fin mars à début mai.



Figure 5 : Points de dépose du répulsif olfactif visant à dissuader la présence de renards sur l'étang du Fangassier

2.2.6 Recherche d'indices de présence de prédateurs

Les pièges photos installés aux abords de la colonie n'ont pas montré de présence de renards ou de sangliers en 2022, mais les flamants n'occupaient pas les îlots de nidification et donc l'attractivité de l'étang du Fangassier était faible.

Le piège installé sur la tour d'observation des flamants a montré la présence très irrégulière d'un Faucon pèlerin, principalement la nuit. Cette espèce ne constitue pas une menace pour les flamants.

Les digues situées aux abords des îlots de nidification ont été prospectées en période de reproduction des flamants. Une pelote de réjection d'un Grand-duc d'Europe contenant les restes d'un Merle noir a été trouvée en février 2022. Un cadavre de Flamant adulte trouvé sur le site en mars présentait les caractéristiques d'un oiseau dépecé par un rapace et nous pouvons soupçonner cette année encore des attaques par le Grand-duc d'Europe. Il est à noter que des colonies d'aigrettes garzettes nichant au sol en périphérie des anciens salins ont subi des prédatons importantes en 2022 (T Blanchon & T. Dagonet / *Tour du Valat* com pers). Les colonies se trouvaient aux étangs du Vaisseau et de la Galère, situés respectivement à 4 et 8 km du Fangassier. Les cadavres trouvés sur ces colonies présentaient des marques qui correspondent à des attaques de Grand-duc. Pourtant, les pièges photos installés sur ces sites n'ont pas révélé sa présence.

2.2.7 Conclusion et perspectives

Les observations en 2022 montrent que malgré les travaux et actions réalisés, l'étang du Fangassier a perdu son attractivité pour les flamants. Parallèlement, les flamants se sont installés pour la 6^{ème} année consécutive dans les salins d'Aigues-Mortes.

L'installation probablement durable d'une colonie à Aigues-Mortes semble réduire très fortement pour les années à venir, les chances d'une réinstallation des flamants au Fangassier. Les échecs de reproduction passés et répétés ainsi que la présence des prédateurs semblent être les principaux facteurs expliquant cette désaffection. Un plus grand effort pour le suivi des Grands-ducs et une réflexion sur l'aménagement des îlots seraient nécessaires pour envisager un retour de l'espèce. Il est à noter que l'état de conservation des flamants roses est satisfaisant aujourd'hui dans le sud de la France et à l'échelle du bassin Méditerranéen et ne justifie pas d'encourager la présence simultanée de deux colonies en Camargue. Le Fangassier demeure cependant aujourd'hui un site de substitution potentiel en cas d'abandon à Aigues-Mortes. La nidification des flamants au Fangassier constitue d'autre part un enjeu de communication et de valorisation du territoire de Salin-de-Giraud.

Dans le cadre du nouveau plan de gestion du site (2023-2032), un objectif viant à maintenir des conditions favorables à la nidification des flamants roses au Fangassier a été défini. Les actions de gestion liées à cet objectif sont :

- Suivi de la convention avec la *Compagnie des Salins du Midi*,
- Renforcement de l'attractivité du nouvel îlot (construction de faux nids, creusements de flaques, autres actions expérimentales),
- Surveillance de la colonie et de ses abords et suivi de la présence de prédateurs terrestres,
- Entretien et renouvellement de la signalétique,
- Poursuite des actions de dissuasions de prédation par les renards,
- Poursuite du suivi de la colonie de flamants,
- Evaluation à mi-parcours de la gestion mise en œuvre et si nécessaire, adaptation de la gestion et de l'aménagement du Fangassier.

2.3 Programme de travaux hydrauliques

Dans le cadre du plan de relance économique « France Relance » mis en place par le gouvernement français avec le soutien financier de l'Union européenne, le *Conservatoire du littoral* a obtenu un financement pour la mise en œuvre d'un programme de travaux hydrauliques sur le site des Etangs et marais des salins de Camargue. Le bureau d'étude *CCE&C* a été mandaté par le *Conservatoire du littoral* pour la définition technique de ce programme de travaux hydrauliques. La *Tour du Valat* a été associée aux côtés du *Parc de Camargue* à la préparation et au suivi de ce programme.

Afin d'intégrer au mieux les enjeux environnementaux dans la définition opérationnelle des travaux, des visites de terrain associant la *Tour du Valat* ont été organisées le 8 mars et le 25 mai 2022 et des réunions se sont tenues le 28 avril et le 22 juin 2022 avec le bureau d'études *Biotopes*, mandaté par *CCE&C*.

La *Tour du Valat* a participé à une réunion pré-chantier organisée sur site le 18 juillet. Elle a participé aux réunions de chantier organisées par le bureau d'étude *CCE&C* (assistance à maîtrise d'ouvrage) les 8 et 28 septembre, les 13 et 20 octobre et le 10 novembre, aux côtés du *Parc de Camargue* et en présence des entreprises mandatées pour l'exécution des travaux. Des représentants de l'*EARL du Pèbre* et du groupe de chasse du Comité d'Entreprise de la *Compagnie des Salins du Midi*, conventionnés sur le site, ont également été associés à plusieurs réunions de chantier.

Le programme de travaux hydrauliques a débuté en septembre 2022 et s'est poursuivi jusqu'en avril 2023. Il comprend principalement d'importants travaux de remise en état ou de remplacement et de création d'ouvrages hydrauliques et de restauration de réseau d'irrigation sur le secteur de la Belugue, ainsi que des travaux sur quelques ouvrages situés sur les anciens salins.

3. Etudes et suivis des paramètres du milieu

3.1 Climatologie

Les données produites au poste climatique *Météo-France* de la Tour du Valat, situé à 9 km du site, permettent de restituer les conditions climatiques rencontrées durant la période.

L'année 2022 a été à nouveau marquée par de très faibles cumuls de précipitations (306mm), ce qui est largement inférieur à la moyenne (585mm) pour la période 1944-2022 (figure 6).

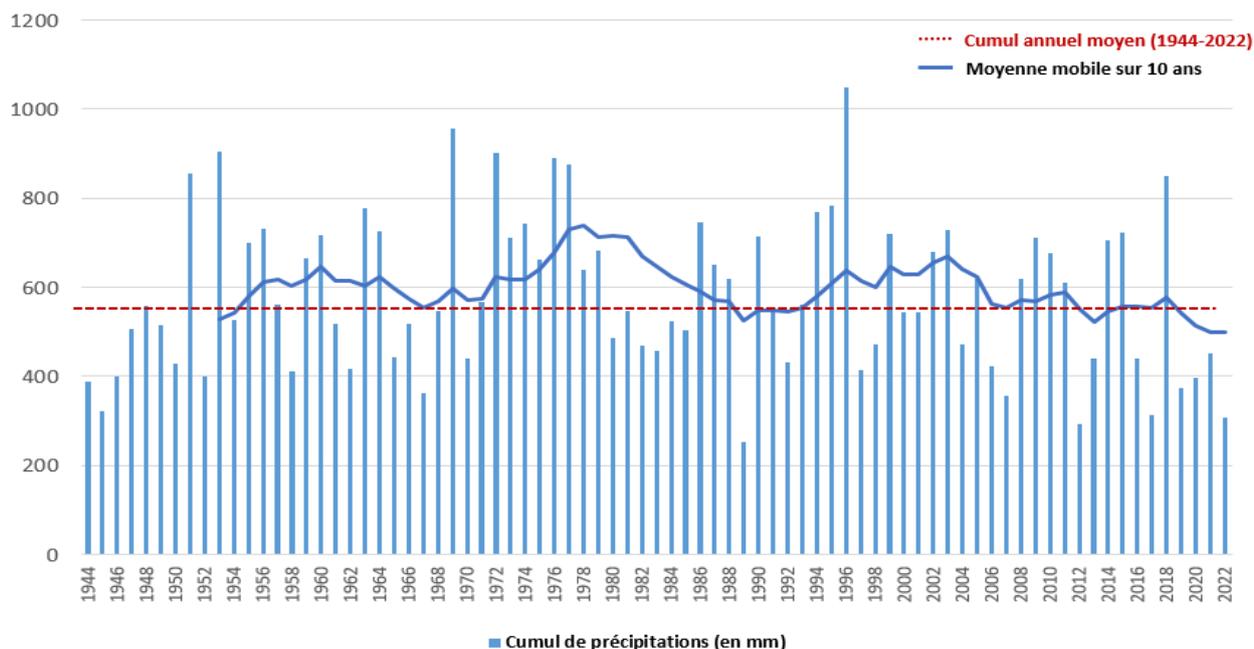


Figure 6 : Evolution des précipitations annuelles (mm cumulés) de 1944 à 2022 (données poste climatologique *Météo France* de la Tour du Valat).

La pluviométrie est anormalement faible entre Janvier et Juin, avec un déficit pluviométrique de 75% par rapport à la moyenne calculée sur la même période entre 1944 et 2021 (figure 7). Des précipitations supérieures à la moyenne sont enregistrées au mois d’Août, à la faveur de quelques orages, puis la pluviométrie est à nouveau faible jusqu’en Octobre. Novembre est davantage pluvieux que la moyenne et Décembre est marqué par un léger déficit pluviométrique. À eux seuls, les deux mois (Août et Novembre) pour lesquels un excédent pluviométrique a été enregistré en 2022 concentrent près de 45% de la pluviométrie de l’année.

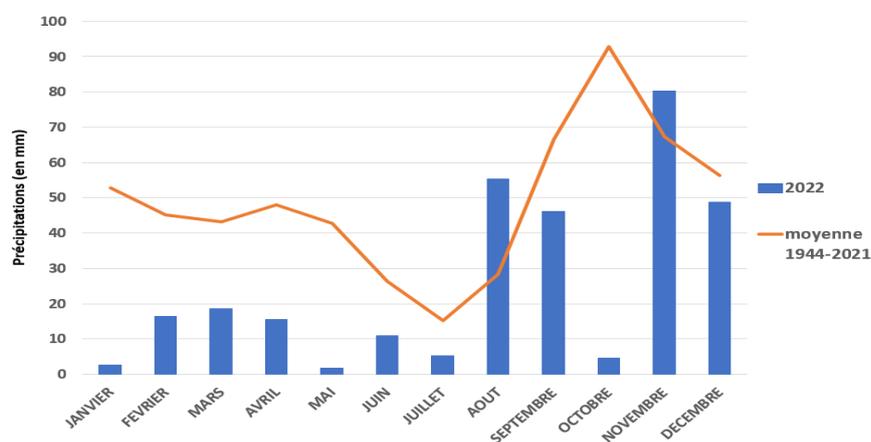


Figure 7 : Comparaison des précipitations mensuelles sur la période janvier-décembre 2022 avec les précipitations moyennes mensuelles sur la période 1944-2021 (données poste climatologique *Météo France* de la Tour du Valat).

La tendance à l'élévation de la température annuelle moyenne constatée à partir des années 80 est observée de nouveau en 2022, et ce de manière très significative puisque la température annuelle moyenne mesurée cette année (16,5°C) excède de 1,9 °C la moyenne enregistrée sur la période 1944-2021 (figure 8), faisant de 2022 l'année dont la température moyenne est la plus élevée depuis le début des enregistrements en 1944.

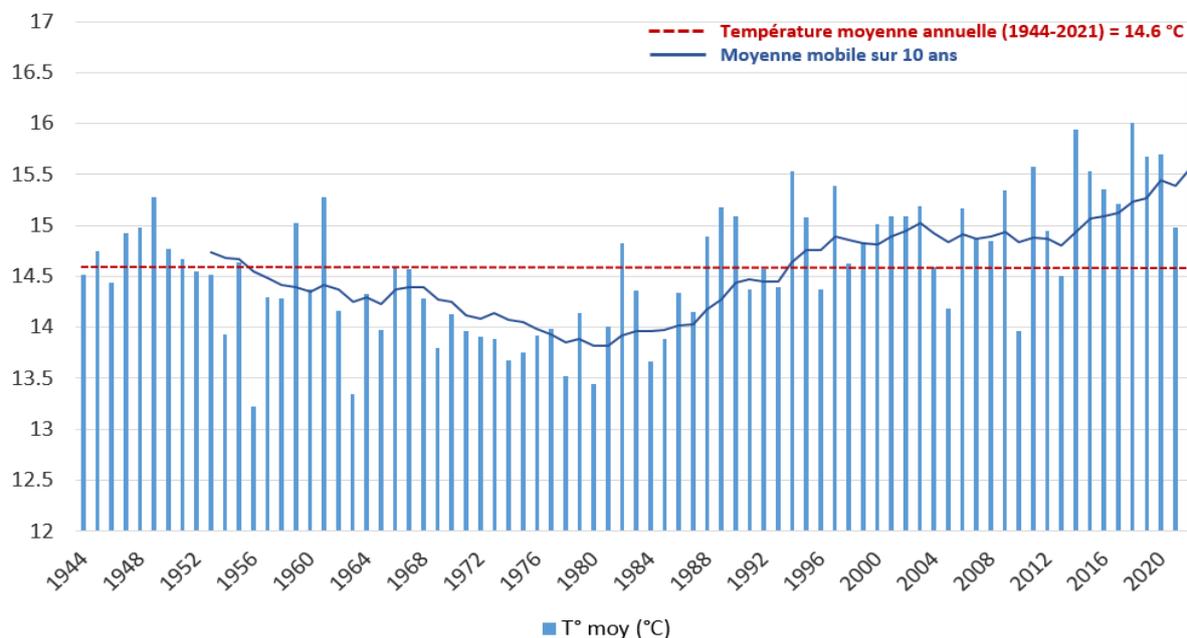
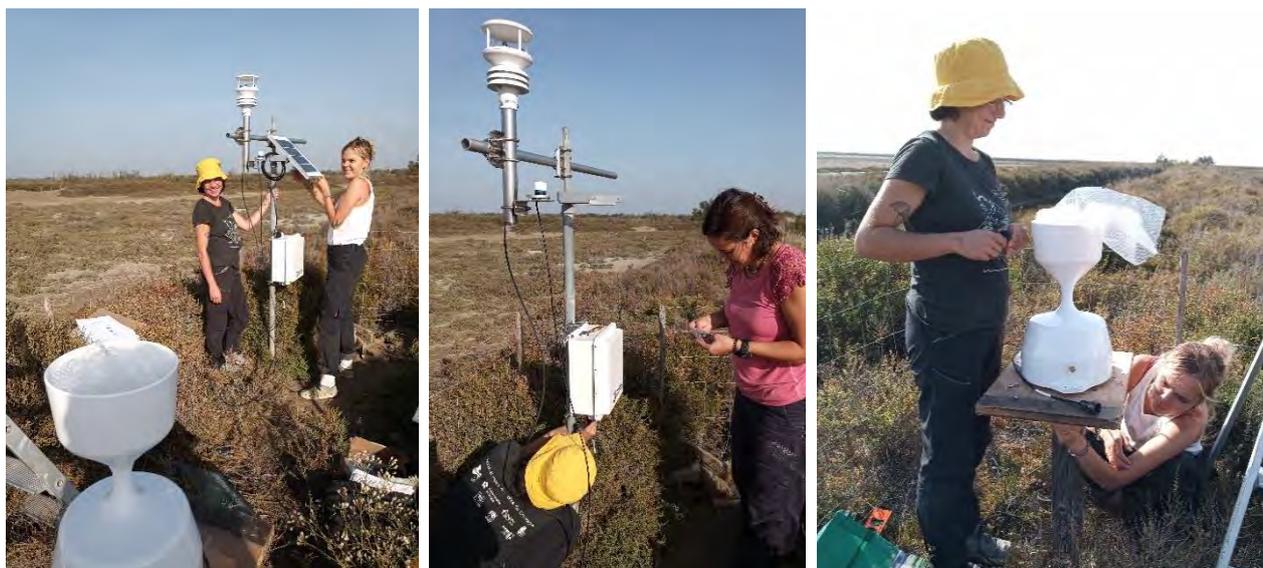


Figure 8 : Evolution des températures moyennes annuelles de 1944 à 2022 au poste climatologique Météo France de la Tour du Valat.

Afin de remplacer la station météorologique hors d'usage qui avait été mise en service il y a une dizaine d'années près du canal du Japon, de nouveaux instruments mesurant pluviométrie, vent, rayonnement et température, ainsi qu'une nouvelle centrale d'acquisition, ont été installés au même emplacement que la station précédente, fin Octobre 2022. Les données enregistrées seront comparées prochainement aux données acquises par la Station Météo France située sur le domaine de la Tour du Valat.

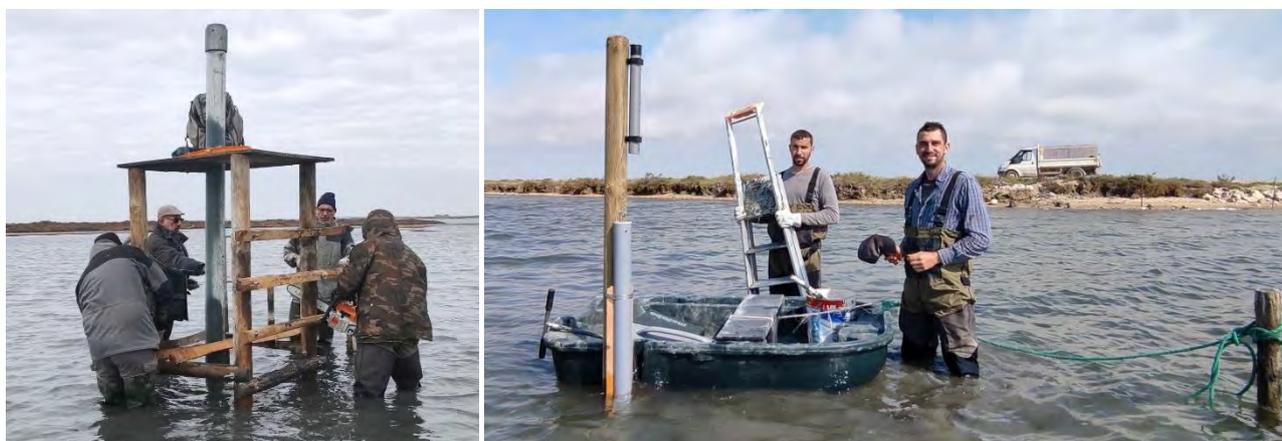


Installation de la nouvelle station météo sur le site des Etangs et Marais des Salins de Camargue, fin Octobre 2022.
© E. Luna-Laurent / Tour du Valat.

3.2 Suivi des niveaux d'eau et des salinités

Parallèlement au suivi ponctuel des niveaux d'eau et des salinités réalisé par le *Parc de Camargue*, un suivi en continu a été progressivement développé depuis 2012 par la *Tour du Valat* en partenariat avec le *Parc*. Un système de suivi des manipulations des ouvrages hydrauliques est également mis en place depuis 2013. Les données produites sur enregistreurs automatiques (limnigraphes et sondes de mesure de conductivité, température, profondeur d'eau) sont récoltées environ une fois par mois par les personnels du *Parc de Camargue* et de la *Tour du Valat*. La *Tour du Valat* prend en charge les corrections, les recalages, les traitements et la restitution des données. En 2022, les activités poursuivies par la *Tour du Valat* ont été soutenues financièrement dans le cadre du projet européen REST-COAST.

Cette année, plusieurs opérations de maintenance des infrastructures de suivis en continu ont été réalisées par la *Tour du Valat* avec l'aide du personnel du *Parc de Camargue*. La structure de Beauduc sud a été remplacée. Dans le cadre du projet européen REST-COAST, 5 nouvelles structures légères ont été installées en avril 2022, dans Vieux Rhône Sud, Fangassier 1, Galabert 2, Val Agricola et chenal Tampan. Ces nouvelles stations ont été instrumentées en septembre/octobre 2022. La sonde de Vieux Rhône Sud a été retrouvée vandalisée début 2023.



Remplacement des structures de fixation des dispositifs de mesure en continu des niveaux d'eau et des conductivités, à gauche dans l'étang de Beauduc (19/01/2022), à droite dans le Vieux Rhône Sud (27/04/2022). © E. Luna-Laurent / *Tour du Valat*.

Les figures ci-après montrent des exemples de restitution des données collectées conjointement par le *Parc de Camargue* et la *Tour du Valat*.

Les variations de niveau d'eau dans les étangs du Galabert et du Rascaillan sont soumises notamment à l'influence des variations du niveau marin (figures 9 et 10). L'ouverture de l'ouvrage entre Tampan et Galabert permet en automne et en hiver, l'étalement de l'eau jusque dans les lagunes de la Réserve naturelle nationale de Camargue situés au sud de la digue à la mer. Depuis la réalisation des travaux de reconnexion hydraulique, l'étang du Rascaillan ne s'assèche plus en été et les pics de salinités estivales sont fortement atténués par rapport aux années précédentes.

Le suivi en continu des niveaux d'eau dans l'étang de Beauduc montre en 2022 une absence de phénomènes de submersion marine de grande ampleur. Un seul événement occasionnant un remplissage de l'étang de Beauduc à une côte maximale dépassant ponctuellement 0,80m NGF a été enregistré en fin d'année (figure 11).

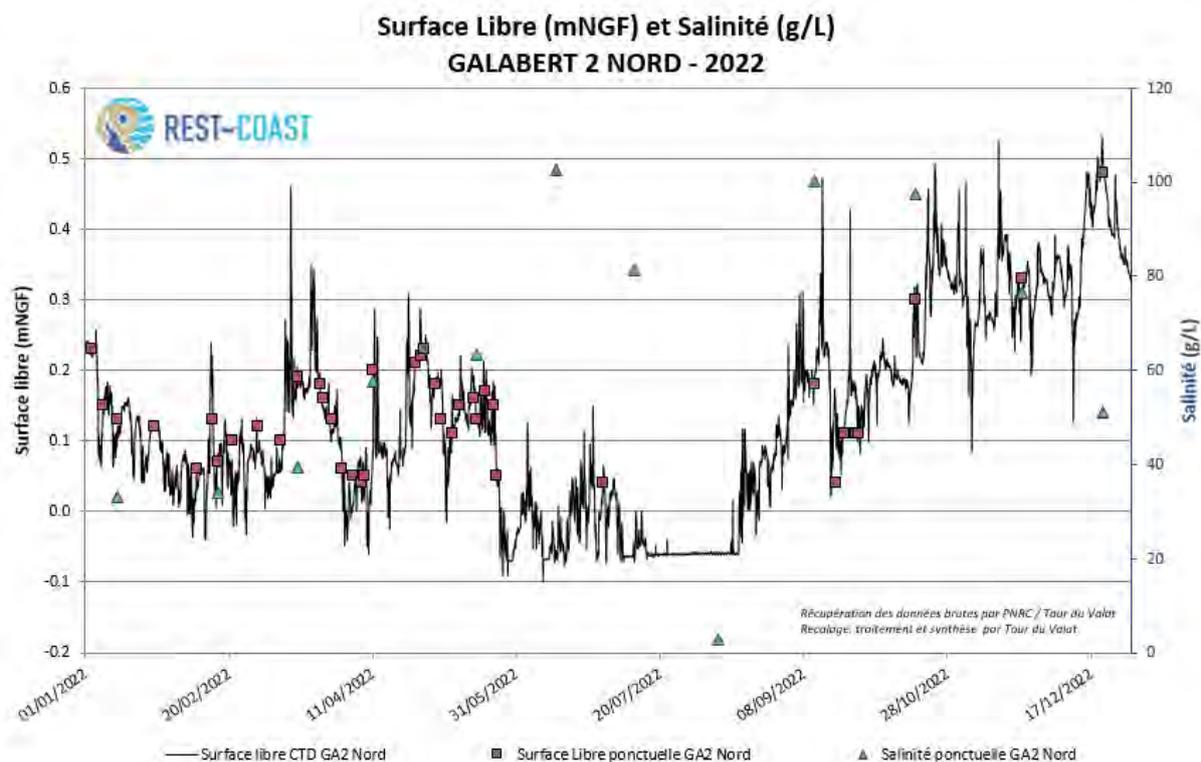


Figure 9 : Evolution des niveaux d'eau et des salinités au point de suivi Galabert 2 Nord – période janvier à décembre 2022 (données *Tour du Valat* et *Parc de Camargue*).

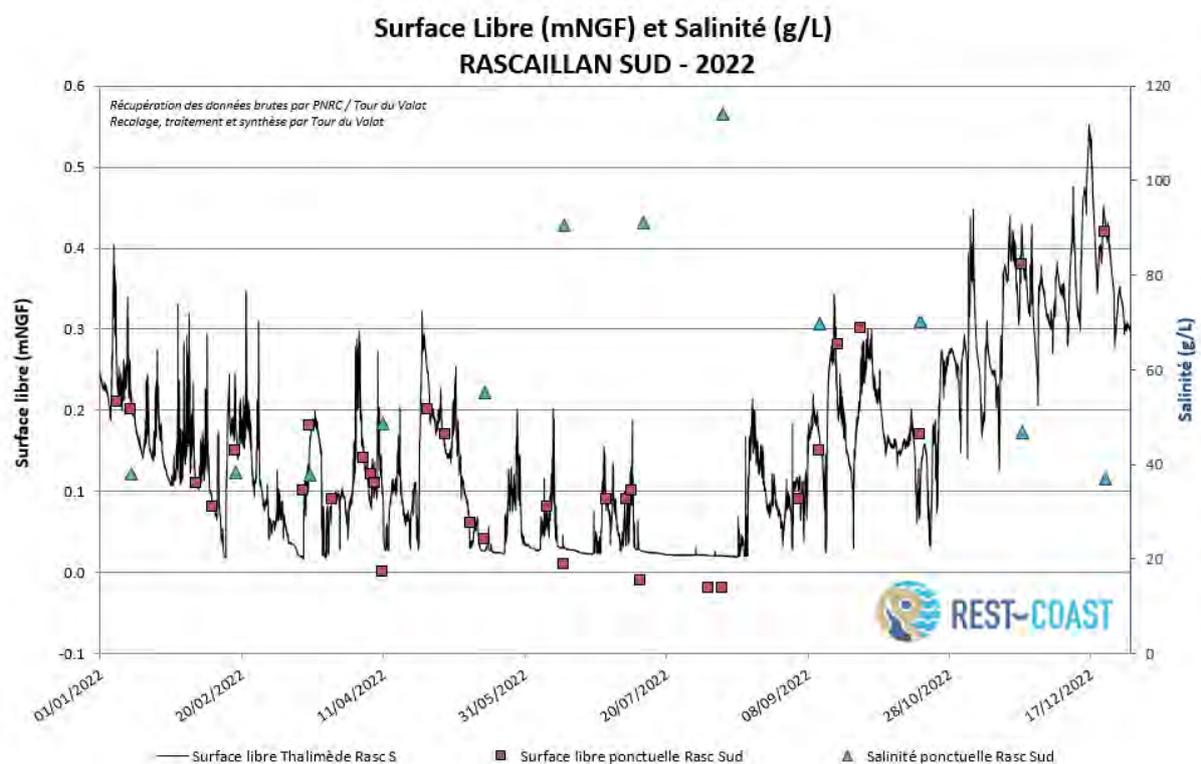


Figure 10 : Evolution des niveaux d'eau et des salinités au point de suivi Rascaillan Sud – période janvier à décembre 2022 (données *Tour du Valat* et *Parc de Camargue*).

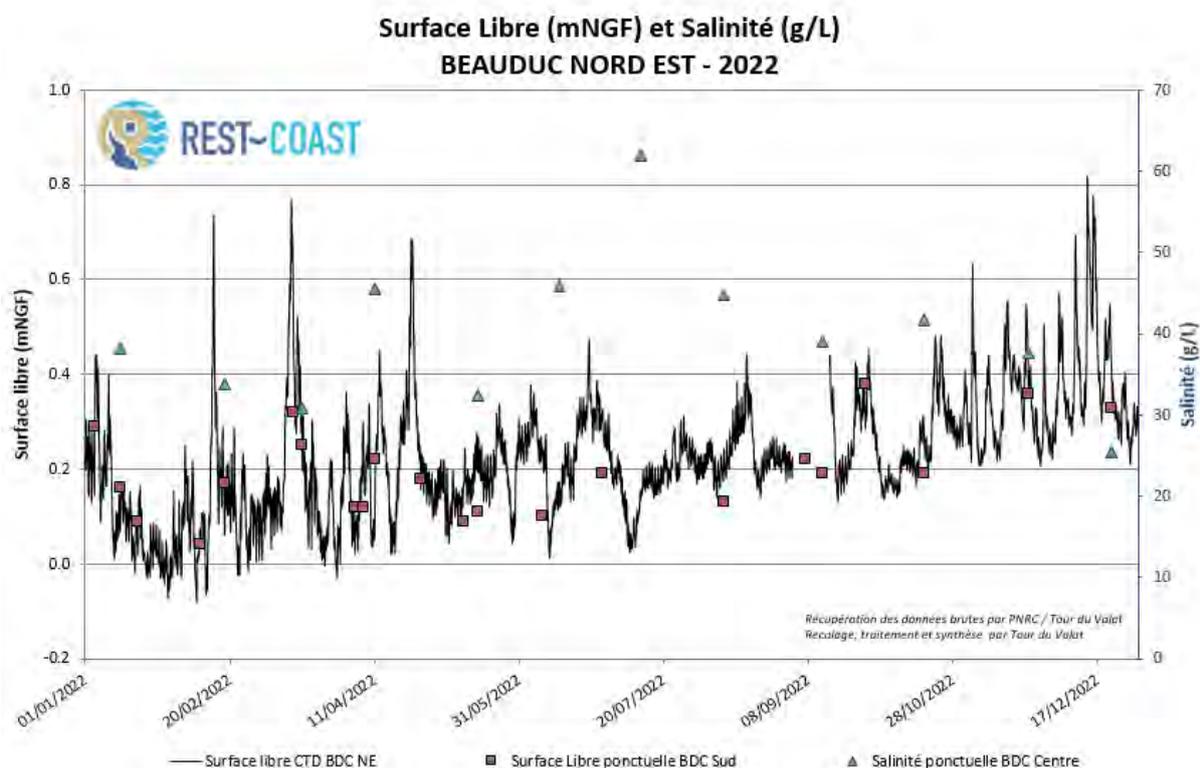


Figure 11 : Evolution des niveaux d'eau et des salinités au point de suivi Etang de Beauduc Nord Est – période janvier à décembre 2022 (données *Tour du Valat* et *Parc de Camargue*).

3.3 Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau des anciens salins

Dans le cadre du projet européen REST-COAST, un suivi physico-chimique de l'eau a été réalisé notamment afin d'évaluer la qualité des milieux lagunaires des anciens salins et mieux comprendre et interpréter les résultats obtenus dans le cadre des suivis de la végétation aquatique et de la macrofaune benthique.

Le protocole mis en œuvre est celui préconisé pour le programme de surveillance des lagunes méditerranéennes mis en œuvre en application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE 2000/60/CE du 23 octobre 2000, transposée en droit français par la loi n°2004-338 du 21 avril 2004), qui prévoit 3 campagnes de prélèvements à réaliser en juin, juillet et août. En complément, une quatrième campagne a été réalisée début mai afin d'intégrer les résultats d'analyses à l'étude de la macrofaune benthique (cf. chapitre 4.4).

A chaque campagne, des échantillons d'eau ont été prélevés sur 5 stations toutes situées dans le centre des principales lagunes des anciens salins présentes au sud de la digue à la mer : étang du Galabert, étang du Rascaillan, étang de Beauduc, lagune des Sablons et étang du Vieux Rhône Sud.

Les paramètres analysés étaient les suivants :

Nitrate + Nitrite	Phosphore total	Ammonium
Phosphate	Azote total	Chlorophylle et phaeopigments
MES totales	MES minérales	

Les résultats détaillés d'analyses sont restitués dans le tableau 3 (p.25). Les résultats de qualité sont globalement bons à très bons pour l'**étang de Beauduc** et la **lagune des Sablons**. L'étang de Beauduc voit toutefois une dégradation en juin du fait d'une concentration assez importante en Azote inorganique dissous. A ces résultats sont associées de faibles concentrations en chlorophylle a tout au long de la saison de suivi. Pour Beauduc, les MES minérales représentent 75% des MES totales en mai et 53 % des MES totales en juin.

Etang du Galabert : Les eaux présentent des concentrations en nutriments satisfaisantes au mois de mai, puis les concentrations d'azote total sont élevées de juin à août ; une importante concentration en azote

inorganique dissous est également relevée en août. Les concentrations en matières en suspension sont relativement importantes de mai à juillet. Les MES minérales représentent entre 69 et 84% des MES totales, ce qui indique qu'elles sont plutôt sédimentaires qu'organiques. Cependant ces valeurs ne sont pas réellement interprétables car les échantillonnages ont été effectués l'après-midi alors que le vent s'était levé et avait remis en suspension les sédiments. Les concentrations importantes en chlorophylle a en juin, associées à une faible proportion de phéopigments, indiquent un développement phytoplanctonique important. La chlorophylle a étant le pigment le plus important chez les organismes photosynthétiques aérobies (hors cyanobactéries) comme les algues, cette augmentation des concentrations en juin peut être le signe d'une eutrophisation. Ces données seraient à mettre en lien avec l'élévation de la température de l'eau et de la salinité à cette période de l'année. L'étang de Galabert reçoit des apports d'eau du bassin versant incluant des eaux d'origine agricole qui transitent par le canal du Versadou et l'étang du Tampan. De plus, cet étang est, parmi les étangs étudiés, le plus éloigné des connexions avec la mer, ses eaux se renouvellent donc moins que pour les autres étangs à cause de l'effet de confinement. Les résultats obtenus confirment la vulnérabilité plus forte de cet étang à l'eutrophisation. Il y a sans doute peu de consommation des nutriments par les macrophytes, car leur recouvrement est très faible dans cet étang.

Pour l'**étang du Rascaillan**, les concentrations en nutriments présentent des résultats bons à très bons en mai et juin, mais les concentrations en azote total sont très importantes en juillet et août, de même que la concentration en phosphore total est importante en juillet. On relève en août des concentrations très importantes en matières en suspension (totales et minérales) et chlorophylle a. La proportion de MES minérales est élevée (entre 75 et 82% des MES totales), ce qui indique qu'elles sont plutôt sédimentaires qu'organiques. Les faibles proportions de phaeopigments dans les concentrations en chlorophylle a en juin (7%), juillet (15%) et août (11%) traduisent une activité phytoplanctonique importante. Comme pour le Galabert, une sensibilité à l'eutrophisation est ainsi mise en évidence. Celle-ci pourrait être liée à un important stockage de nutriments dans le sédiment. Il y a certainement une consommation négligeable des nutriments par les macrophytes car leur recouvrement est très faible dans cet étang.

Pour le **Vieux Rhône Sud**, les résultats d'analyses sont satisfaisants au mois de mai, puis on observe une concentration élevée en azote inorganique dissous dès le mois de juin, ainsi qu'en juillet. La concentration en azote total est très élevée en juillet. L'ensemble de ces paramètres s'améliore ensuite en août. Les concentrations en chlorophylle a sont modérées tout au long de la saison de suivi et sont associées à des proportions importantes de phaeopigments (33 à 50%) tout au long de la période, ce qui signifie qu'une part importante de la chlorophylle a est présente sous forme dégradée. L'hypothèse est qu'il y a une quantité importante de matière organique accumulée dans le sédiment, résultant notamment de la production algale (le développement important des algues ayant été observé depuis au moins les années 90). Les variations accrues de niveaux d'eau (du fait des entrées marines) associées aux vagues dans les étangs, accentuent sans doute la remise en suspension des sédiments et donc des nutriments. Les résultats obtenus indiquent une vulnérabilité à l'eutrophisation.

Les valeurs figurant dans le tableau ci-dessous correspondent au p90 calculé sur l'année 2022 (échantillons de Mai, Juin, Juillet, Août) pour chaque lagune et correspondent à l'indice DCE.

Station	NID	PO4	NT	PT	Indice Eau	Chla	EQRB chla
Beauduc	5,355	0,052	32,332	1,537	2	2,408	1,383
Galabert	24,593	0,203	130,094	2,658	5	11,987	0,278
Rascaillan	1,811	0,207	237,625	3,831	5	20,142	0,165
Sablons	2,069	0,229	54,728	2,292	2	0,822	4,053
Vieux Rhône Sud	11,973	0,088	112,304	2,305	4	2,819	1,181

Grille DCE pour l'évaluation des masses d'eau lagunaire

Très bon
Bon
Moyen
Médiocre
Mauvais

Légende : **NID** : Azote inorganique dissous ; **PO4** : Phosphates ; **NT** : Azote total ; **PT** : Phosphore total ; **Chla** : Chlorophylle a ; **EQRB chla** : Ecological Quality Ratio (biomasse), valeur de l'indicateur dans les conditions de référence / valeur de l'indicateur mesuré.

Tableau 3 : Résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques dans les lagunes des anciens salins en 2022

Site	Date	Salinité	pH	Turbidité	Chlorophylle a	Phaeo- pigments	MES		Ntot	Ptot	NO2	PO4	NO2+3	NH4	NID
		g/l					NTU	Totales mg/l							
Sablons	03/05/2022	40,7	8,67	7,52	0,55	0,29	3,43	2,16	35,19	0,64	0,036	0,034	0,410	1,413	1,82
	16/06/2022	41,8	8,62	5,03	0,74	0,47	4,42	2,52	45,03	1,50	0,034	0,090	0,317	0,626	0,94
	19/07/2022	48,2	8,51	3,63	0,59	0,29	3,89	1,58	58,34	2,63	0,050	0,288	0,631	1,543	2,17
	12/08/2022	41,3	8,57	3,13	0,86	0,27	5,62	3,01	46,29	1,05	0,004	0,052	0,020	0,310	0,33
Beauduc	03/05/2022	33,6	8,05	6,44	2,50	0,40	9,00	6,77	28,43	0,81	0,158	0,042	1,341	1,203	2,54
	16/06/2022	34,9	8,18	6,99	0,95	0,29	2,29	1,23	25,45	1,06	0,150	0,039	5,300	1,260	6,56
	19/07/2022	39,5	8,41	10,40	1,08	0,37	13,74	10,82	32,72	1,72	0,043	0,054	0,112	0,485	0,60
	12/08/2022	36,5	8,44	4,80	2,19	0,65	3,50	1,73	31,44	1,11	0,104	0,047	1,236	0,875	2,11
Rascaillan	03/05/2022	39,3	7,99	8,06	1,01	0,38	16,37	13,49	52,52	2,01	0,061	0,277	0,474	1,609	2,08
	16/06/2022	62,9	7,92	6,43	5,91	0,44	13,06	9,80	72,00	1,86	0,017	0,043	0,266	0,111	0,38
	19/07/2022	99,0	7,97	27,70	26,24	3,99	64,21	51,85	140,39	4,14	0,023	0,036	0,324	0,169	0,49
	12/08/2022	93,0	7,68	39,18	3,28	0,35	35,36	27,44	279,30	3,11	0,021	0,038	0,170	1,009	1,18
Galabert	03/05/2022	45,0	8,09	16,09	2,43	1,20	22,74	19,21	53,46	1,28	0,029	0,038	0,605	0,177	0,78
	16/06/2022	68,0	7,85	19,21	8,44	0,63	22,25	17,52	102,66	2,36	0,010	0,051	0,394	0,120	0,51
	19/07/2022	117,7	7,69	12,76	13,51	3,18	20,90	14,32	75,59	2,44	0,017	0,006	0,129	0,123	0,25
	12/08/2022	127,0	7,53	3,12	0,88	0,18	11,70	8,28	141,85	2,75	0,042	0,268	0,790	34,008	34,80
Vieux Rhône Sud	03/05/2022	32,8	7,18	5,18	1,69	0,55	7,59	5,47	41,13	1,27	0,197	0,057	0,764	2,858	3,62
	16/06/2022	37,4	7,91	6,12	1,35	0,52	14,20	11,82	47,57	1,32	0,408	0,052	0,914	10,662	11,58
	19/07/2022	47,2	7,94	4,65	2,70	1,35	11,49	9,09	129,90	2,29	0,395	0,092	0,808	11,335	12,14
	12/08/2022	49,5	8,03	9,01	2,87	1,18	11,28	8,75	71,25	2,31	0,053	0,077	0,217	2,265	2,48

Légende : **Ntot** : Azote total ; **Ptot** : Phosphore total ; **NO2** : Nitrite ; **PO4** : Phosphates ; **NO2+3** : Nitrites + Nitrates ; **NH4** : Ammonium ; **NID** : Azote inorganique dissous

4. Suivis, études et inventaires habitats naturels, flore et faune

Les données issues de suivis ou d'inventaires faisant l'objet d'un protocole sont stockées dans des fichiers spécifiques, par le co-gestionnaire responsable de sa mise en œuvre. Les données produites hors protocole par le personnel de la *Tour du Valat* sont saisies dans la base de données *ObsNature Camargue-Crau-Alpilles* (obsnature-camargue.net/) développée par la *Tour du Valat* afin d'optimiser la valorisation et le partage des données prévu notamment dans le cadre de conventions, avec les bases de données *SILENE* (<http://www.silene.eu>) et *Faune-PACA* (<http://www.faune-paca.org>). Une partie des données flore sont directement saisies dans la base *SILENE*. Le partage avec le *Parc de Camargue* et la *Société Nationale de Protection de la Nature*, des données naturalistes produites par la *Tour du Valat*, se fait par la restitution des résultats dans les rapports d'activité annuels et leurs annexes. Une réflexion a été engagée à l'initiative du *Parc de Camargue* afin d'organiser les modalités d'échange et d'utilisation des données produites sur le site. Il est envisagé l'établissement de conventions spécifiques avec les co-gestionnaires.

4.1 Suivi de la végétation aquatique des anciens salins

4.1.1 Objectifs, matériel et méthode

Le **suivi de la végétation aquatique des anciens salins** a été renouvelé en 2022 par Hugo Fontes (*Tour du Valat*) dans le cadre du projet européen REST-COAST. L'un des objectifs était de poursuivre l'observation des évolutions intervenant dans la composition et le recouvrement des macrophytes des étangs et anciens partènements salicoles, quelques années après la mise en oeuvre du second programme de travaux de restauration hydraulique (2019).

La méthode employée a été adaptée par rapport aux années précédentes notamment pour répondre aux objectifs spécifiques du projet REST-COAST. A l'exception de Briscon et de l'ancien salin de la Vignolle, les partènements temporaires n'ont pas été prospectés cette année car une grande partie sont dépourvus de végétation et pour les autres, la végétation aquatique évolue peu au fil des ans. Dans les lagunes permanentes, les points de suivi définis les années précédentes (n = 49) ont été de nouveau parcourus et 38 points supplémentaires ont également été relevés.

Les relevés ont été réalisés en majorité au plus près des dates de prospections des années précédentes et du pic supposé de développement des macrophytes (tableau 4), à l'exception de l'ancien salin de la Vignolle dont la prospection a été reportée en juillet afin de ne pas déranger une colonie nicheuse d'oiseaux d'eau située sur ce secteur.

Les plantes aquatiques ont été déterminées au niveau spécifique pour les phanérogames et les Charophytes, au niveau générique ou spécifique pour les autres macro-algues. L'effort d'inventaire et de détermination des macro-algues a été plus poussé cette année par rapport aux années précédentes.

Tableau 4 : Calendrier de récolte des données de suivi de la végétation des anciens salins en 2022.

	30-mai	31-mai	13-juin	16-juin	17-juin	04-juil	05-juil	07-juil	19-juil.
Briscon		X							
Ancien salin de la Vignolle								X	
Galabert	X	X							
Vaisseau I			X						
Etang de Beauduc			X	X	X				
Sablons			X	X					
Rascaillan						X	X		
Ste-Anne								X	
Vieux Rhône Sud									X

 Partènements et lagunes temporaires
 Lagunes permanentes

4.1.2 Résultats

Les résultats généraux et par étangs sont présentés ici et mis en perspective avec les principaux paramètres de conditions du milieu mesurés (salinité, niveaux d'eau) ou observés (turbidité), ainsi qu'avec les résultats de mesures des paramètres physico-chimiques effectuées de mai à août 2022 (cf. chapitre 3.3). Pour permettre une comparaison avec les résultats obtenus les années précédentes, seules les données de obtenues cette année sur les points habituellement suivis sont restituées ici.

4.1.2.1 Résultats généraux

Comme les années précédentes, la **Ruppie spiralée** (*Ruppia cirrhosa*) était la seule phanérogame répandue dans les anciens salins, avec un recouvrement toutefois très faible dans la plupart des lagunes où elle était présente. Beauduc et Sablons sont les seuls étangs où des herbiers denses et étendus ont été trouvés en 2022.

La **Zostère naine** (*Zostera noltei*) a de nouveau été détectée dans le centre de l'étang de Beauduc et des herbiers étendus, en mélange avec *Ruppia cirrhosa* et des algues Rhodophytes, ont de nouveau été trouvés dans la lagune des Sablons. La Zostère naine était aussi présente localement dans Vieux Rhône Sud et Ste-Anne.

La Charophyte **Lamprothamnium papulosum** a été trouvée de nouveau cette année dans Vieux Rhône Sud.

Les étangs de Beauduc et de Ste-Anne étaient caractérisés en 2022 par une forte diminution du recouvrement par les **algues Rhodophytes**.

8 taxons de macro-algues nouveaux pour les anciens salins ont été répertoriés cette année (tableau ci-dessous). Ils ont été trouvés dans les deux lagunes en connexion directe avec la mer (Beauduc et Sablons). Leur découverte est au moins pour partie attribuable à une attention accrue dans la détermination des macro-algues en 2022.

Taxons	Répartition
CHLOROPHYTA (« algues vertes »)	
Cladophora glomerata (L.) Kütz., 1843	Ste Anne (1 station)
RHODOPHYTA (« algues rouges »)	
Callithamnion corymbosum (J.E. Smith) Lyngb., 1819	Beauduc (1 station)
Carrodoriella elongata (Hudson) A.M. Savoie & G.W. Saunders, 2019	Beauduc, Sablons (plusieurs stations)
Centroceras clavulatum (C.Agardh) Mont., 1846	Beauduc (plusieurs stations)
Ceramium diaphanum (Lightf.) Roth, 1806	Vieux Rhône Sud (1 station)
Ceranium tenerrimum (G. Martens) Okamura, 1921	Ste-Anne (toutes les stations)
Laurentia obtusa (Hudson) J.V.Lamour., 1813	Beauduc, Sablons (plusieurs stations)
OCHROPHYTA (« algues brun-doré »)	
Dictyota dichotoma (Hudson) J.V.Lamour., 1809	Sablons (1 station), Beauduc (1 station)

4.1.2.2 Résultats par étangs et anciens partènements

Galabert

Le suivi des salinités réalisé par le *Parc de Camargue* montre qu'au cours des 12 mois précédant la réalisation des relevés floristiques, les valeurs de salinité totale dans l'étang de Galabert 2 ont atteint un pic de 87‰ en août 2021, puis les salinités étaient inférieures à 55‰ de novembre 2021 à avril 2022. Par ailleurs, comme en 2021 et contrairement à 2018, les eaux de l'étang étaient peu turbides lorsque les relevés ont été réalisés. Cependant des valeurs de turbidité relativement importantes ont été mesurées en mai (16 NTU) et juin (19 NTU) lors des prélèvements d'eau pour les mesures physico-chimiques, qui sont à mettre en relation avec une importante concentration de MES minérales (remise en suspension du sédiment) et un développement phytoplanctonique important.

L'herbier de *Ruppia cirrhosa*, qui avait presque totalement disparu en 2018, avait commencé à se reconstituer en 2021 (figure 12). En 2022, un recouvrement moyen très faible (0,5%), équivalent à celui estimé en 2021, était relevé. Cette phanérogame était présente sur 4 des 9 points de suivi. Une diminution du recouvrement par les algues vertes filamenteuses (*Cladophora vagabunda*) était également constatée.

La salinité importante en particulier en été ainsi que la turbidité induite par la remise en suspension du sédiment et les développements phytoplanctoniques, sont certainement les deux principaux facteurs limitant le développement de la végétation aquatique dans l'étang du Galabert.

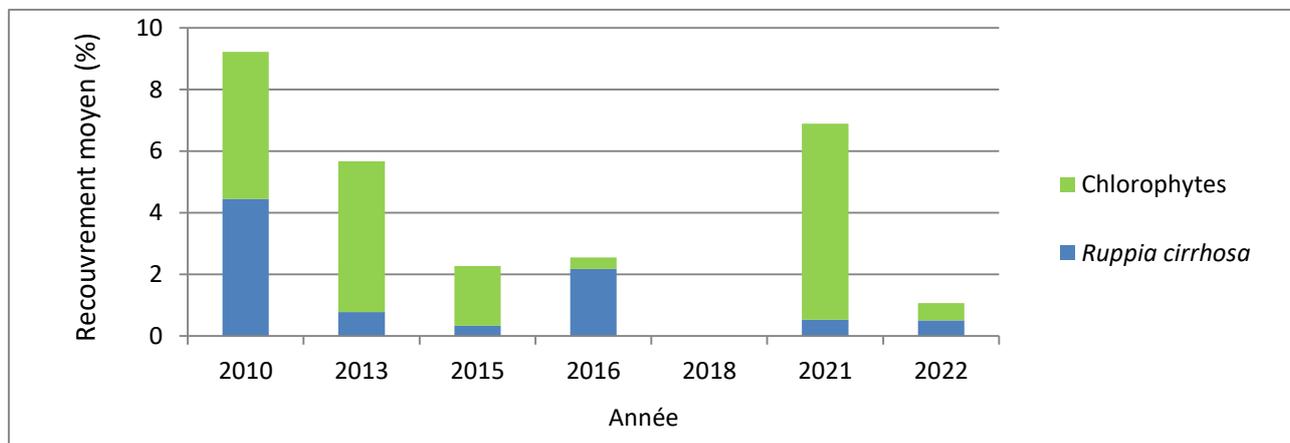


Figure 12 : Evolution de l'abondance moyenne et de la composition des herbiers de macrophytes submergées dans l'étang de Galabert 2 (2010 à 2022) (données Tour du Valat / O.N.C.F.S.).

Briscon & ancien salin de la Vignolle.

Les stations étaient à sec lors des relevés.

Petit et Grand Rascaillan

Ce plan d'eau qui n'avait pas été ciblé par les travaux hydrauliques réalisés en 2015, a été décloisonné en 2019. Suite à ces travaux, une atténuation des pics de salinité a été constatée durant les étés 2020 et 2021. Ainsi les valeurs de salinité totale sont restées inférieures à 90‰ durant l'été 2020 et à 70‰ durant l'été 2021, alors que durant les étés précédents, les pics de concentration en sels atteignaient fréquemment 150‰. Durant les 12 mois précédant les relevés effectués en juillet 2022, un pic de salinité à 70‰ a été mesuré en juillet 2021, puis un pic à 90‰ en juin 2022. On relève en août 2022 des concentrations très importantes en matières en suspension (totales et minérales) et chlorophylle a ; les concentrations en azote total sont également très élevées en juillet et août 2022.

En 2022, il a été constaté pour la première fois depuis le début du suivi la présence de *Cladophora vagabunda* sur la majorité des points suivis, avec un recouvrement moyen de 3%. Pour la première fois également, *Chaetomorpha linum* et *Ulva intestinalis* ont été trouvés ponctuellement sur les points suivis. Par ailleurs, la présence de *Ruppia spiralis* a de nouveau été relevée ponctuellement en dehors des points de suivis. Ces résultats suggèrent une légère amélioration des conditions de développement de la végétation macrophytique en lien avec une réduction des pics de salinité. Cependant, la turbidité induite par une forte concentration de MES minérales (remise en suspension du sédiment) et par un fort développement phytoplanctonique, constituent un important facteur limitant le développement de la végétation macrophytique dans cette lagune.

Vaisseau 1

La présence de petits herbiers de *Ruppia cirrhosa* constatée en 2018 et 2021 a de nouveau été observée cette année. Des chlorophytes (*Chaetomorpha linum*, *Cladophora vagabunda*, *Ulva intestinalis*) étaient également présentes avec un faible recouvrement sur les deux stations suivies.

Sablons

Cette lagune est reconnectée à la mer depuis 2011 et à l'étang de Beauduc depuis 2014 (brèche sur la digue du grau des Figues). Le chenal la reliant au golfe de Beauduc s'était considérablement creusé suite aux tempêtes de l'hiver 2017-2018, cependant une tendance au colmatage de ce chenal côté lagune était constatée à l'été 2022, sans doute du fait de l'absence de tempête au cours de l'année précédente. Depuis 2019, une partie de la lagune est en eau de façon quasi-permanente et les salinités varient peu sur la période 2019-2022 (extrêmes : 27-45‰) en comparaison d'autres étangs des anciens salins. Les parties les plus profondes peuvent être exondées épisodiquement à la faveur d'un mistral prolongé ou de fortes pressions atmosphériques.

Comme en 2021, les prospections réalisées en juin 2022 ont révélé dans la partie Nord de la lagune, la présence d'importants herbiers comprenant une végétation diversifiée. Ces herbiers étaient dominés par *Ruppia cirrhosa*, avec un recouvrement moyen en forte progression (moyenne sur 5 points : 47%) et par les Rhodophytes *Chondria capillaris* (9,6%) et *Laurencia obtusa* (7,4%). Cette dernière n'avait pas été répertoriée auparavant dans les anciens salins.

La Zostère naine *Zostera noltei*, n'a pas été trouvée sur les points de suivis, mais des herbiers étaient présents hors points de suivis dans la partie Nord de la lagune. L'Ochrophyte (algue « brun-doré ») *Dictyota dichotoma* a été trouvée pour la première fois.

Le recouvrement moyen de la végétation aquatique calculé sur 5 stations montre les changements importants constatés pour la végétation macrophytique de cette lagune en 2021 et 2022 par rapport aux années précédentes (figure 13), résultant des modifications des conditions hydrologiques décrites ci-dessus.

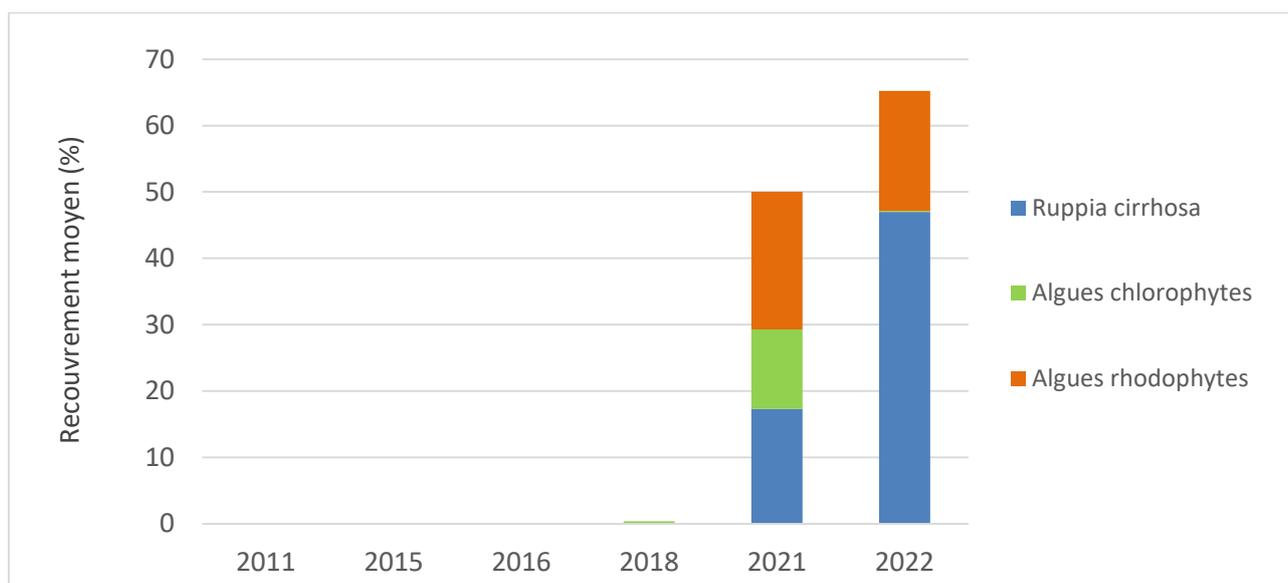


Figure 13 : Evolution de l'abondance moyenne et de la composition des herbiers de macrophytes submergées dans la lagune des Sablons (2011 à 2022) (données *Tour du Valat / O.N.C.F.S.*).

Etang de Beauduc

La plus grande partie de cette lagune est en eau tout au long de l'année et un gradient de salinité est observé du sud (moyenne : 37‰, extrêmes 27 à 45‰ entre juillet 2021 et juin 2022) vers le nord (moyenne : 45‰, extrêmes 31 à 77‰). Ces valeurs sont similaires à celles mesurées entre juillet 2020 et juin 2021.

Entre 2021 et 2022, l'étang de Beauduc a connu des changements importants dans la composition et le recouvrement de sa végétation macrophytique (figure 14). En 2022, le recouvrement moyen de la végétation (19%, tous taxons confondus) était en diminution par rapport à 2021 et 2018. En particulier, une très forte baisse du recouvrement moyen de *Ruppia cirrhosa* était constatée (1% en 2022, contre 18% en 2021). Les

herbiers qui subsistent sont surtout présents sur les bords de l'étang mais ont disparu de son centre. Une forte diminution du recouvrement moyen par les algues Rhodophytes était également mise en évidence (4% en 2022, contre 17% en 2021). On observe par contre une extension des petits herbiers de *Zostera noltei* (recouvrement moyen 1%), notamment dans le centre de l'étang, cette phanérogame étant trouvée en 2022 sur 3 stations (une seule station était occupée en 2021 et aucune en 2018). Une autre évolution importante est l'apparition et le développement de deux algues Ochrophytes. La plus abondante n'a pas pu être déterminée mais pourrait être rattachée au genre *Vaucheria* (recouvrement moyen 9%). L'autre taxon trouvé est *Dictyota dichotoma*.

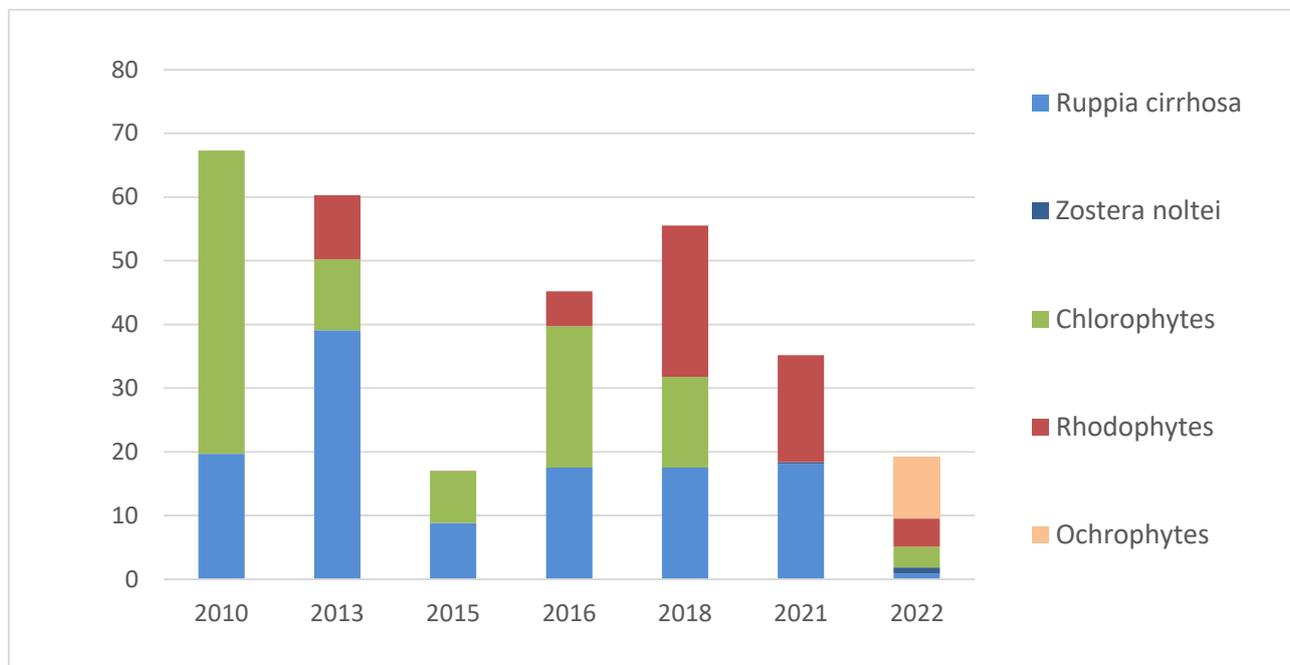


Figure 14 : Evolution de l'abondance moyenne et de la composition des herbiers de macrophytes submergées dans l'étang de Beauduc (2010 à 2022) (données Tour du Valat / O.N.C.F.S.).

Les changements importants constatés depuis 2018 dans le recouvrement, la composition et la répartition de la végétation aquatique de l'étang de Beauduc, résultent certainement des profondes modifications intervenues dans le fonctionnement hydrologique de cette lagune. La disparition des herbiers de *Ruppia cirrhosa*, particulièrement marquée dans la partie centrale de l'étang, semble être la conséquence d'une courantologie beaucoup plus importante dans l'étang, résultant de l'élargissement considérable de sa principale connexion avec la mer. Le déclin très important des algues Chlorophytes pourrait résulter des conditions oligotrophes rencontrées dans la lagune. Le développement de *Zostera noltei* suggère que la tendance à la marinisation se poursuit. L'ensemble de ces ajustements dans la répartition et la composition des herbiers de l'étang de Beauduc traduit une forte tendance à la marinisation, avec des modifications intervenues sur une période très courte (2018-2022). Un autre phénomène dont il conviendrait d'étudier les conséquences sur l'évolution de la végétation aquatique, est la tendance à l'ensablement du fond de l'étang, qui s'est considérablement accentuée avec l'augmentation des échanges avec la mer. Ce phénomène pourrait être un autre facteur de déclin des herbiers de *Ruppia cirrhosa*, cette espèce affectionnant les substrats relativement organiques.

Sainte-Anne

De façon similaire aux années précédentes, le suivi réalisé par le Parc de Camargue indique que cet étang permanent, qui est en connexion intermittente avec la mer et communique en permanence avec les étangs de Beauduc et du Vieux Rhône sud, présente peu de variations de salinités en comparaison d'autres étangs des anciens salins (moyenne : 36‰, extrêmes 30 à 44‰ sur la période juillet 2021 – juin 2022). Lors des relevés réalisés le 7 juillet 2022 et pour la première fois depuis le début du suivi en 2010, les eaux étaient assez turbides sur la plus grande partie de l'étang.

Le déclin important des herbiers de *Ruppia cirrhosa* constaté en 2021 s'est poursuivi avec en 2022, l'absence de cette phanérogame sur les trois points de suivis. *Ruppia cirrhosa* a été toutefois trouvée en dehors des points de suivi, de même que *Zostera noltei*. Contrairement à ce qui était observé en 2021, il n'a pas été constaté de développement d'algues Rhodophytes en 2022 (figure 15). Le recouvrement moyen par les algues Chlorophytes, dominé par *Cladophora vagabunda* et *Chaetomorpha linum*, demeure faible (1,3%).

La quasi-disparition en 2022 de la végétation aquatique dans l'étang de Ste-Anne est certainement attribuable à l'augmentation de turbidité constatée dans les eaux de l'étang. Cette augmentation de turbidité n'est actuellement pas expliquée.

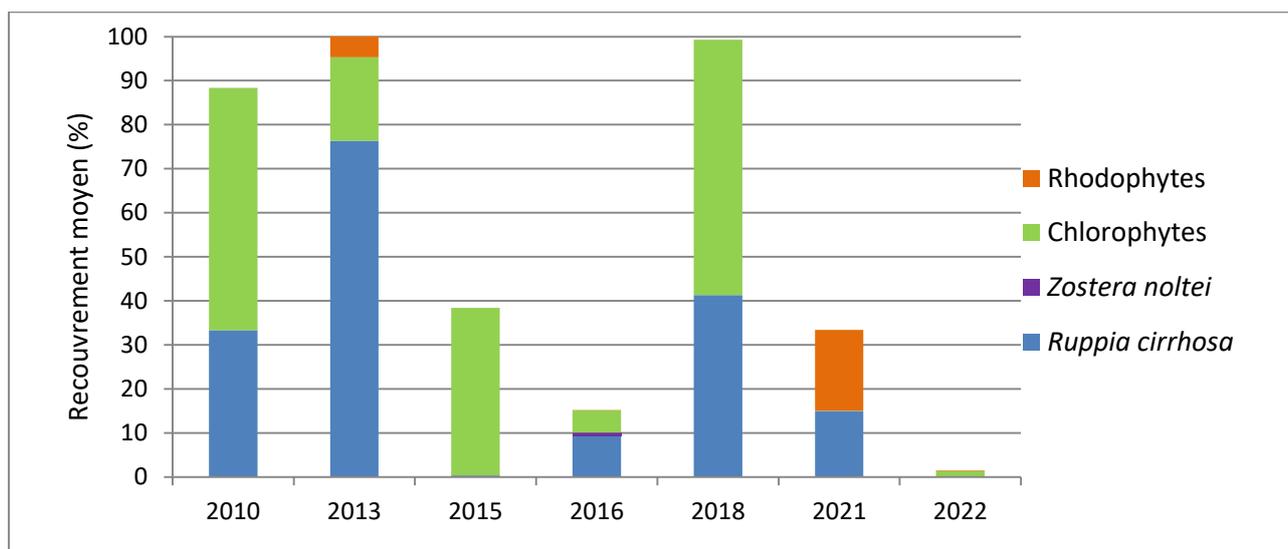


Figure 15 : Evolution de l'abondance moyenne et de la composition des herbiers de macrophytes submergées dans l'étang de Sainte-Anne (2010 à 2022) (données Tour du Valat / O.N.C.F.S.).

Vieux Rhône Sud

Dans cet étang qui continue à être exploité par le groupe SALINS, les salinités mensuelles relevées entre juillet 2021 et juin 2022 étaient en moyenne de 40‰ à l'Est et à l'Ouest du plan d'eau, avec des variations comprises entre 35 et 46‰ (données Parc de Camargue). Ces valeurs sont très proches de celles mesurées en 2020-2021. Lors des relevés réalisés en juillet 2022, les eaux étaient assez turbides sur la plus grande partie de la lagune.

Les caractéristiques du peuplement macrophytique étudié en 2022 sont similaires à celles relevées en 2021 (figure 16). Comme en 2018 et 2021, une seule station abritait la Ruppie spiralée en 2022, contre 3 stations en 2016. Le recouvrement moyen par les algues Chlorophytes (2%) demeure très faible comparativement à la période 2010-2018 (46 à 63% selon les années), avec un peuplement constitué par *Chaetomorpha linum* et *Cladophora vagabunda*. Le recouvrement moyen par les algues Rhodophytes est très faible (<0,1%). Il comprend *Ceramium tenerimum* et *Chondria capillaris*, ainsi que d'autres taxons qui ont été trouvés en dehors des stations suivies depuis 2010 (*Ceramium diaphanum*, *Gracilaria sp*, *Carrodoriella elongata*).

La Zostère naine n'a été trouvée sur aucune des quatre stations faisant l'objet d'un suivi à long terme, cependant sa présence a de nouveau été relevée ailleurs dans l'étang, notamment dans la partie Sud-Est, à proximité de la prise d'eau sur le canal de l'épave.

La rare Charophyte *Lamprothamnium papulosum* était de nouveau détectée cette année, mais hors stations de suivi.

Les évolutions observées dans le Vieux Rhône Sud sont difficiles à interpréter. La disparition des herbiers de *Ruppia* ne peut plus être attribuée par la compétition avec les macro-algues car le recouvrement de ces dernières a fortement diminué. Les concentrations de chlorophylle a étaient modérées durant le printemps

et l'été 2022 (entre 1,3 et 2,9µg/l). Les concentrations en MES minérales, souvent significatives, sont vraisemblablement la conséquence d'une remise en suspension importante du sédiment, qui peut être induite par les vents violents et par les variations importantes de niveaux d'eau. L'hypothèse est que la turbidité qui en résulte constitue un facteur limitant le développement de la végétation macrophytique.

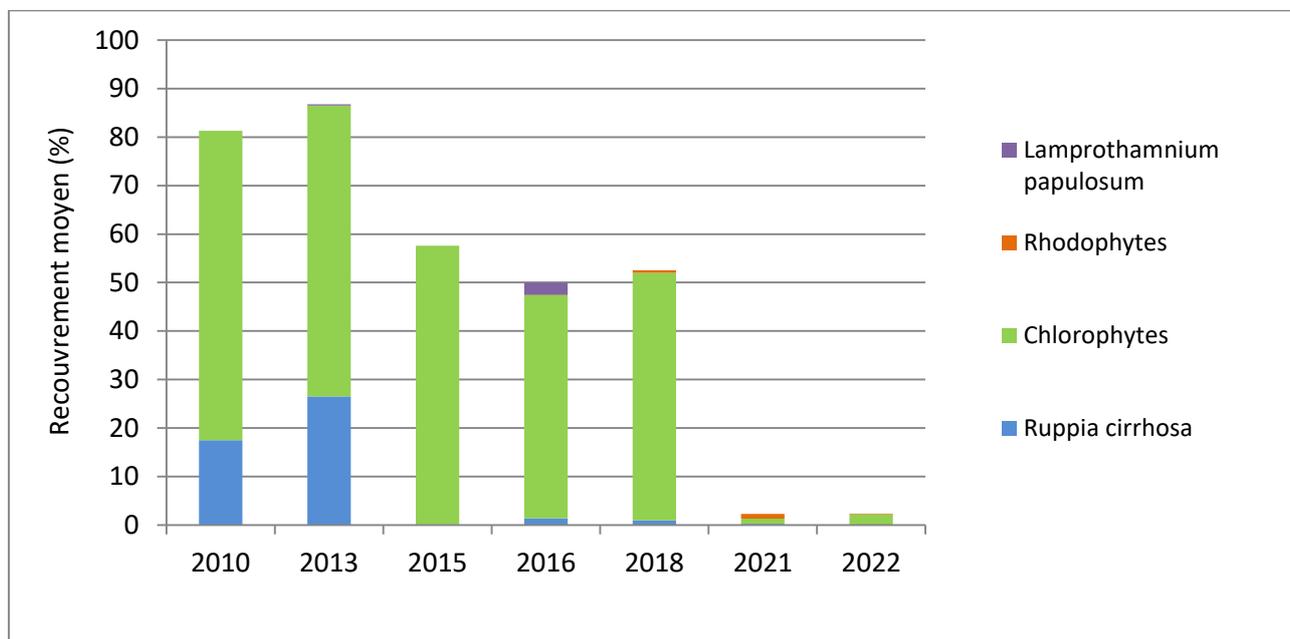


Figure 16 : Evolution de l'abondance moyenne et de la composition des herbiers de macrophytes submergées dans l'étang de Vieux Rhône Sud (2010 à 2022) (données *Tour du Valat / O.N.C.F.S.*).

4.1.3 Conclusion

Les relevés floristiques réalisés en 2022 montrent, par rapport aux années précédentes, des évolutions importantes dans le recouvrement et la composition des herbiers de macrophytes présents dans les lagunes des anciens salins. Globalement, et à l'exception de la lagune des Sablons, une diminution notable du recouvrement par la végétation macrophytique (toutes espèces confondues) est constaté au niveau des lagunes proches de la mer (Beauduc, Ste-Anne, Vieux Rhône Sud). Les évolutions observées dans l'étang de Beauduc montrent un changement important de communautés macrophytiques résultant de la marinisation de la lagune et de l'élargissement considérable de la principale communication avec la mer.

Des petits herbiers de *Ruppia spiralee* et d'algues chlorophytes commencent à s'installer dans Rascaillan et Galabert, cependant les perspectives de développement de ces herbiers semblent faibles compte tenu des contraintes fortes (salinité, turbidité) rencontrées dans ces deux étangs.

Le complexe lagunaire des anciens salins s'inscrit dans un contexte hautement évaporitique, avec d'importantes variations annuelles des conditions climatiques influant fortement sur les bilans hydriques des lagunes. Ces dernières années ont été marquées par une répétition des déficits pluviométriques (cumuls annuels de 396mm en 2020, 450mm en 2021 et 306mm en 2022 au poste Météo-France le plus proche du site, situé à la Tour du Valat, alors que le cumul annuel moyen est de 586mm). Malgré ces conditions climatiques très défavorables au maintien des équilibres eau douce / eau salée, nous constatons une assez forte résilience des écosystèmes lagunaires qui sont en connexion directe avec la mer.

L'objectif d'améliorer durablement l'état écologique des lagunes des anciens salins pourrait ne pas être atteint pour Galabert et Rascaillan, tant que l'hydrosystème Vaccarès demeurera salé et que des solutions d'aménagement et de gestion n'auront pas été mises en place pour compenser le déficit d'apport d'eau douce dans le système Vaccarès / anciens salins.

La gestion actuelle devrait conduire à une réduction des stocks de matière organique et de nutriments dans les sédiments. Cependant, la rareté des événements de tempête au cours des deux dernières années a pour conséquence un faible renouvellement des eaux des étangs situés dans le centre et le nord du site, ce qui limite certainement les exportations de nutriments vers la mer. Une mesure des nutriments et de la matière organique dans le sédiment devrait être mise en place pour (1) vérifier si les abondances des chlorophytes et du phytoplancton sont bien corrélées et (2) mesurer l'évolution de ces stocks avec la nouvelle gestion mise en place.

4.2 Inventaire des Mollusques et Cnidaires

A l'occasion du suivi de la macrofaune benthique renouvelé cette année dans plusieurs lagunes des anciens salins par Clara Bettoni (*Université de Lorraine*) avec l'aide de Samuel Hilaire (*Tour du Valat*) pour les déterminations (voir aussi chapitre 4.4), 5 espèces de bivalves nouvelles pour les Etangs et marais des salins de Camargue ont été inventoriées : **Donax venustus** Poli, 1795, la **Lentille de Méditerranée** *Lentidium mediterraneum* (O. G. Costa, 1830) et la **Praire Venus casina** Linnaeus, 1758 ont été trouvés dans l'étang de Beauduc. La **Modiole barbue** *Modiolus barbatus* (Linnaeus, 1758) et la **Dosinie** *Dosinia lupinus* (Linnaeus, 1758) ont été trouvées à la fois dans l'étang de Beauduc et la lagune des Sablons. Par ailleurs, plusieurs spécimens d'un Gastéropode, la **Cérite-goumier** *Cerithium vulgatum* Bruguière, 1792, ont été trouvés pour la première fois dans l'étang de Beauduc lors du suivi de la végétation aquatique. Enfin la **Corbicule asiatique** *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774), un mollusque envahissant originaire d'Asie du Sud-Est et arrivé en France dans les années 1980, a été trouvé dans les marais de la Belugue (détermination : S. Hilaire).

Concernant les Cnidaires, deux espèces, l'**Actinie verte** *Anemonia viridis* (Forsk. Skål, 1775) et l'**Anémone des posidonies** *Paranemonia cinerea* (Contarini, 1844), ont été identifiées pour la première fois sur le site lors d'une prospection réalisée le 9 juillet par Lucie Schaeffer (*Parc de Camargue*) dans la lagune des Sablons. L'Anémone des posidonies a été trouvée dans l'herbier de zostères naines.

4.3 Inventaire des Crustacés

4.3.1 Branchiopodes

Les découvertes naturalistes incontestablement les plus marquantes en 2022 concernent la mise en évidence de la présence de deux cortèges patrimoniaux de crustacés de la classe des Branchiopodes associés aux zones humides temporaires. Ces découvertes ont été réalisées par Nicolas Rabet (*Muséum National d'Histoire Naturelle / Sorbonne Universités*) à l'occasion d'un séjour d'inventaire organisé en décembre par la *SNPN / Réserve Nationale de Camargue*, auquel la *Tour du Valat* a également participé.

Un cortège caractéristique des mares temporaires méditerranéennes et remarquablement riche en espèces a été trouvé au clos du lièvre. Il comprend **Imnadia yeyetta** Hertzog, 1935, **Branchipus schaefferi** Fischer von Waldheim, 1834, **Tanymastix stagnalis** (Linnaeus, 1758) et **Triops cancriformis** (Bosc, 1801). *Imnadia yeyetta* n'était auparavant connu en France continentale que de trois localités situées en Camargue et en Crau ; il est évalué comme étant « Vulnérable » dans la liste rouge des crustacés de France métropolitaine¹. *Branchipus schaefferi*, *Tanymastix stagnalis* et *Triops cancriformis* sont évalués comme étant « Quasi-Menacés ».

¹ UICN France & MNHN 2014. La liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Crustacés d'eau douce de France métropolitaine. Paris, France.

Un cortège associé aux lagunes temporaires a été trouvé aux lieux-dits La Patente et le Trou du Cuvera. Il comprend notamment *Phallocryptus spinosa* (Milne-Edwards, 1840) et *Moina salina* Daday, 1888. Ces deux espèces sont évaluées respectivement « En Danger » et « En Danger Critique » dans la liste rouge des crustacés de France métropolitaine. Leur découverte dans un ancien partènement salicole où la gestion mise en œuvre depuis 2013 a pour objectif de restaurer un habitat de lagune temporaire est un signal très encourageant.



Phallocryptus spinosa mâle capturé dans les anciens salins, 20/02/2023. ©M. Thibault

La présence d'artemias est bien connue dans les lagunes des anciens salins, cependant leur détermination au niveau spécifique n'avait à notre connaissance jamais été vérifiée. La taxonomie et le statut des Artemiidae ont pendant longtemps été confus y compris en France, notamment en raison de difficultés de détermination. *Artemia parthenogenetica* Bowen & Sterling, 1978 est le taxon autochtone connu des étangs salés du sud de la France. *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) en est absent ou en a disparu. *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 est une espèce originaire d'Amérique introduite dans de nombreuses régions du Monde et notamment dans le sud de la France dans les années 70 à 90. Il est considéré comme une menace pour la biodiversité des artemias dans le Monde car il remplace les espèces natives. Les artemias présents au Trou du Cuvera dont l'identité a été vérifiée par N. Rabet se rapportaient à l'espèce exotique envahissante *A. franciscana*.

4.3.2 Ostracodes

A l'occasion d'un voyage d'étude dans le sud de la France organisé dans le cadre du Symposium International sur les Ostracodes qui s'est tenu à Lyon du 18 au 22 juillet 2022, un groupe international de spécialistes de cette classe de crustacés a été guidé sur le site des Etangs et marais des salins de Camargue le 24 juillet par le personnel de la Tour du Valat. Au cours de cette journée, 6 stations présentant différentes conditions hydrologiques ont été échantillonnées. Le travail de détermination et de valorisation des données est en cours ; au moins 8 espèces d'ostracodes nouvelles pour le site ont été trouvées (B. Scharf et al. comm. pers.). Une publication est en préparation.

4.3.3 Crabe bleu

L'observation en juillet 2022 d'un Crabe bleu (*Callinectes sapidus*) au grau des Figues nous a été rapportée par Christophe Maillis. Cette observation fait suite à plusieurs autres obtenues sur les EMSC depuis 2019. Le Crabe bleu est une espèce exotique envahissante originaire d'Amérique et qui est actuellement en phase de colonisation des milieux littoraux du pourtour Méditerranéen.

4.4 Suivi de la macrofaune benthique des anciens salins

Le suivi de la macrofaune benthique des lagunes des anciens salins a été renouvelé en 2022 dans le cadre du projet européen REST-COAST. Ce travail a été réalisé par Clara Bettoni (Master 2 Gestion de l'Environnement, parcours GEMAREC, de l'Université de Lorraine) au cours de son stage de fin d'étude. Comme pour le suivi de la végétation aquatique, l'objectif principal était de poursuivre l'observation des évolutions intervenant

dans la composition des peuplements quelques années après la réalisation du second programme de travaux de restauration hydraulique réalisé en 2019. Ce travail a fait l'objet d'un mémoire de fin d'étude².

4.4.1 Matériel et méthode

En 2022, quatre étangs ont été suivis dont trois ayant déjà été échantillonnés en 2015, 2016 et 2018 : l'étang du Rascaillan (2 stations), l'étang du Galabert (3 stations) et l'étang de Beauduc (4 stations). Les mêmes stations que celles étudiées précédemment ont donc été reprises afin de pouvoir effectuer des comparaisons (figure 17). Une quatrième lagune, celle des Sablons, a été échantillonnée pour la première fois car son fonctionnement a évolué au cours des dernières années, devenant caractéristique de celui d'une lagune permanente. Trois stations y ont été échantillonnées, réparties de façon à avoir une représentativité satisfaisante des conditions hydro-biologiques, les principaux paramètres pris en compte ici étant l'éloignement par rapport aux communications avec la mer, la profondeur d'eau et l'accessibilité. L'étang de Vieux Rhône Sud n'a pas pu être étudié cette année par manque de temps.

Afin que chaque station soit en eau lors de l'échantillonnage, d'éviter les pics de salinité estivale et de suivre les dates d'échantillonnage des précédents suivis, les prélèvements de benthos ont été réalisés entre la mi-mars et la fin juin.



Figure 17 : Localisation des stations échantillonnées en 2022 sur les EMSC de Camargue.

La méthode est proche du protocole conçu par l'IFREMER pour le suivi des milieux lagunaires en application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)³. A chaque station, trois sous-stations espacées de 10 mètres les unes des autres ont été échantillonnées, avec pour chaque sous-station 4 prélèvements distants de quelques

² Bettoni C. 2022. Suivi de la macrofaune benthique et évaluation de l'état écologique des milieux lagunaires des anciens salins du delta de Camargue. Mémoire de Master Gestion de l'Environnement, 2^{ème} année, Université de Lorraine, Tour du Valat, Projet européen REST-COAST, 50 p. + annexes

³ Le protocole de suivi est détaillé dans le rapport d'activités 2015.

mètres. A la différence du protocole DCE, les invertébrés benthiques n'ont pas été récoltés à l'aide d'une benne mais avec un carottier en PVC, par prélèvements de carottes de sédiment de 15 cm de profondeur et 10 cm de diamètre, sur une surface totale correspondant à 940 cm² par station. Le tri a été réalisé par tamisage en utilisant des tamis de maille 5 mm, 1 mm et 0,5 mm. Sur chaque station ont également été relevés la hauteur d'eau, la température, la turbidité et la conductivité.

Pour une majorité des macroinvertébrés prélevés, la détermination a été réalisée jusqu'à l'espèce. Dans les autres cas elle s'est arrêtée à la classe, sous-classe, famille ou genre. Les identifications ont été réalisées avec l'aide de Samuel Hilaire (*Tour du Valat*).

Afin d'analyser et comparer les résultats avec ceux des années précédentes, certains taxons (Chironomidae et Gammaridae notamment) identifiés à l'espèce ou à la tribu, ont été ramenés au niveau de détermination commun aux trois années d'étude précédentes (2015, 2016, 2018).

Pour décrire la structure des communautés, l'abondance, la richesse spécifique, l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), l'indice d'équitabilité de Pielou (J) ont été calculés. Les indices AMBI⁴ et M-AMBI⁵ ont été utilisés pour décrire la qualité des masses d'eau des lagunes permanentes (tableau 5).

Tableau 5 : Résumé des valeurs de l'AMBI et l'équivalence en classe de qualité DCE

Degré de pollution / dégradation	Note AMBI	Note M-AMBI	Groupe écologique dominant	Etat de la communauté benthique	Classe de qualité associé à la DCE (Borja et al. 2003)
Non pollué	0,0 < AMBI < 0.2	1≥BI>0,77	I	Normal	Très bon
Non pollué	0,2 < AMBI < 1.2	1≥BI>0,77		Appauvri	Très bon
Légèrement pollué	1,2 < AMBI < 3,3	0,77≥BI>0,53	III	Déséquilibré	Bon
Significativement pollué	3,3 < AMBI < 4,3	0,53≥BI>0,39		Transition vers une communauté dégradée	Moyen
Significativement pollué	4,3 < AMBI < 5,0	0,39≥BI>0,2	IV - V	Dégradé	Médiocre
Hautement pollué	5,0 < AMBI < 5,5	0,39≥BI>0,2		Transition vers une communauté fortement dégradée	Médiocre
Hautement pollué	5,5 < AMBI < 6,0	0,2≥BI>0	V	Fortement dégradé	Mauvais
Pollution extrême (azoïque)	6,0 < AMBI < 7,0	0	Azoïque	Azoïque	Mauvais

Enfin des analyses statistiques ont été réalisées :

Facteurs influençant la présence de macro-invertébrés : Les analyses ont été réalisées avec les logiciels Statistica 13 pour les modèles linéaires généraux (GLM) et les analyses en composantes principales (ACP) et sur Canoco5 pour les analyses canoniques des correspondances (ACC).

Evolution de la structure des communautés benthique 2015-2022 : Pour identifier les espèces dont l'abondance a évolué de manière significative (p<0,05) sur la période 2015-2022, une ANOVA à un facteur a

⁴ Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.* 40:12, p1100-1114.

⁵ Muxika I., Borja A., Bald J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* 55, p16-19.

été réalisée (Statistica). Cela met en évidence une évolution par espèce selon l'année, sans la variabilité de la station.

4.4.2 Résultats

4.4.2.1 Structure des communautés benthiques

En 2022, 35 taxons ont été identifiés, dont 22 (environ 63%) ont été déterminés jusqu'à l'espèce (tableau 6). Parmi ces taxons :

- 9 sont des crustacés. Parmi ceux-ci, des Mysidae n'ont pas pu être déterminés au genre ou à l'espèce à cause du manque de clé d'identification et de la complexité d'identification au sein de cette famille ; le genre *Bodotria* n'a pas pu être déterminé à l'espèce pour les mêmes raisons ;
- 2 tribus de larves de Chironomidae et 10 espèces de mollusques bivalves ont été déterminées ;
- 3 espèces de mollusques gastéropodes ont été déterminées ; les Hydrobiidae ont été identifiés à la famille ;
- La plupart des 6 taxons de polychètes n'ont été déterminés qu'à l'ordre ou à la famille du fait de la dégradation plus ou moins importante de ces organismes lorsqu'ils sont triés et manipulés, et des difficultés d'identification ;
- 2 taxons de Pleistoannelida ont été déterminés au genre ;
- Les nématodes et oligochètes ont été déterminés à l'ordre.

La lagune des Sablons est le plan d'eau qui présente la plus grande richesse taxonomique (tableau 7), avec entre 21 et 24 taxons par station. L'étang de Galabert en présente le moins, avec entre 2 et 4 taxons par station. Plus généralement, les deux étangs situés au nord des anciens salins, Galabert et Rascaillan, présentent les plus faibles richesses taxonomiques, et les deux étangs situés au sud, Beauduc et Sablons, les plus fortes richesses. Pour les étangs de Rascaillan et Beauduc, on remarque une augmentation du nombre de taxons, la plus significative étant pour la station de Beauduc 4 qui triple sa richesse taxonomique entre 2016 et 2022 (6 taxons en 2016 et 19 en 2022). Pour l'étang du Galabert, on remarque au contraire, entre 2018 et 2022, une diminution de la richesse taxonomique, divisée par 2 pour la station 2 et environ par 3 pour la station 3.

Tableau 6 : Résultats d'inventaire de la macrofaune benthique dans les anciens salins en 2022 (nombre d'individus)

Unité hydraulique	Beauduc				Galabert			Rascaillan		Sablons		
Station	1	2	3	4	1	2	3	1	2	1	2	3
Annélides Pleistoannelida												
<i>Cirratulus sp</i>		3								10	23	6
<i>Orbinia sp</i>				1								1
Annélides polychètes												
<i>Glycera tridactyla</i>		18	24	10						41	20	34
Goniadidae	2											2
Nereididae											1	
<i>Hediste diversicolor</i>	9							1	1			1
Spionidae	1				1				2		7	3
Polychète indéterminé		13								42	19	6
Annélides oligochètes												
Oligochète indéterminé	6									9	12	1
Vers Nématodes												
Nematoda										36	1	
Insectes diptères												
Chironomini (Chironomidae)	84		1		188	199	260	257	173	43		266
Orthocladiinae (Chironomidae)										6		2
Crustacés												
<i>Bodotria sp</i>			11	17								
<i>Carcinus aestuarii</i>	1									2		
<i>Corophium insidiosum</i>	31	1		15						153	313	37
<i>Erichthonius punctatus</i>	23	38	11							1	10	2
<i>Gammarus aequicauda</i>	4	1		3	1		1			69	91	125
<i>Idotea balthica</i>	6									1	2	21
<i>Idotea chelipes</i>	10			3		1				2	6	8
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	3	43	20							42	147	553
Mysidae indéterminé		1								2		
Molluques bivalves												
<i>Abra segmentum</i>				1								
<i>Cerastoderma glaucum</i>		7	37	2	1			2	1	3	1	
<i>Donax venustus</i>				1								
<i>Dosinia lupinus</i>				2							1	
<i>Lentidium mediterraneum</i>				1								
<i>Loripes orbiculatus</i>										5	7	
<i>Macomangulus tenuis</i>	23	55	198	84				5	39	5		32
<i>Modiolus barbatus</i>		1								1	3	2
<i>Mytilus galloprovincialis</i>				1								
<i>Venus casina</i>				1								
Bivalve indéterminé				1								
Mollusques gastéropodes												
<i>Akera bullata</i>	9									1	1	10
<i>Bittium reticulatum</i>				1						41	13	5
<i>Hydrobia sp</i>	3	63	2	2						29	20	27
<i>Tritia neritea</i>	1	7	6	2						6	9	7

Tableau 7 : Synthèse des richesses taxonomiques par étang entre 2015 et 2022.

Lagune	Année	Station			
		1	2	3	4
Rascaillan	2015	2	4		
	2016	2	2		
	2018	3	3		
	2022	4	5		
Galabert	2015	2	3	4	
	2016	5	5	4	
	2018	4	4	7	
	2022	4	2	2	
Beauduc	2015	9	5	9	
	2016	7	7	6	6
	2018	13	13	8	14
	2022	15	13	9	19
Sablons	2022	24	21	21	

Nombre de taxons compris entre :

	1-4
	5-9
	10-14
	15-19
	20-24

L'abondance totale suit une répartition similaire avec plus d'individus au sud et une abondance plus faible dans le nord des anciens salins (figure 18).

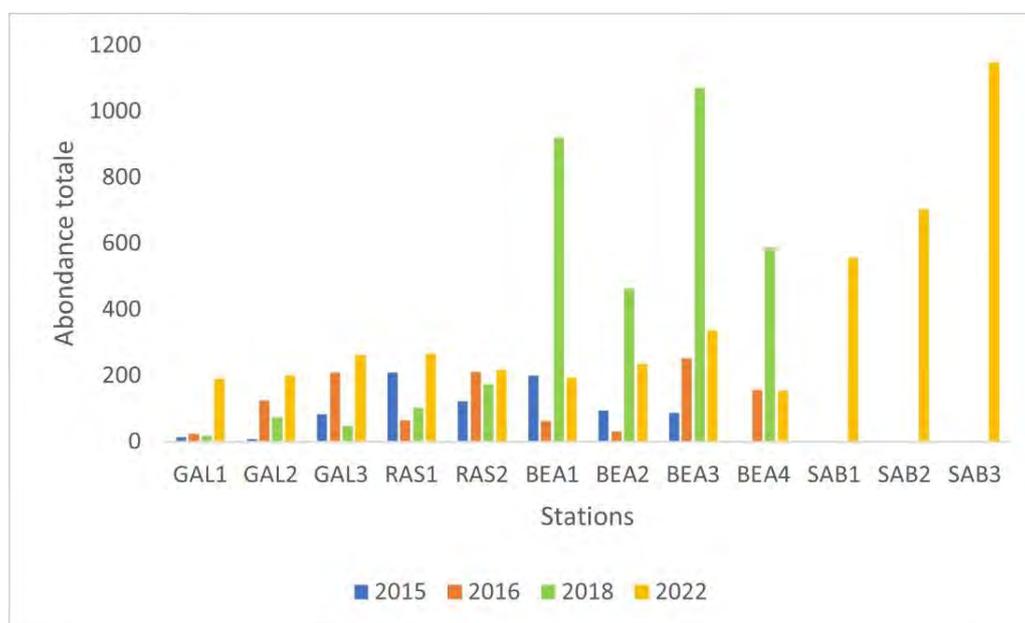


Figure 18 : Comparaison de l'abondance totale pour les stations des étangs de Rascaillan (RAS1, RAS2), Galabert (GAL1, GAL2, GAL3) et Beauduc (BEA1, BEA2, BEA3, BEA4) pour les années 2015, 2016, 2018 et 2022.

Si on s'intéresse aux densités d'individus présents au m² dans chaque étang (tableau 8), on remarque que la lagune des Sablons présente de loin la plus forte densité avec 8575 individus au m² en moyenne en 2022. Si on compare les quatre années de suivi, les étangs du Galabert et du Rascaillan présentent leurs plus fortes densités d'individus en 2022 (respectivement multipliées par environ 1,5 et 4,5 par rapport à 2018), alors qu'à Beauduc on distingue une baisse significative, avec un peuplement divisé par plus de 3 entre 2018 et 2022. Pour l'étang de Beauduc, ce constat pourrait être le signe d'une marinisation faisant disparaître certaines espèces mixtes ou pélagiques qui étaient présentes les années précédentes. Ce sont en particulier les populations de mollusques Hydrobiidae, de crustacés *Microdeutopus gryllotalpa* et *Gammarus aequicauda*, considérées comme des espèces plutôt pélagiques, qui ont disparu. Leur déclin pourrait être lié à la réduction des herbiers.

Tableau 8 : Densités moyennes des peuplements en individus/m² (toutes espèces confondues) pour les quatre étangs échantillonnés entre 2015 et 2022.

	2015	2016	2018	2022
Sablons	pas de données			8575
Rascaillan	1763	1469	1464	2569
Galabert	367	1264	488	2322
Beauduc	1343	1341	8120	2457

Afin de déterminer si les peuplements des étangs sont plutôt homogènes ou hétérogènes, et équilibrés ou déséquilibrés, les indices de Shannon et Pielou (figure 19) ont été calculés pour toutes les stations des étangs échantillonnés cette année. Rascaillan est l'étang qui présente le moins d'espèces différentes et qui a le peuplement le plus homogène au cours du temps, avec des valeurs proches de 0. Il présente cependant sur les quatre années de suivi, les valeurs les moins élevées pour l'indice de Pielou, indiquant qu'il y a un taxon qui domine, en l'occurrence les Chironomidae. On remarque cependant un rééquilibrage en 2022, avec des valeurs qui restent en dessous de 0,5 mais sont tout de même plus élevées, expliqué par la colonisation du Rascaillan par la Telline-papillon (*Macomangulus tenuis*), dont l'abondance est non négligeable (39). De même les valeurs de Galabert sont peu élevées, et on remarque une baisse significative de l'indice en 2022, montrant qu'il y a moins d'espèces dans le peuplement que les années précédentes. L'indice de Pielou associé est élevé et donc proche de 1 en 2015, 2016 et 2018, signifiant que les peuplements ont des abondances proches. En 2022, l'indice de Pielou est très faible, proche de 0, ce qui signifie qu'un taxon domine, il s'agit des Chironomidae. Au sud, les stations de Beauduc montrent peu de variations interannuelles des deux indices qui ont des valeurs élevées, signifiant qu'il y a beaucoup d'espèces différentes dans ces peuplements, avec des abondances plus équilibrées. Les indices de Shannon et Pielou sont élevés pour les stations des Sablons, leurs peuplements sont donc diversifiés et avec des abondances similaires.

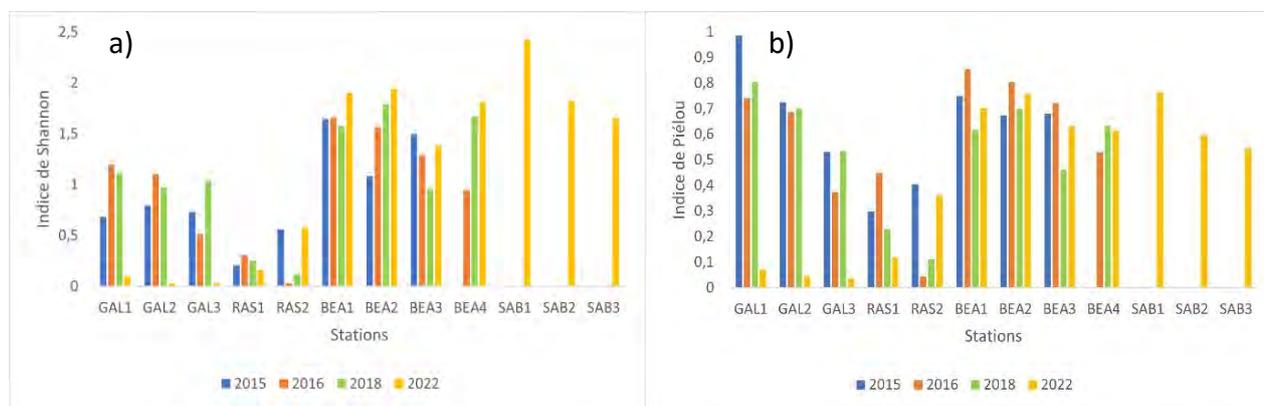


Figure 19 : Comparaison de l'indice de Shannon (a) et de l'indice d'équitabilité de Pielou (b) sur la période 2015, 2016, 2018 et 2022 pour les stations des étangs de Rascaillan (RAS1 et RAS2), Galabert (GAL1, GAL2, GAL3) et Beauduc (BEA1, BEA2, BEA3, BEA4), et état initial des stations de Sablons (SAB1, SAB2, SAB3) en 2022.

D'après les résultats obtenus pour les indices de Shannon et Pielou, certains taxons semblent avoir des abondances significativement différentes au cours du temps. La figure 20 représente les taxons dont l'évolution est significative au cours des quatre années de suivi ($p < 0,05$). Ces différentes représentations ont été effectuées à l'aide de GLM et particulièrement d'ANOVA à un facteur, sur l'abondance annuelle de chaque taxon. Ne sont représentés que les taxons dont l'abondance a évolué significativement au cours des quatre années de suivi, selon un intervalle de confiance de 95%.

Pour Beauduc, cinq espèces sont concernées :

- Pour le crustacé *Microdeutopus gryllotalpa*, les oligochètes et les mollusques Hydrobiidae, on remarque une abondance significativement supérieure aux autres années en 2018, puis une diminution en 2022.

- Pour le polychète *Glycera tridactyla*, il y a une augmentation significative de l'abondance en 2022.
- Le polychète *Websterinereis glauca*, trouvé en 2015 dans cet étang, n'a plus été détecté les années suivantes. Cependant, comme il a été difficile de déterminer certains polychètes au genre/espèce, cette espèce peut être présente en 2022 mais non identifiée.

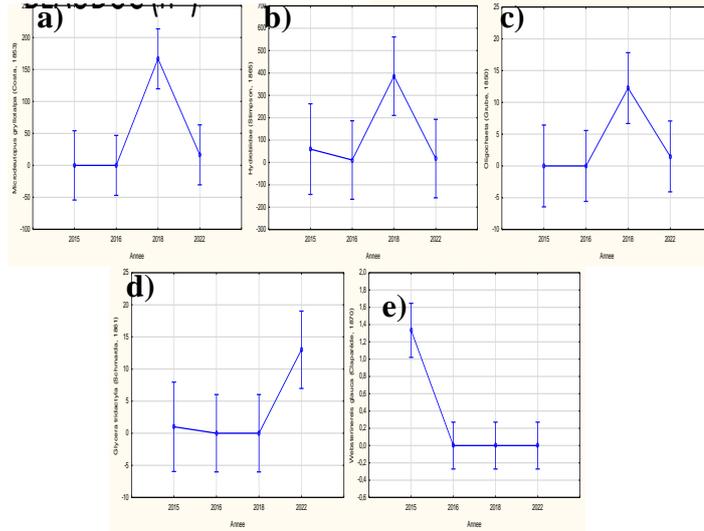
Galabert présente trois taxons dont les différences d'abondances sont significatives en fonction des quatre années de suivi :

- Les diptères Chironomini sp. dont l'abondance maximale a été trouvée en 2022. Cette année, toutes les tribus des chironomes ont pu être déterminées, contrairement aux autres années où l'identification de certains individus était restée à la famille.
- Le diptère Orthoclaadiinae sp., appartenant à la famille des Chironomidae (comme la tribu des Chironomini) avec une abondance significativement supérieure en 2018. Comme pour les Chironomini, l'identification se faisait à la famille les années précédentes.
- Le bivalve *Cerastoderma glaucum*, dont l'abondance a significativement diminué après 2016 puis s'est stabilisée.

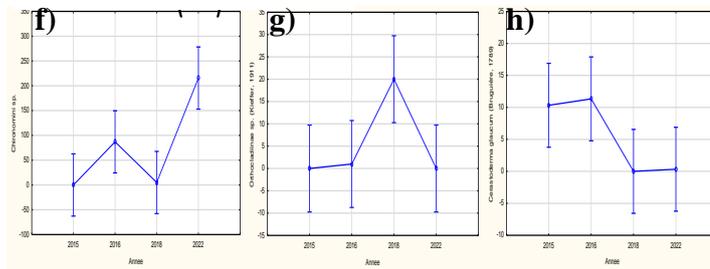
Enfin, Rascaillan présente trois taxons avec une évolution significative :

- Les Chironomidae et les vers annélides polychètes du genre *Polydora* sont absents depuis 2016. Pour les chironomes, cela est dû à la détermination principalement effectuée à la famille, contrairement aux autres années où elle est allée jusqu'à la tribu.
- Enfin, *Hediste diversicolor* est présent pour la première fois cette année dans la lagune.

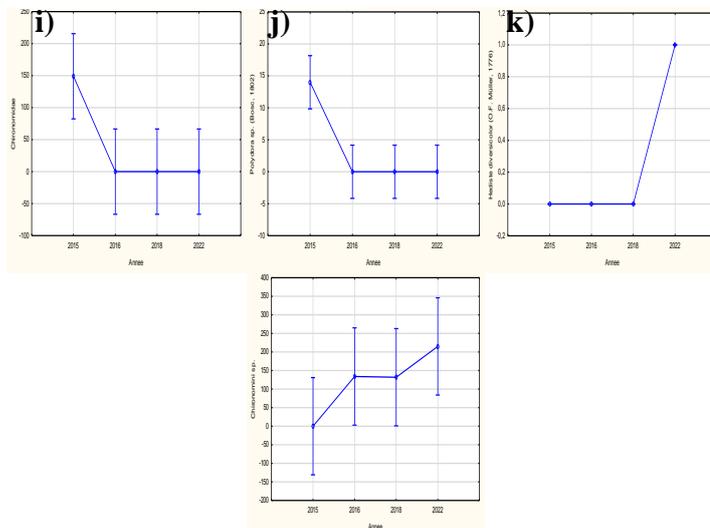
BEAUDUC (n=37)



GALABERT (n=16)



RASCAILLAN (n=11)



4.4.2.2 INDICE M-AMBI

Le tableau ci-après représente les résultats de l'indice M-AMBI pour les différentes stations des étangs de Rascaillan, Galabert et Beauduc, échantillonnés depuis 2015, ainsi que pour la lagune des Sablons échantillonnée pour la première fois en 2022. Il y a moins de 20% de taxons non assignés (environ 6,72%), donc l'indice est exploitable.

On remarque peu de changements pour les étangs de Rascaillan et Galabert. Une amélioration de l'état écologique de la station 2 de Rascaillan est constatée (passant d'un état médiocre à moyen). A l'inverse une baisse de l'état écologique est mise en évidence pour toutes les stations de Galabert (de moyen à médiocre). On observe également que les stations 3 et 4 de Beauduc ont gagné une classe d'état écologique depuis 2018.

Pour la lagune des Sablons dont c'est la première année d'échantillonnage, l'indice M-AMBI indique une bonne qualité écologique pour les stations 2 et 3 et une très bonne qualité écologique pour la station 1. Ces résultats indiquent que ces étangs sont très peu voire pas pollués (classes « slightly disturbed », « undisturbed »).

Tableau 9 : Synthèse des résultats de l'indice M-AMBI pour les étangs du Rascaillan, de Galabert et de Beauduc pour les 4 années de suivi et pour la lagune des Sablons en 2022.

Lagune	Année	Station			
		1	2	3	4
Rascaillan	2015	0,292	0,347		
	2016	0,310	0,279		
	2018	0,315	0,301		
	2022	0,322	0,421		
Galabert	2015	0,353	0,395	0,377	
	2016	0,456	0,435	0,362	
	2018	0,417	0,408	0,443	
	2022	0,311	0,280	0,279	
Beauduc	2015	0,608	0,483	0,612	
	2016	0,629	0,616	0,654	0,499
	2018	0,604	0,615	0,485	0,685
	2022	0,694	0,730	0,708	0,873
Sablons	2022	0,873	0,748	0,730	

En 6 ans, c'est la station 4 de Beauduc qui, d'après l'utilisation de l'indicateur M-AMBI, présente l'amélioration la plus importante en passant d'un état modéré (0,5) en 2016 à un très bon état (0,87) en 2022. L'étang de Beauduc et la lagune des Sablons, situés au sud du site des anciens salins obtiennent les meilleures notes, d'après les indices AMBI et M-AMBI. En effet, on retrouve des pourcentages d'espèces polluo-sensibles plus élevés dans ces lagunes (groupes I et II, cf. tableau ci-après).

A l'échelle des étangs (moyenne des ratios des stations de chaque étang), Galabert et Rascaillan ont des ratios M-AMBI faibles (entre 0,29 et 0,42). On remarque une dégradation de l'état écologique de Galabert, passant de moyen (en 2016 et 2018) à médiocre en 2022. Une amélioration de cet état est visible pour Rascaillan (en 2018 M-AMBI=0,31 et en 2022 M-AMBI= 0,37), mais n'est pas significative pour la station 1 puisqu'il n'y a pas de changement de classe d'état écologique. Cependant, on remarque la présence d'espèces polluo-sensibles (environ 10%) du groupe I en 2022, alors qu'elles étaient absentes les années précédentes.

L'état de l'étang de Beauduc reste bon, avec une amélioration de 0,16 de la note M-AMBI et 60% de présence de taxons polluo-sensibles des groupes I et II.

Pour Sablons, l'état écologique est très bon (M-AMBI=0,81) avec environ 29% d'espèces des groupes I et II. A noter que 5,15% des taxons n'ont pas été assignés, c'est-à-dire qu'ils ne sont non inclus dans le calcul de l'indice ; il s'agit principalement de polychètes déterminés seulement à l'ordre ou à la famille du fait de l'état des échantillons ou du manque d'expérience dans l'identification de ces taxons.

Tableau 10 : Résultats et descripteurs de l'indice AMBI et M-AMBI d'après le logiciel ambi de AZTI pour chaque étang en 2015, 2016, 2018 et 2022.

Etang	Année	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Not assign ned (%)	AMBI	BI from Mean AMBI	Diversity	Richness	M-AMBI	Status
Rascaillan	2015	0,41	0	89,98	9,61	0	0	3,13	2	0,55	3	0,32	Médiocre
	2016	0	0	100	0	0	0	3	2	0,25	2	0,29	Médiocre
	2018	0	0	100	0	0	0	3	2	0,27	3	0,31	Médiocre
	2022	9,97	0	90,03	0	0	0	2,70	2	0,54	4,50	0,37	Médiocre
Galabert	2015	4,76	0	89,26	5,98	0	0	2,95	2	1,07	3	0,37	Médiocre
	2016	0,64	2,90	96,46	0	0	0	2,94	2	1,35	4,67	0,42	Moyen
	2018	0	0,71	95,20	3,38	0,71	0	3,06	2	1,50	5,00	0,42	Moyen
	2022	0,30	0,17	99,53	0	0	0	2,99	2	0,07	2,67	0,29	Médiocre
Beauduc	2015	26,16	3,15	68,91	1,78	0	0	2,19	2	2,03	7,67	0,57	Bon
	2016	45,93	1,37	52,70	0	0	0	1,60	1,75	1,97	6,50	0,60	Bon
	2018	15,27	2,21	80,57	0	1,94	0,05	2,57	2	2,16	12	0,60	Bon
	2022	50,15	10,49	38,25	0,34	0,78	1,53	1,37	1,50	2,54	14	0,75	Bon
Sablons	2022	22,41	6,52	66,67	2,65	1,75	5,15	2,32	2	3,06	22,50	0,81	Très bon

4.4.2.3 Etat et tendance des paramètres physico-chimiques

La figure 21 représente une Analyse en Composantes Principales réalisée sur Statistica des différents paramètres physico-chimiques et de concentration en chlorophylle a relevés cette année dans les étangs, aux mois de mai et juin (voir aussi chapitre 3.3). L'axe horizontal présente 48,69% de la variance expliquée et l'axe vertical 20,62%. D'après la figure 21a, la variable NID (comprenant NH4 et NO2), est la mieux corrélée à l'axe F1, et les variables de salinité, NT, PT, MES (minérales et totales) et la chlorophylle a sont les plus anti-corrélées à l'axe F1. Ce sont donc plutôt des variables associées à l'eutrophisation et au confinement. La Figure 21b, représentant la projection des étangs sur le plan factoriel, montre trois groupes distincts, Sablons, Beauduc et Galabert/Rascaillan, et on remarque que pour chaque étang les valeurs de mai et juin sont proches. La variable de l'étang de Beauduc, est éloignée du centre du graphique, signifiant que les NID et la turbidité (c'est l'étang avec l'eau la moins turbide) qui y sont associés sont les variables les plus explicatives de cet étang. Il en va de même pour Sablons, la plus explicative est le pH.

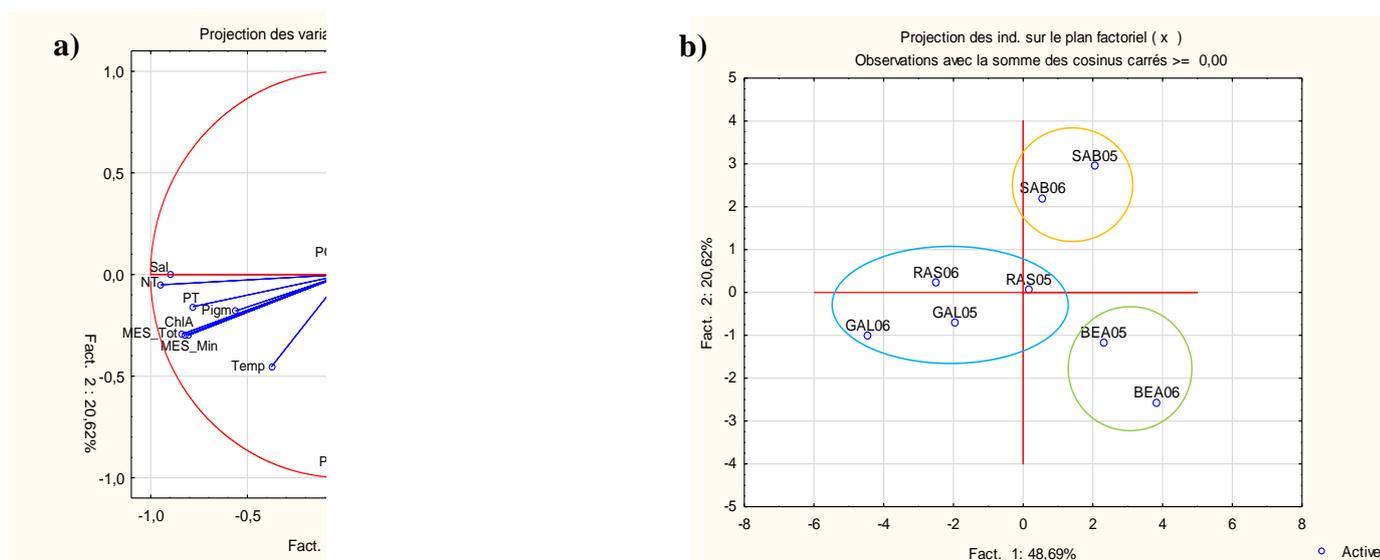
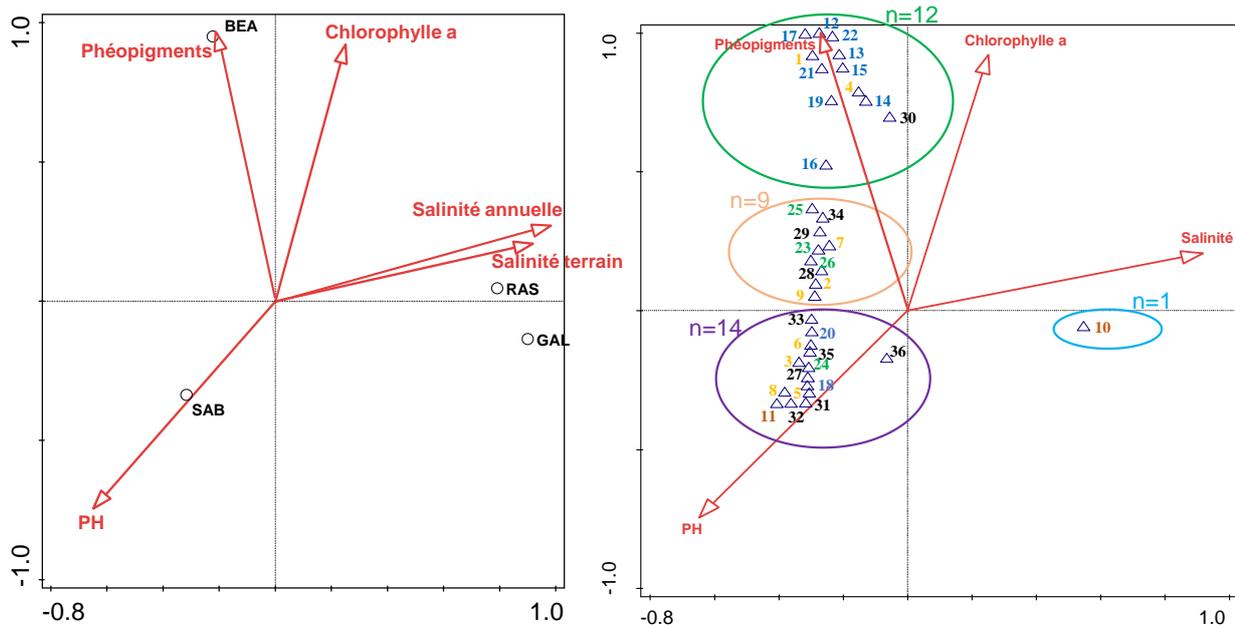


Figure 21 : a) Cercle de corrélation représentant les différents paramètres DCE (Temp=Température ; Turb=Turbidité ; Sal=Salinité ; ChA=Chlorophylle a ; Pigm=Phéopigments ; PT= Phosphore total ; NT=Azote total ; NID = azote inorganique dissous ; MES_Tot=MES totales ;MES_min=MES minérales) ; b) Plan factoriel représentant les étangs au mois de mai (05) et juin (06).

Les valeurs des mois de mai et juin étant très proches, une analyse canonique des correspondances (ACC) avec processus de sélection progressive des variables environnementales significatives a été utilisée sur les moyennes des différents paramètres DCE. L'ACC met en évidence l'évolution des espèces en fonction des paramètres abiotiques significatifs du milieu qui expliquent les différentes variations présentes sur les lagunes, en fonction des stations, à savoir : la salinité, la chlorophylle a et les phéopigments, le pH.

Les axes de projection 1 et 2 de la Figure 22 expliquent 99,78% de la variance ajustée (respectivement 57,23% et 42,55%). C'est la salinité qui a la plus forte contribution dans la répartition de ces axes (>50%), suivie des pigments/chlorophylle a avec 42,9%. Les salinités relevées sur le terrain lors des échantillonnages de benthos et les salinités annuelles moyennes ont la même importance et la même direction dans les ACP, utiliser l'une ou l'autre ne change donc pas l'interprétation. D'après la Figure 22a, on remarque que les peuplements benthiques des étangs situés dans la partie nord des anciens salins, Galabert et Rascaillan, sont fortement corrélés à la salinité. Ces étangs ont les salinités maximales les plus fortes sur les 12 derniers mois et également les salinités les plus élevées lors de l'échantillonnage. La Figure 22b montre que ce sont les chironomes, plus particulièrement de la tribu des Chironomini, qui sont les plus corrélés à la salinité, ces invertébrés étant la communauté principale de ces deux étangs. Pour les étangs du sud, on retrouve Sablons fortement corrélé au pH, et Beauduc fortement corrélé à la chlorophylle a dégradée en phéopigments. Plus particulièrement, la Figure 22b montre que plus de 80% des espèces de bivalves échantillonnées, soit 9 espèces (*Abra segmentum*, *Cerastoderma glaucum*, *Macomangalus tenuis*...), 2 taxons de crustacés (*Bodotria* sp. et *Erichthonius punctatus*), et un polychète (*Hediste diversicolor*) sont corrélés aux phéopigments. Il s'agit d'invertébrés uniquement ou principalement présents à Beauduc, dont la présence semble notamment dépendre de celle de la végétation aquatique. Pour le facteur pH, ce sont la moitié des taxons de polychètes échantillonnés, à savoir 4 taxons (*Cirratulus* sp., Spionidae...), 4 taxons de crustacés (*Corophium insidiosum*, *Microdeutopus gryllotalpa*...), les oligochètes, nématodes, Orthocladinae, ainsi que 2 espèces de bivalves (*Loripes orbiculatus* et *Modiolus barbatus*) et le gastéropode *Bittium reticulatum*, qui y sont associés. On retrouve également un troisième groupe corrélé aux facteurs de pH et de phéopigment, constitué de 3 espèces de gastéropodes dont les Hydrobiidae, 3 espèces de crustacés dont *Carcinus aestuarii*, et 3 espèces de polychètes dont *Glycera tridactyla*. Pour résumer, Beauduc et la majorité des bivalves sont corrélés aux phéopigments et Sablons ainsi que 50% des polychètes sont plutôt corrélés au pH, alors que les Chironomini sont eux associés à la salinité, comme les étangs de Galabert et Rascaillan. Les espèces retrouvées subissent donc les variations de phéopigments, pH ou salinité.



<i>Bodotria sp.</i>	<i>Carcinus aestuarii</i>	<i>Corophium insidiosum</i>	<i>Ericthonius punctatus</i>	<i>Gammarus aequicauda</i>	<i>Idotea balthica</i>	<i>Idotea chelipes</i>	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	Mysidae
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Chironomini sp.</i>	<i>Orthocladii nae sp.</i>	<i>Abra segmentum</i>	Bivalves	<i>Cerastoderma glaucum</i>	<i>Donax venustus</i>	<i>Dosinia lupinus</i>	<i>Lentidium mediterraneum</i>	<i>Loripes orbiculatus</i>
10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Macomangulus tenuis</i>	<i>Modiolus barbatus</i>	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Vénus casina	<i>Akera bullata</i>	<i>Bittium reticulatum</i>	Hydrobiidae	<i>Tritia neritea</i>	<i>Cirratulus sp.</i>
19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>Glycera tridactyla</i>	Goniadidae	<i>Hediste diversicolor</i>	Nematoda	Nereididae	Oligochaeta	<i>Orbinia sp.</i>	Polychaeta	Spionidae
28	29	30	31	32	33	34	35	36

Figure 22 : Analyse canonique des correspondances représentant (a) les paramètres abiotiques influant le plus sur les 4 ; (b) la répartition des invertébrés en fonction de ces paramètres. La légende des différents taxons de la figure b) est représentée dans le tableau en dessous de la figure, avec en orange les crustacés, en rouge les diptères, en bleu les bivalves, en vert les gastéropodes et en noir les vers polychètes, oligochètes et nématodes.

Pour compléter ces analyses, une ACC présentant les facteurs relevés sur le terrain, à savoir la température de l'eau, la salinité, la turbidité et la profondeur, ainsi que la distance des stations à la mer (en mètres) prenant en compte le parcours d'écoulement de l'eau le plus court, a été réalisée (Figure 23). Cette ACC a été effectuée avec un processus de sélection progressive des variables environnementales significatives. L'objectif est de voir quels facteurs influent le plus sur la présence de macro-invertébrés au cours du temps et dans chaque station.

Les axes 1 et 2 expliquent 24,72% de la variance ajustée (respectivement 17,13% et 7,59%) ce qui est faible mais représente une proportion significative de la variance (F-ratio=2,49 $p < 0,002$). La variable de la distance à la mer est celle qui contribue le plus à expliquer la variance totale observée (48,2%). On remarque que 3 groupes se distinguent dans cette ACC :

- Les stations de Sablons (entourées en rouge), qui ne sont corrélées à aucune variable ;
- Les stations de Beauduc (entourées en vert), plutôt corrélées à la profondeur et à la température de l'eau, facteur qui reste cependant difficile à prendre en compte en une seule prise, il faudrait un suivi plus approfondi et annuel pour apporter plus de significativité ;

- Les stations de Galabert et Rascaillan (entourées en bleu), situées les plus au nord des EMSC, elles sont fortement corrélées à la distance à la mer (de par leur éloignement) et à la salinité, cette dernière étant plus forte dans ces deux étangs. Ces stations sont également corrélées à la turbidité.

La distance à la mer est donc une des variables qui explique les différences taxonomiques entre les étangs du nord et du sud des anciens salins. Il y a donc nettement un effet lagune, réparti selon la connexion à la mer, correspondant à un gradient de profondeur et de salinité.

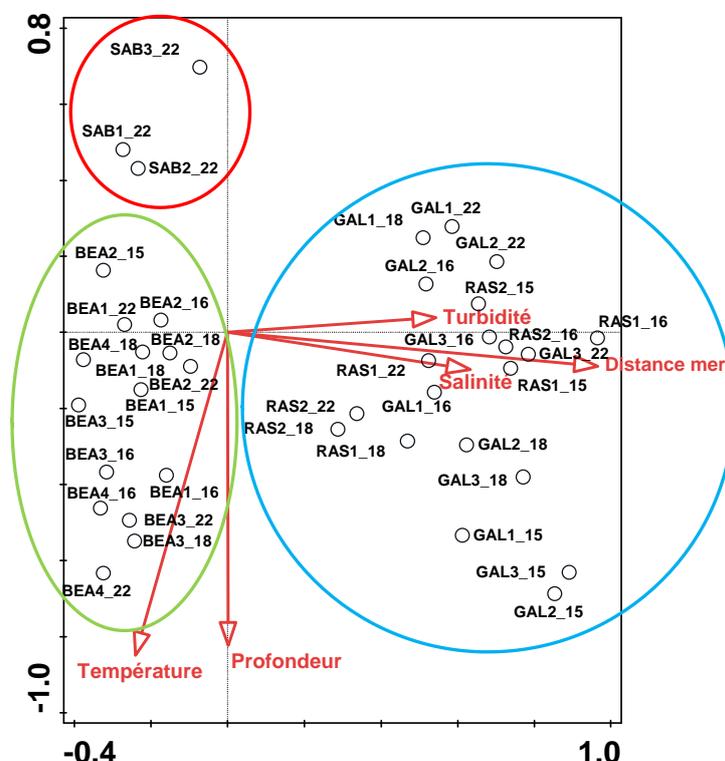


Figure 23 : Projection des axes 1 et 2 de l'ACC représentant la répartition des stations entre 2015 et 2022 selon les paramètres abiotiques relevés sur le terrain.

Le tableau ci-après synthétise les observations faites sur les biplots des ACC, permettant de mettre en évidence les facteurs abiotiques relevés sur le terrain et indépendamment corrélés avec les différents taxons d'invertébrés. Ainsi, les larves de *Chironomini* sont corrélées positivement à la salinité et négativement à la température. Ils pourraient donc résister à de plus fortes concentrations de salinité que d'autres taxons, mais pas à des températures extrêmes. Le crustacé *Microdeutopus gryllotalpa* est corrélé négativement à la salinité et à la profondeur, alors que le polychète *Cirratulus sp.* est anti-corrélé à la profondeur et que les mollusques Hydrobiidae et *Macomangulus tenuis* sont corrélés à la température. La température de l'eau jouerait donc un rôle dans la présence des Hydrobiidae et *Macomangulus tenuis*, alors que le facteur de salinité est limitant pour *Microdeutopus gryllotalpa*, tout comme celui de la profondeur, limitant également pour *Cirratulus sp.*

Tableau 11 : Synthèse de la corrélation entre les facteurs abiotiques mesurés sur le terrain en 2022 et les invertébrés benthiques échantillonnés.

	Salinité	Turbidité	Profondeur	Température
<i>Chironomini sp.</i>	+			-
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	-		-	
<i>Cirratulus sp.</i>			-	
Hydrobiidae				+
<i>Macomangalus tenuis</i>				+

4.4.2.4 Etude des groupes fonctionnels

Afin de voir si les paramètres abiotiques relevés sur le terrain ont une influence sur la présence/absence de certains taxons, une étude des groupes fonctionnels d'invertébrés a été effectuée, via une ACC avec sélection progressive des paramètres environnementaux (figure 24). Ici, on prend en compte toutes les stations de 2015 à 2022. Sur cette ACC, les axes 1 et 2 expliquent 33,62% de la variation (F1=24,73% et F2=8,89%). La salinité est la variable qui explique le plus la répartition de ces axes avec une contribution de 46,7% à la variance puis la température de l'eau, qui contribue à 23,2% à la variance.

On remarque que la salinité est corrélée avec la présence de filtreurs et avec l'absence d'omnivores, prédateurs, errants racleurs/broueteurs, dépositives, herbivores, sédentaires, dépositives sélectifs, nécrophages et charognards. La présence de détritivores semble être corrélée à la température de l'eau alors que les déchiqueteurs et mangeurs de sédiments fins dépendent plutôt de la turbidité. Ces constatations montrent que les facteurs abiotiques relevés sur le terrain ont un impact sur la présence des groupes fonctionnels d'invertébrés. Il serait intéressant d'étudier l'impact du substrat ou encore de la végétation sur ces groupes fonctionnels.

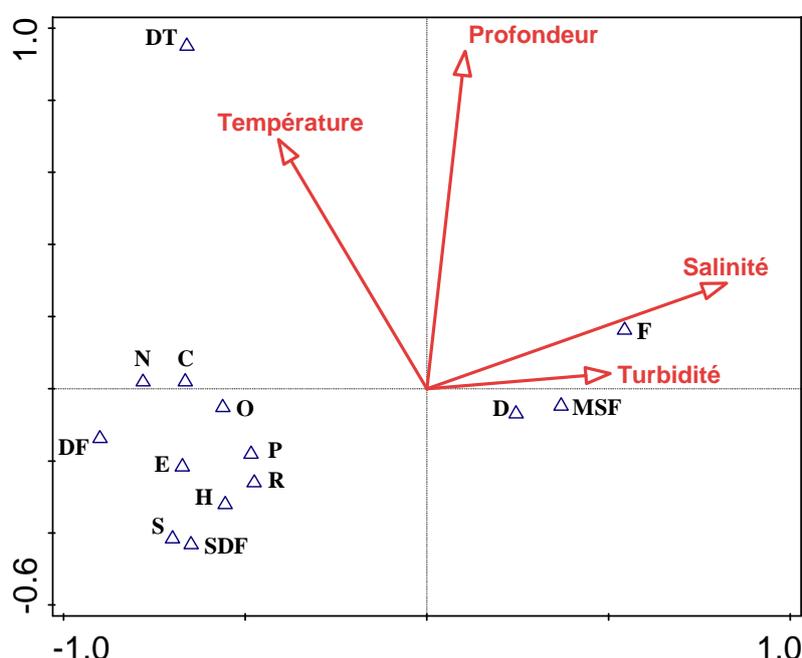


Figure 24 : ACC représentant les corrélations entre les variables environnementales de terrain (profondeur, température de l'eau, salinité, turbidité) et les différents groupes fonctionnels présents en 2022. Avec : C = Charognard ; D = Déchiqueteur ; DF = Dépositivore ; DT = Détritivore ; E = Errant ; F = Filtreur/Suspensivore ; H = Herbivore ; MSF = Mangeur de sédiments fins ; N = Nécrophage ; O = Omnivore ; P = Prédateur ; R = Racleur/broueteur ; S = Sédentaire ; SDF = Dépositivore sélectif.

4.4.3 Discussion

4.4.3.1 Analyse des communautés

Lors de l'analyse des communautés d'invertébrés benthiques et du calcul de l'indice M-AMBI des quatre lagunes étudiées, deux groupes d'étangs se distinguent.

D'un côté Sablons et Beauduc, qui sont situés le plus au sud des anciens salins et sont connectés directement à la mer par des graus, brèches et ouvertures naturelles. Le renouvellement de l'eau de ces masses d'eau est donc permanent, et le confinement moindre. En 2022, Sablons et Beauduc se distinguent des autres étangs par une plus forte richesse taxonomique, et une plus forte abondance totale pour Sablons. De plus, les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Pielou sont élevés, permettant de qualifier les communautés des étangs de Beauduc et Sablons, comme étant hétérogènes, c'est-à-dire diversifiées mais aussi équilibrées. Il

n'y a pas d'abondance significativement plus forte pour un taxon par rapport à un autre. L'indice M-AMBI donne un bon et très bon état écologique, respectivement pour l'étang de Beauduc et la lagune des Sablons en 2022. Ces résultats peuvent être dus à l'influence de certains facteurs abiotiques tels que le pH, la chlorophylle a et les phéopigments qui semblent jouer un rôle sur la structure des communautés au sein de ces lagunes. En effet, dans ces lagunes, des herbiers de végétation sont présents, impactant donc les taux de nutriments et de chlorophylle a et étant propices aussi au développement de certaines espèces de macro-invertébrés (*Hydrobiidae*, *Tritia neritea*).

Si on analyse les résultats pour l'étang de Beauduc sur les 4 années de suivi, l'ANOVA à un facteur a permis de faire ressortir cinq espèces avec des abondances ayant significativement évolué au cours du temps. Ainsi, le crustacé *Microdeutopus gryllotalpa* (groupe II), les oligochètes (groupe V) et les mollusques *Hydrobiidae* (groupe II) présentent une diminution significative de l'abondance entre 2018 et 2022. Il s'agit de groupes thalassiques et strictement pélagiques. Leur diminution en 2022 semble être compensée par l'apparition de groupes strictement thalassiques (groupe I). A la station Beauduc 4, la plus proche de la mer, l'apparition de bivalves juvéniles (Dosine en porcelaine *Dosinia lupinus*, Paire *Venus casina*, Lentille de Méditerranée *Lentidium mediterraneum*, Flion gracieux *Donax venustus*, *Abra segmentum*) et les abondances élevées (>80) de la Telline-papillon, toutes ces espèces appartenant au groupe strictement thalassique (I) (Borja et al. 2000 ; Simboura & Zenetos 2002⁶) défini par la théorie du confinement (Guelorget et al. 1983⁷), suggèrent une marinisation de l'étang de Beauduc. On remarque également une augmentation significative de la Telline-papillon dans les stations 2 et 3 de l'étang de Beauduc, qui sont plus éloignées de la mer et une diminution de l'abondance d'*Hydrobiidae* appartenant au groupe III, ce qui va également dans le sens d'une tendance au déconfinement de la lagune.

Par ailleurs, l'indice M-AMBI, permettant de qualifier l'état écologique des lagunes, montre une amélioration de l'état écologique de l'étang de Beauduc sur les stations 3 et 4, passant respectivement d'un état moyen à bon, et bon à très bon. Cette amélioration est notamment due à la découverte de nouveaux taxons thalassiques, puisque l'indice montre une présence de 60% d'espèces des groupes I et II pour la lagune. Dans l'étang de Beauduc, le classement M-AMBI suit ainsi une évolution similaire à celle du niveau de confinement de l'étang. De toute évidence, ces évolutions sont au moins pour une grande partie, la conséquence des modifications récentes intervenues sur le littoral situé immédiatement au sud de l'étang, avec en 2018, suite à de fortes tempêtes, le creusement naturel d'un grau permanent, large et profond (environ 2m), qui demeurait encore fonctionnel durant l'été 2022. La formation de ce grau est liée au recul du trait de côte et à l'abandon des digues de front de mer et favorise un renouvellement permanent et important de l'eau de l'étang, en particulier au niveau des stations 4 (la plus proche du grau), 2 et 3 (situées dans l'axe de ce grau).

De l'autre côté, on retrouve les lagunes de Galabert et Rascaillan, situées plus au nord dans les anciens salins, et dont le renouvellement de l'eau grâce aux échanges avec la mer se fait indirectement, via d'autres étangs. Ces lagunes présentent une richesse taxonomique très faible en 2022, avec un maximum de 5 taxons identifiés, et une densité d'individus quatre fois moins élevée que pour Sablons. De plus, les indices de Shannon et Piélou sont peu élevés, montrant une homogénéité des peuplements et un déséquilibre, avec un peuplement largement dominé par les *Chironomidae*. Rascaillan et Galabert présentent donc des communautés plus homogènes et déséquilibrées. La structure des communautés d'invertébrés permet de connaître l'état de la lagune. A l'échelle de la lagune, Rascaillan et Galabert affichent en 2022 un état écologique médiocre, avec des espèces issues à plus de 90% du groupe III, c'est-à-dire mixtes, adaptées au milieu marin et paralytique d'après la théorie du confinement. Ainsi, on assiste à une augmentation conséquente de l'abondance de *Chironomidae* pour l'année 2022, ce qui suggère une forte sédimentation organique, retrouvée en milieu paralytique. L'augmentation de l'abondance de *Chironomidae* pourrait être due à la diminution de la salinité sur l'étang de Galabert, visible depuis 2020. Cependant, certaines espèces de *Chironomidae* peuvent tolérer des salinités supérieures à 200g/L, c'est pourquoi c'est le taxon

⁶ Borja A., Franco J. & Perez V. 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (12) : 1100-1114

Simboura N. & Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic Index. *Mediterranean Marine Science*, 3 (2) : 77-111

⁷ Guelorget O., Frison G.-F. & Perthuisot J.-P. 1983. La zonation biologique des milieux lagunaires : définition d'une échelle de confinement dans le domaine paralytique méditerranéen.

majoritairement retrouvé dans ces lagunes. Cette année, Rascaillan a connu une colonisation notable par la Telline-papillon bivalve alors qu'elle était jusqu'alors absente de cette lagune. Ces mollusques font partie des espèces thalassiques. On y retrouve principalement des juvéniles, ce qui pourrait donc montrer une colonisation récente de la lagune, qui peut être en lien avec la baisse de salinité par rapport aux années précédentes à la même période. La baisse de salinité dans l'étang du Rascaillan était l'un des effets attendus des travaux hydrauliques effectués en 2019, en plus du déconfinement.

Pour la classe d'état écologique attribuée par M-AMBI, on note un changement de moyen à médiocre des trois stations de Galabert entre 2018 et 2022. Les travaux hydrauliques ne semblent donc pas avoir entraîné à court terme une amélioration de l'état écologique de cette lagune et qui pourrait traduire une tendance au déconfinement, signifiant notamment que le renouvellement des éléments d'origine marine reste faible ou insuffisant. Au regard des facteurs abiotiques influençant Rascaillan et Galabert, la salinité et la distance à la mer sont les deux variables impactant le plus le peuplement benthique, preuve du confinement de ces lagunes et se traduisant notamment par de fortes variations de salinité (sursalure saisonnière) dues à un faible renouvellement en eau de mer, et à l'influence des sécheresses estivales. Les résultats concernant les matières en suspension étant potentiellement biaisés à cause de la période d'échantillonnage et de l'influence du vent, on ne les prendra pas en compte. Cependant, le phosphore et l'azote total ont une influence sur ces lagunes. En effet, d'après les données collectées, on remarque particulièrement une dégradation de l'état écologique de la colonne d'eau de Galabert entre mai et juin due aux NT et PT. Une hypothèse de la dégradation de l'état écologique de Galabert, est que l'augmentation de l'azote total et des phosphates peut être due à des mortalités de phyto/zooplancton et des relargages de NT et PT à partir du sédiment, favorisés par la hausse des températures. Ces apports peuvent aussi être issus du bassin versant, particulièrement du canal du Versadou, qui a montré par le passé une dégradation de la qualité de l'eau pour les matières azotées avec cependant un bon état concernant les matières phosphorées.

4.4.4 Conclusion

L'état initial de la lagune des Sablons montre une lagune avec une forte abondance totale et richesse taxonomique en macro-invertébrés. Un très bon état écologique est attribué par l'indice M-AMBI ; il faudrait suivre cette lagune dans les prochaines années afin de voir l'évolution des communautés et de l'indice.

Pour l'étang de Beauduc, l'état écologique donné par M-AMBI demeure bon. La découverte de nouvelles espèces de mollusques thalassiques à Beauduc suggère qu'une marinisation de la lagune est intervenue depuis 2018 sur le secteur le plus proche de la connexion avec la mer (station 4).

L'indice M-AMBI ne montre globalement pas d'amélioration de l'état écologique des étangs du Galabert et du Rascaillan. Il y a plutôt une dégradation de l'état du Galabert (passage de moyen à médiocre). Cependant, la baisse de la salinité moyenne annuelle depuis les travaux laisse à penser qu'il y a bien un déconfinement de des deux étangs, mais il faudrait vérifier cette hypothèse lors des prochains suivis, notamment s'il y a de nouvelles espèces d'invertébrés échantillonnées. Le déconfinement des étangs du Galabert et du Rascaillan pourrait être vérifié par la présence de nouvelles espèces de macro-invertébrés, plutôt associées aux milieux marins, comme c'est déjà le cas pour Rascaillan avec l'apparition de la Telline-papillon.

4.5 Inventaire et suivi de l'entomofaune

L'effort d'inventaire s'est poursuivi en 2022 avec la découverte de **58 espèces d'insectes qui à notre connaissance ont été répertoriées pour la première fois sur le site**. Ces compléments portent principalement sur des diptères (21 espèces), des hémiptères (punaises, cicadelles etc : 11 espèces), des lépidoptères (10) et des coléoptères (11). **Ces découvertes portent à 1363, le nombre total d'espèces d'insectes inventoriés sur les Etangs et marais des salins de Camargue.**

L'**inventaire systématique des lépidoptères** démarré en 2015 par la *Tour du Valat* a été poursuivi cette année, avec la collaboration de Thierry Varenne et Jacques Nel pour les déterminations des spécimens nécessitant l'examen des armatures génitales. La majorité des observations ont été obtenues de nuit par attraction par sources lumineuses. Au total, 9 sessions d'inventaires ont été réalisées de nuit entre février et octobre 2022. Il est à signaler cette année un afflux de noctuelles migratrices rares originaires du sud de l'Europe ou d'Afrique du Nord, observées fin octobre en lien avec des conditions météorologiques très favorables aux migrations de lépidoptères. Parmi ces espèces, les plus remarquables sont l'**Agrotide sagittée** *Agrotis spinifera* (Hübner, 1808), la **Nyctéole égyptienne** *Garella nilotica* (Rogenhofer, 18822) et la **Leucanie nonchalante** *Mythimna languida* (Walker, 1858). Les découvertes réalisées en 2022 portent à 754, le nombre d'espèces de Lépidoptères hétérocères (papillons de nuit) inventoriés sur les Etangs et marais des salins de Camargue. Il est prévu de poursuivre l'inventaire en 2023.



Deux noctuelles migratrices rares en France, à gauche : la Leucanie nonchalante *Mythimna languida*, à droite : la Nyctéole égyptienne *Garella nilotica*, Etangs et marais des salins de Camargue, 26/10/2022. ©M. Thibault

Deux lépidoptères Rhopalocères nouveaux pour le site ont aussi été trouvés : L'**Azuré du Trèfle** *Cupido argiades* (Pallas, 1771) et l'**Azuré porte-queue** *Lampides boeticus* (Linnaeus, 1767). Ces données portent à 33, le nombre de « papillons du jour » inventoriés sur le site.

L'inventaire ponctuel d'autres groupes taxonomiques d'insectes a été poursuivi principalement par la *Tour du Valat* et dans le cadre de prospections bénévoles. Plusieurs entomologistes ont également été accueillis cette année sur le site. William Perrin (*Université de Montpellier*) a effectué une recherche des coléoptères coprophages le 8 mai. Un groupe d'entomologistes a prospecté les dunes de la montille des Perdreaux le 25 juin à l'occasion de deux journées de prospection organisées conjointement par la *SNPN – Réserve naturelle nationale de Camargue* et le *Conservatoire d'Espaces Naturels PACA*. Parmi les découvertes intéressantes, peuvent être mentionnés :

- Le **Grillon coléoptère** *Trigonidium cicindeloides* (Rambur, 1838). Cet orthoptère a été trouvé en deux localités à Tourvieille. Ses populations sont évaluées « En Danger » en Région PACA, cependant l'espèce est depuis plusieurs années en expansion sur le pourtour Méditerranéen et son statut de conservation régional sera certainement réévalué.

- ***Tropidia scita*** (Harris, 1780). Ce diptère de la famille des Syrphidae est inféodé aux zones humides et a été trouvé au marais de la Belugue. D'après les connaissances disponibles, il est rare sur le pourtour Méditerranéen.



A gauche : Grillon coléoptère *Trigonidium cicindeloides* (femelle), Tourvieille, 03/05/2022 ; à droite : un Syrphe *Tropidia scita* (femelle), La Belugue, 14/08/2022. ©M. Thibault

Une nouvelle station du Coléoptère coprophage ***Onitis belial*** (Fabricius, 1798) a été trouvée par William Perrin. Ce Scarabaeidae circonscrit au pourtour Méditerranéen s'est fortement raréfié en France. Il semble être encore assez répandu sur les secteurs du site pâturés par les bovins. Il est à noter que les prospections sur les montilles du clos du lièvre qui sont pâturées par des chevaux ont été infructueuses pour cette espèce.

Enfin, la prospection des mares et marais temporaires pour la recherche du **Leste à grands stigmas** *Lestes macrostigma* (Eversmann, 1836), une libellule rare et considérée « en danger » en France⁸, a été renouvelée cette année par le personnel de la *Tour du Valat* et du *Parc de Camargue*. Du fait du déficit de précipitations, 2022 était une année très défavorable à l'émergence de cette espèce en Camargue et aucune observation n'a été obtenue sur les Etangs et marais des salins de Camargue.

4.6 Reptiles

Un mâle de **Tortue de Floride** *Trachemys scripta elegans* a été trouvé au marais de la Belugue (observateur : A. Olivier / *Tour du Valat*). Cette espèce exotique envahissante avait déjà été observée une fois sur le site en 2014. L'individu a été capturé et apporté au centre de l'association *Tortues Passion* à Vergèze dans le Gard. Ce centre d'hébergement est reconnu par l'*Office Français de la Biodiversité*, les douanes et la gendarmerie comme réponse aux problèmes de récupération et de conservation des Chéloniens.

⁸ UICN France, MNHN, OPIE & SFO 2016. La liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Libellules de France métropolitaine. Paris, France.

4.7 Avifaune

4.7.1 Inventaires

Trois espèces nouvelles pour le site ont été observées en 2022 : la **Mouette tridactyle** (observateur : S. Ceyte / www.faune-paca.org), le **Pic épeichette** (M. Thibault / obsnature-camargue.net/) et le **Moineau espagnol** (Y. Kayser / obsnature-camargue.net/). Ces premières mentions portent à **305** le nombre d'espèces d'oiseaux recensées sur les Etangs et marais des salins de Camargue (partie terrestre), auxquelles s'ajoutent 15 espèces inventoriées sur les emprises foncières du *Conservatoire du littoral* situées en mer.

Parmi les espèces rares en France continentale ou peu fréquentes sur le site et qui ont été observées en 2022, peuvent être signalés aussi le Cormoran huppé, le Busard pâle, le Faucon d'Eléonore, le Pluvier guignard, le Phalarope à bec large, le Chevalier stagnatile, la Guifette leucoptère, le Martinet pâle, le Pipit à gorge rousse, le Pouillot de Pallas, le Pouillot de Sibérie, la Fauvette des Balkans, le Gobemouche de Méditerranée, le Gobemouche à collier, l'Étourneau unicolore, la Corneille mantelée et le Bruant des neiges. Par ailleurs, un Océanite tempête a été vu le 18 mai depuis la côte, sur le parcellaire cadastral du *Conservatoire du littoral* situé en mer (observateur : T. Dagonet).

Concernant l'avifaune nicheuse, le fait le plus marquant est la **première mention de reproduction de la Glaréole à collier sur le site** (observateurs : A. Olivier, Y. Kayser)⁹. Une petite colonie avec des poussins a été découverte tardivement (le 19 juillet) dans les sansouires situées entre le clos des messorgues et la baisse du Milieu. Un maximum de 4 couples et 10 poussins ont été recensés le 22 juillet. La date d'installation de la colonie a été estimée au 27 juin. Etant donnée la période de reproduction tardive par rapport aux autres colonies suivies dans le delta en 2022, il est possible que cette petite colonie se soit constituée par un report d'oiseaux faisant suite à un échec de la reproduction ailleurs en Camargue. Un cas de prédation d'un poussin par une Sterne hansel a été observé. Il semblerait qu'aucun poussin n'ait atteint l'âge de l'envol.

4.7.2 Suivi de la reproduction des petits charadriiformes coloniaux

Le suivi des colonies de petits charadriiformes a été renouvelé par la *Tour du Valat*, avec la participation du *Parc de Camargue* sur le secteur de la Belugue. Depuis 2019, une partie de l'activité de suivi réalisée par la *Tour du Valat* s'inscrit dans le cadre d'une convention de partenariat avec le *Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon (CEN L-R)*, qui elle-même découle d'une convention pluriannuelle d'objectifs établie entre l'*Office français de la biodiversité (OFB)* et le *CEN-LR*. Cette convention s'insère dans le projet de mise en œuvre des suivis postérieurs au projet européen Life+ ENVOLL, afin d'assurer la collecte et l'analyse des données de suivi de la reproduction des laro-limicoles coloniaux sur l'ensemble du pourtour méditerranéen français (régions Occitanie, Sud-PACA et Corse).

La recherche des colonies, leur recensement et leur suivi, ont été effectués chaque semaine pendant la saison de reproduction, de début mai à la fin juillet.

328 couples, toutes espèces confondues, ont été recensés en 2022 sur le site des Etangs et marais des salins de Camargue, dont la quasi-totalité sur l'îlot aménagé de l'ancien salin de la Vignole. Cet îlot a accueilli 7 espèces nicheuses, avec notamment des effectifs importants de sternes hansels (148 couples) et avocettes élégantes (58 couples). On retrouve également des goélands railleurs (28 couples), des mouettes rieuses (16 couples) et des sternes naines (10 couples), caugeks (2 couples) et pierregarins (20 couples). Malgré des éclosions observées pour l'ensemble des espèces, une prédation inhabituelle a été constatée en juin. Trois amoncellements de cadavres de poussins de sternes hansels ont été trouvés en bordure de l'îlot. Cette perturbation a entraîné l'abandon total de la colonie par les oiseaux nicheurs. A noter cependant que le succès reproducteur des avocettes élégantes n'a pu être calculé cette année encore, en raison de l'importante dispersion des familles après éclosion, mais de nombreux juvéniles ont été observés, suggérant un bon succès de reproduction.

⁹ Kayser Y. 2022. Suivi de la reproduction de la Glaréole à collier – année 2022. Rapport *Tour du Valat* pour le *Parc Naturel Régional de Camargue*, 22p.

Sur la colonie du Vieux marais du Pèbre (BEP_1), 34 couples de mouettes rieuses se sont installés cette année, avec un succès reproducteur satisfaisant (1 poussin / couple calculé sur 34 couples).

Sur Sainte-Anne, deux couples de sternes naines ont été observés, mais le site a par la suite été abandonné.

Cette année, un maximum de 10 couples de sternes naines a été observé sur le lido de l'étang de Beauduc ; malgré des pontes observées, aucun poussin n'a été vu à l'éclosion ou à l'envol.

Dans le cadre du Projet Migralion, deux goélands railleurs adultes ont été bagués sur l'îlot aménagé de l'ancien salin de la Vignolle.

Tableau 12 : Effectifs nicheurs de petits charadriiformes coloniaux recensés sur le site des Etangs et Marais des Salins de Camargue en 2022 (en nombre de couples) (Données *Tour du Valat / Parc de Camargue*).

Espèces	Colonies	Effectifs au pic Grande Camargue	Effectifs max. de la colonie	Effectif pic Grande Camargue
Mouette rieuse	Vieux marais du Pèbre	33	34	3566
	Ancien salin Vignolle (îlot aménagé)	8	16	
Goéland railleur	Ancien salin Vignolle (îlot aménagé)	28	28	939
Sterne pierregarin	Ancien salin Vignolle (îlot aménagé)	16	20	533
Sterne hansel	Ancien salin Vignolle (îlot aménagé)	145	148	1549
Sterne caugek	Ancien salin Vignolle (îlot aménagé)	0	2	463
Sterne naine	Ancien salin Vignolle (îlot aménagé)	10	10	560
	Etang de Ste-Anne	2	2	
	Lido de l'étang de Beauduc	10	10	
Avocette élégante	Ancien salin Vignolle (îlot aménagé)	58	58	837



Poussins d'Avocette élégante au nid sur l'îlot de l'ancien salin de la Vignolle, mai 2022. Photo prise dans le cadre du suivi de la reproduction des oiseaux coloniaux. © T. Dagonet / *Tour du Valat*.

4.7.3 Autres données concernant la reproduction

La synthèse ci-dessous présente les autres informations relatives à la reproduction ou au statut reproducteur de l'avifaune, à partir des observations obtenues en 2022 principalement par les personnels de la *Tour du Valat* et du *Parc naturel régional de Camargue*.

Canard souchet : un couple est vu en période de reproduction (le 2 juin) au vieux marais du Pèbre.

Sarcelle d'été : un mâle est vu en période de reproduction (le 28 mai) au vieux marais du Pèbre.

Grèbe huppé : 1 nid occupé est observé au marais de Peu Sé.

Talève sultane : contactée en période de reproduction au marais de la Belugue et aux Enfores de la Vignolle.

Vanneau huppé : des oiseaux sont vus en début de saison de reproduction à la Belugue et au clos du lièvre mais l'espèce ne semble pas avoir tenté de nicher cette année.

Chevalier gambette : l'espèce n'a pas fait l'objet de recensement cette année. 2 à 3 couples nicheurs et au moins 1 poussin ont été notés sur le secteur régulièrement fréquenté par l'espèce près des montilles du Platelet. Un adulte et un poussin ont été vus fin mai à la montille des Perdreaux.

Martin-pêcheur d'Europe : de nouveau noté en période de reproduction à Tourvieille et Peu Sé.

Coucou geai : Un couple est vu régulièrement entre fin-février et début-mai à Beauduc. Egalement deux données ponctuelles à la Belugue et au Fangassier.

Milan noir : 1 seul nid occupé trouvé à Tourvieille.

Faisan de Colchide : deux preuves de reproduction obtenues avec des poussins non volants près du parking de la Comtesse et à la Belugue

Lusciniole à moustaches : une preuve de reproduction avec un adulte transportant de la nourriture au marais du clos de l'âne.

Verdier d'Europe : en période de reproduction, contacté fin avril près du vieux marais du Pèbre et en juillet à la Belugue.

Bruant des roseaux, sous-espèce *witherbyi* : 2 mâles chanteurs, l'un au triangle du Pèbre et l'autre au marais de Peu Se.

4.7.4 Recensements mensuels des oiseaux d'eau

Les oiseaux d'eau stationnant sur le site sont recensés une fois par mois par le personnel de la *Tour du Valat* et du *Parc de Camargue*. Ce suivi mobilise au minimum 3 personnes chaque mois et jusqu'à 5 durant l'hiver.



Groupe de canards souchets dans l'ancien partènement de Briscon, 18/02/2022. © M. Thibault / *Tour du Valat*.

4.7.4.1 Grèbes

Au cours de la saison 2021/2022, les effectifs de grèbes ont été généralement faibles sauf pour les grèbes huppés en décembre 2021 et pour les grèbes à cou noir en septembre 2022 (cf. tableau 13). En septembre 2022, l'effectif important de grèbes à cou noir (187) recensés sur l'étang du Galabert s'explique certainement par la présence de densités importantes d'artémias dans cet étang à cette époque de l'année.

Tableau 13 : Effectifs mensuels de grèbes recensés sur le site des Etangs et marais des salins de Camargue – période septembre 2021 à septembre 2022 (données *Tour du Valat & Parc de Camargue*). Les effectifs dénombrés sur le *Domaine Public Maritime* ne sont pas inclus.

	2021				2022								
	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept
Grèbe castagneux	1	2	7	4	8	1				2	4	2	
Grèbe à cou noir	15	49	3	19		9	5				14	2	198
Grèbe huppé	3	48	51	123	43	9	10	2	3	5	1	4	27
TOTAL Grèbes	19	99	61	146	51	19	15	2	3	7	19	8	225

4.7.4.2 Flamants roses

Le cumul des effectifs de flamants roses recensés d'octobre 2021 à septembre 2022 sur le site (38285) est légèrement supérieur au cumul de l'année précédente et significativement inférieur à la moyenne calculée depuis 2012. Les très faibles effectifs d'avril à juin sont à mettre en relation avec l'absence de reproduction au Fangassier. On notera cependant que les effectifs recensés aux mois d'octobre (3916 individus), novembre (4817) et décembre (4277) sont les plus importants depuis 2012. Les étangs accueillant les effectifs les plus importants durant la période considérée sont le Rascaillan, le Galabert et Ste-Anne.

Les effectifs dénombrés en janvier depuis 2001 ne montrent pas de tendance significative (figure 25).

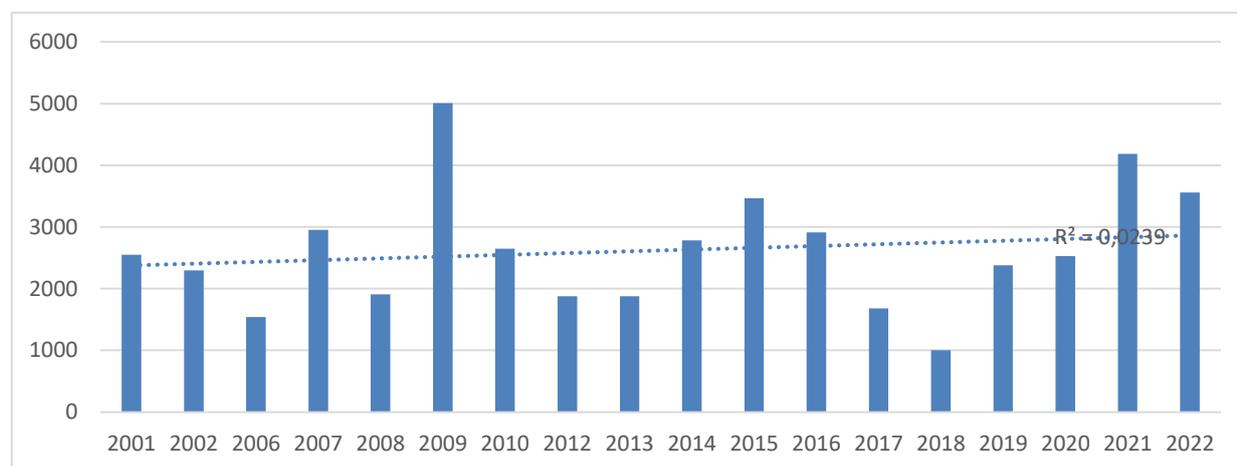


Figure 25 : Flamants roses : Evolution des effectifs dénombrés en janvier sur les EMSC (pas de données disponibles de 2003 à 2005 et en 2011).

Tableau 14 : détail par étang de l'évolution des effectifs de flamants roses sur les Etangs et marais des salins de Camargue – période septembre 2021 à septembre 2022 (données *Tour du Valat & Parc de Camargue*).

	2021				2022								
	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept
Vieux Marais du Pèbre							16	13	2				
Marais de la Belugue							24	25	1				
La Patente						1	16						
La Poutrague	37	3	41	28	148	62	59	56	4				45
Enfores de la Vignolle	250	127	172	161	39	62	64		41	40		84	64
Pèbre & ancien salin Vignolle		238		26			1		44	7	37		
Briscon & Trou du Cuvera		2	494	920	1162	620	602						
Fangassier 1	140	130	155	5	3	82	1	8	216	3		1	139
Fangassier 2		18	1160	5	3	1	3	2					30
Galabert 0					12								
Galabert 1			1				1						2
Galabert 2	1565	1160	357	285	420	990	594	478	81	1184	2460	451	1760
Galabert 3		52	64	17	5		6						64
Rascaillan	323	910	1420	1140	81	350	517	52	98	424	2040	697	410
Pourtour de Rascaillan 1		7	101	171	12	5	22	12			26	38	
Pourtour de Rascaillan 2		43	15	12	29	21	51	9	59			3	128
Vieux Rhône Sud	105	326	130	379	419	233	241	47	56	182	71	60	160
Ste Anne & They du Barrage	570	508	312	422	614	589	393	64	47	10	47	123	345
Vaisseau 1		27	17	88	32	28	29	16		1			102
Etang de Beauduc		190	117	357	290	843	1050	288	1	2	29		111
Val Agricola							90	9					30
Lagune des Sablons	5	123	210	221	235	122	74	107		4	200	125	171
Lagune des Cabanons		52	51	40	58	22	46	14					22
TOTAL	2995	3916	4817	4277	3562	4031	3900	1200	650	1857	4910	1582	3583

4.7.4.3 Anatidés

Globalement les effectifs d'anatidés dénombrés au cours de l'hiver 2021/2022 étaient en forte hausse par rapport à la moyenne observée depuis l'hiver 2012/2013. Les effectifs recensés en janvier sont les plus importants depuis 2001. On notera en particulier des effectifs de canards souchets recensés de décembre à février qui sont sans précédent depuis l'acquisition du site par le *Conservatoire du littoral*. Comme au cours de l'hiver 2020/2021, des stationnements réguliers de canards siffleurs ont été constatés, avec des effectifs toutefois inférieurs à ceux observés avant 2015

Tableau 15 : Effectifs mensuels d'anatidés recensés sur les Etangs et marais des salins de Camargue de septembre 2021 à septembre 2022 (données *Tour du Valat & Parc de Camargue*). Les effectifs sur le D.P.M. ne sont pas inclus.

	2021				2022								
	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept
Cygne tuberculé	12	14	17	19	25	30	26	17	10	6		3	50
Oie cendrée			3										
Tadorne de Belon		23	74	449	1372	561	121	66	13	51	5	293	2
Canard chipeau			3	17	16	41	29	6	4		11	16	
Canard siffleur	2	1		160	180	123	16						
Canard colvert	623	106	186	664	1360	442	241	305	106	88	95	669	222
Canard pilet	1			3	42	15	8						
Canard souchet	137	183	341	1088	2069	1966	260						
Sarcelle d'été							4	3					
Sarcelle d'hiver		16			10	459	370	30					14
Nette rousse						2			2				
Harle huppé					4	10	10	3				1	
TOTAL Anatidés	775	343	624	2400	5078	3649	1085	430	135	145	112	981	288

La majorité des anatidés hivernants dénombrés sur les EMSC stationnent sur le secteur des anciens salins. La richesse spécifique, la diversité et (dans une moindre mesure) les effectifs totaux des anatidés dénombrés en janvier sur le secteur des anciens salins, ont eu tendance à augmenter de 2013 à 2015 (figure 26). Ces indicateurs sont ensuite à la baisse de 2016 à 2018, puis remontent depuis 2020. Globalement, depuis l'acquisition par le *Conservatoire*, on note une augmentation de la richesse spécifique, en lien avec l'évolution des anciens partènements situés au nord de la digue à la mer (niveaux d'eau plus favorables en hiver, diminution des salinités).

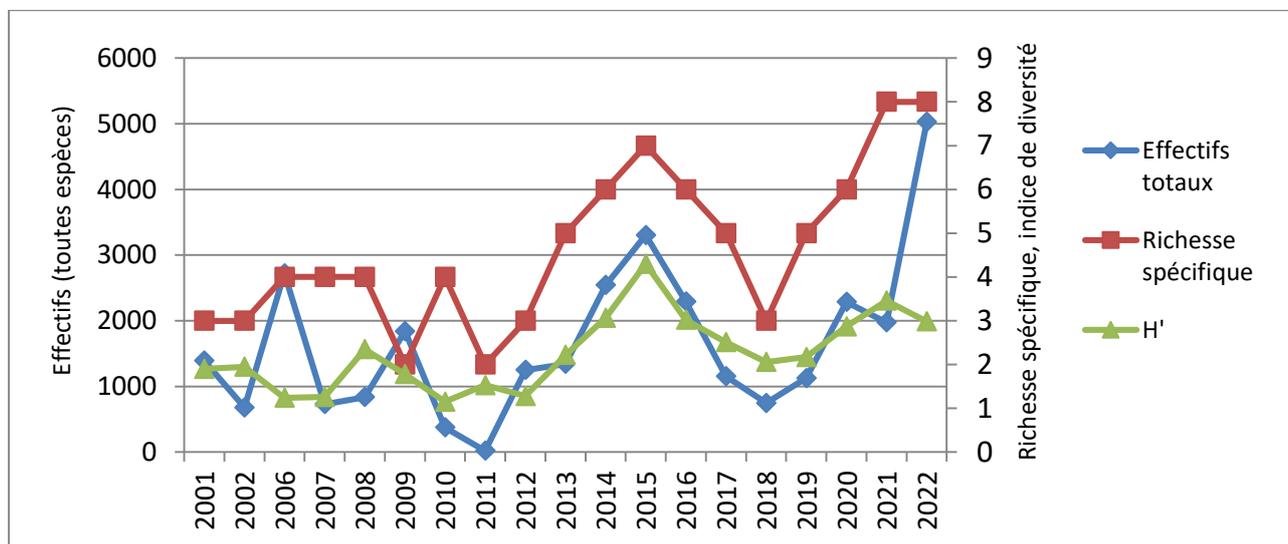


Figure 26 : Anatidés : Evolution des effectifs (toutes espèces), de la richesse spécifique et de la diversité (Indice de Shannon) en janvier sur le secteur des anciens salins, entre 2001 et 2022 (données TdV, PNRC & ONCFS. Pas de données disponibles de 2003 à 2005).

4.7.4.4 Limicoles

La période a de nouveau été marquée par des stationnement importants de limicoles en seconde partie d'hiver (11894 oiseaux en janvier 2022 et 13042 en février 2022, cf. tableau 16). Un effectif exceptionnel de 41 huîtres-pies est recensé en avril 2022. Des stationnements importants de pluviers argentés sont relevés en janvier (530 oiseaux) et février (543). Le seuil Ramsar défini pour le Gravelot à collier interrompu (660 oiseaux) est largement dépassé en août 2022 avec 1397 oiseaux recensés sur le site. La richesse spécifique était notablement élevée en août (23 espèces).

Les résultats de dénombrement obtenus depuis 2001 lors du comptage de janvier (recensement *Wetlands International*) sur le secteur des anciens salins suggèrent une augmentation des effectifs toutes espèces confondues ainsi que de la richesse spécifique (figure 27). L'indicateur de diversité est en diminution sur la période, ce qui s'explique par la proportion de plus en plus importante de bécasseaux variables (espèce en augmentation) dans le peuplement de limicole hivernants.

Il est à noter que les effectifs de limicoles stationnant sur le site peuvent être très fluctuants d'une semaine à l'autre, voire d'un jour à l'autre, avec des échanges importants avec les autres sites camarguais (Salin de Giraud, Réserve Naturelle Nationale de Camargue...). Ces fluctuations sont notamment liées aux régimes des vents qui influent sur les niveaux d'eau et provoquent le basculement des plans d'eau et donc sur l'accessibilité des invertébrés exploités par les oiseaux. En période de migration, ces fluctuations peuvent être accentuées par des arrivées ou des départs massifs d'oiseaux migrateurs. Les recensements effectués une fois par mois ne donnent donc qu'une information très partielle sur la réalité des effectifs fréquentant le site.

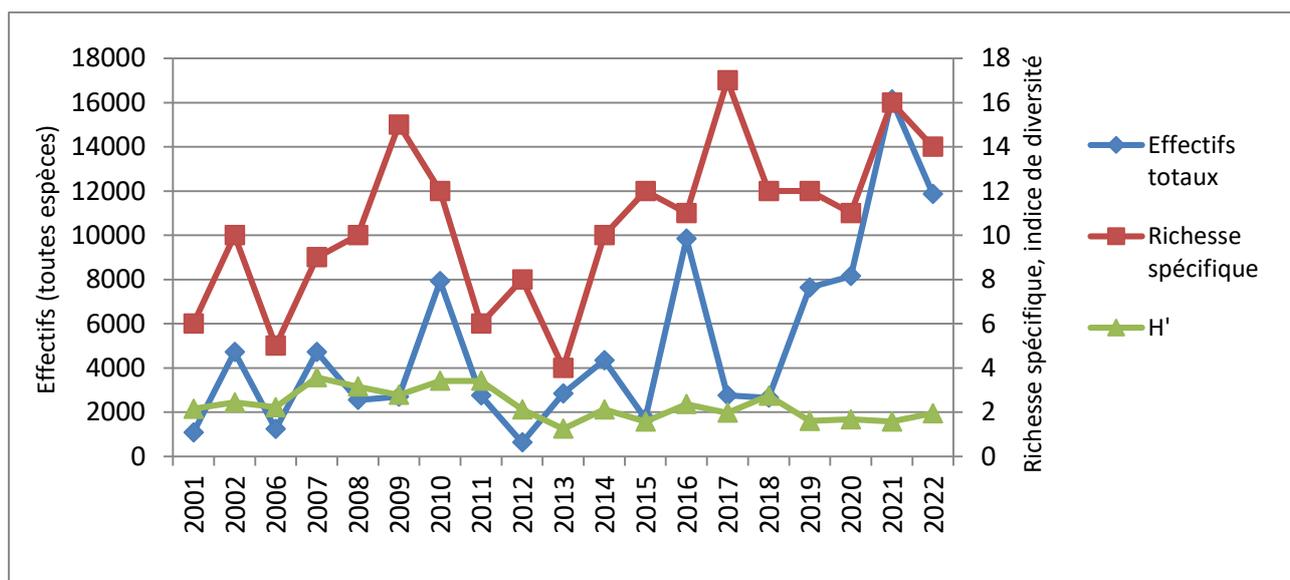


Figure 27 : Limicoles : Evolution des effectifs (toutes espèces), de la richesse spécifique et de la diversité (Indice de Shannon) en janvier sur le secteur des anciens salins, entre 2001 et 2022 (données TdV, PNRC & ONCFS. Pas de données disponibles de 2003 à 2005).

Tableau 16 : Effectifs mensuels de limicoles recensés sur les Etangs et marais des salins de Camargue – de septembre 2021 à septembre 2022 (données *Tour du Valat & Parc de Camargue*). Les effectifs sur le D.P.M. ne sont pas inclus.

	2021				2022								
	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept
Huîtrier-pie	1	4		4		17	5	41	24	4	14	18	21
Echasse blanche							5	49	53	19	45	31	8
Avocette élégante	76	69	12	32				39	148	131		20	556
Vanneau huppé			22										
Pluvier doré			2	35	86	4							
Pluvier argenté	67	46	317	197	530	543	186	103	253	5	56	8	69
Pluvier guignard	2												
Grand Gravelot	39	35	6	2	11	18	22	4	49		2	8	19
Petit Gravelot							1				2	24	
Grav. à c. interrompu	166	109	25	6	56	42	18	27	196	84	508	1397	36
Bécassine des marais	4	5	1		4	27	8					1	1
Barge rousse		5	3	15	15		4	2		4	4	2	10
Barge à queue noire										2			
Courlis corlieu								12	1		27	18	
Courlis cendré	47	61	21	34	313	283	63	28	11	4	129	175	116
Chevalier arlequin	6	3				9	13	3					
Chevalier gambette		15	24	13	172	203	50	4	14	21	2	4	6
Chevalier aboyeur	14	13	4	5	3	19		27			9	12	27
Chevalier culblanc		4	3	5	21	6	13	2		1	19	8	9
Chevalier sylvain						1						57	13
Chevalier guignette	3	1					1				12	3	5
Tournepie à collier			4	4	21	8	2		5	11	9	10	20
Bécasseau maubèche				3	94	32	8	1	16		65	18	
Bécasseau sanderling	10	240	285	18	48	33		20				3	7
Bécasseau minute	5	66	151	93	655	87	398	403	3		2	71	88
Béc. de Temminck								7					
Bécasseau cocorli								5	39		173	13	
Bécasseau variable	1290	2057	2762	2646	9865	11710	7099	4474	618		59	1313	2053
Combattant varié							6					1	
Phalarope à bec large													1
Limicoles indét.		50		500									
TOTAL Limicoles	1730	2783	3642	3612	11894	13042	7902	5251	1430	286	1137	3215	3065
Nombre d'espèces	14	16	16	16	15	17	18	19	14	11	18	23	19

4.8 Mammifères

Parmi les données obtenues en 2022, peuvent être mentionnés des indices de présence du **Lapin de garenne** à Val Agricola, dans les dunes au sud de Galabert 1 et aux montilles du Platelet (observateurs : A. Olivier, F. Pavanello, M. Thibault). Cette espèce qui s'est considérablement raréfiée en Camargue depuis les années 2000 se maintient sur le site des Etangs et marais des salins de Camargue avec de très faibles effectifs.

5. Suivi des usages

5.1 Chasse

Les activités de chasse pratiquées sur le site des Etangs et marais des salins de Camargue s'inscrivent dans le cadre d'une convention signée entre le *Conservatoire du littoral*, le Comité d'entreprise du *Groupe Salins*, le *Parc de Camargue*, la *SNPN* et la *Tour du Valat*. La *Tour du Valat* avait participé aux côtés du *Conservatoire du littoral* et des autres co-gestionnaires à la rédaction de la nouvelle convention qui a été renouvelée en 2021. Chaque année, le bilan de la saison de chasse est partagé à l'occasion d'une réunion associant le *Conservatoire du littoral*, les co-gestionnaires et les représentants du groupe de chasse.

5.2 Convention d'occupation du Fangassier par la *Compagnie des Salins du Midi*

Faisant suite à des échanges en 2019 entre le *Conservatoire du littoral* et la *Compagnie des Salins du Midi*, une convention de partenariat et d'occupation sur l'étang du Fangassier a été signée entre le *Conservatoire*, la *Compagnie des Salins du Midi* et le *Parc naturel régional de Camargue*, le 15 janvier 2021. La *Tour du Valat* n'est pas signataire de cette convention, mais dans le cadre de ses missions de co-gestionnaire des Etangs et marais des salins de Camargue, elle a participé à la demande du *Conservatoire* et du *Parc* à sa rédaction durant l'année 2020.

Cette convention autorise l'utilisation de l'étang du Fangassier par la *Compagnie des Salins du Midi* à des fins salicoles. Les principes de gestion et d'aménagement devront être conformes aux prescriptions du plan de gestion et respecter les réglementations applicables.

L'intérêt est convergent dans la mesure où :

- Pour le *Conservatoire du littoral*, il s'agit d'agir sur le niveau de salinité de l'étang du Fangassier, en diminuant progressivement le stock de sel accumulé ;
- Pour la *Compagnie des Salins du Midi*, il s'agit de récupérer les reliquats des sels accumulés et valoriser les saumures concentrées dans le Fangassier ;
- Pour le *Conservatoire* et l'entreprise, il s'agit de maintenir le potentiel de nidification des oiseaux d'eau coloniaux.

Le partenariat prévoit des opérations de remplissage et vidange du Fangassier, en minimisant les travaux à réaliser sur les terrains appartenant au *Conservatoire du littoral*. Une saisonnalité dans les consignes d'opérations a été définie, afin de concilier les intérêts de maintien des niveaux d'eau autour des îlots avec ceux d'une opération salicole. Cette convention est conclue pour une durée de 9 ans.

En 2022, la *Tour du Valat* a participé le 7 juillet à une rencontre sur le terrain associant les directions du *Conservatoire du littoral*, du *Parc de Camargue* et de la *Compagnie des Salins du Midi*. L'objectif de cette rencontre était de voir avec les représentants de la *Compagnie des Salins du Midi* les aménagements hydrauliques mis en place pour la gestion de l'étang du Fangassier et évoquer le projet de restauration du marais de la Poutrague.

La *Tour du Valat* a également participé aux côtés du *Parc de Camargue* à l'encadrement et au suivi des travaux de curage du canal du Fangassier effectué sous maîtrise d'ouvrage de la *Compagnie des Salins du Midi* durant le mois de novembre.

Le suivi des niveaux d'eau et des salinités ainsi que le suivi de la situation concernant les flamants roses au Fangassier sont restitués dans le chapitre 2.2.

6. Accueil du public, sensibilisation, formation & communication

6.1 Conférences, colloques et ateliers

En 2022, la *Tour du Valat* a présenté 5 conférences et exposés concernant le site des Etangs et marais des salins de Camargue :

- Un exposé restituant le bilan de 10 années de renaturation des anciens salins a été présenté par Brigitte Poulin à l'occasion d'un séminaire du projet européen WaterLANDS organisé en Camargue les 13 et 14 janvier 2022. Une trentaine de participants étaient présents.
- Une conférence « *Laisser / Faire la nature ? Enquête sur la restauration des anciens salins de Camargue* » a été présentée par Anaïs Cognet le 17 janvier 2022 à la Tour du Valat. Elle a permis de restituer un travail de recherche (Master 2) encadré par le *CEFE-CNRS*, qui s'est intéressé, à travers une enquête ethnographique et une série d'entretiens, à la posture qu'adoptent les gestionnaires d'un site marqué par des changements rapides et qui sera confronté, dans les années à venir, aux conséquences de l'élévation du niveau marin. Une trentaine de participants étaient présents.
- Un exposé sur la restauration écologique des anciens salins a été présenté par Brigitte Poulin à l'occasion d'un webinaire international sur la conservation et l'utilisation durable des zones humides salées en Méditerranée et Mer Noire, qui s'est tenu le 2 février 2022.
- Un exposé sur la restauration écologique et l'adaptation au recul du trait de côte dans les anciens salins de Camargue a été présenté le 1^{er} juin par Marc Thibault à l'occasion du séminaire de restitution du Plan Régional d'actions en faveur des lagunes temporaires méditerranéennes organisé à Fos-sur-mer par le *Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles*. Cet événement a rassemblé 53 participants.
- Un exposé sur la restauration des processus écologiques dans les zones humides côtières comme stratégie d'adaptation au changement climatique a été présenté par Brigitte Poulin lors du congrès international de la *Society of Wetland Scientists* organisé à Arles du 14 au 16 juin 2022. Une cinquantaine de participants étaient présents.

Par ailleurs, à l'occasion de la réunion du Conseil Scientifique de la *Tour du Valat* du 14 novembre 2022, un retour d'expérience sur l'élaboration de plans de gestion a été présenté. Cette présentation a été l'occasion de valoriser les méthodologies mises en œuvre pour l'élaboration du nouveau plan de gestion 2023-2032 des Etangs et marais des salins de Camargue.

6.2 Visites de site

Le 15 mars 2022, une visite des EMSC a été organisée conjointement par le *Conservatoire du littoral* et les co-gestionnaires, associant des représentants du *Conseil Départemental des Bouches-du-Rhône*, de la *Région Sud* et de l'*Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse*. 20 participants ont pu découvrir l'aménagement pour l'accueil du public du belvédère de Tourvieille, les enjeux de gestion du littoral notamment au droit des étangs de Beauduc et de Ste-Anne, ainsi que les programmes de travaux en projet (système hydraulique et mas de la Belugue). Cette journée a été également l'occasion d'échanger sur les enjeux hydrologiques associés à l'hydrosystème Vaccarès.

Les 19 et 20 mai, un séminaire de terrain du *Partenariat français pour l'Eau* regroupant une quinzaine de participants a été organisé à la *Tour du Valat*. A cette occasion, un exposé sur la restauration écologique et l'adaptation au changement climatique des anciens salins de Camargue a été présenté, suivi d'une visite de site.

Le 28 mai 2022, la *Tour du Valat* a accueilli sur site un groupe de 20 personnes dans le cadre d'un séminaire de l'*European Network of Heads of Nature Conservation Agencies (ENCA)* organisé à Arles. La visite a été

organisée en collaboration avec l'Office Français de la Biodiversité, le Conservatoire du littoral et la Société Nationale de Protection de la Nature.

Le 13 octobre 2022, dans le cadre du projet européen WaterLANDS, un groupe de 25 élus, responsables locaux et scientifiques venus de la région de Venise (Italie), a été accueilli sur le site pour une visite sur les thèmes de la gouvernance de la gestion des zones humides et des contrats de gestion. Cette visite a été l'occasion de valoriser le Contrat de delta Camargue.

Le 2 novembre, un groupe de 23 collaborateurs de *Wetlands International* a été accueilli pour une visite des EMSC, à l'occasion d'un séminaire de travail organisé en Camargue.

6.3 Formations et accueil de chercheurs et étudiants

A l'occasion d'une formation « Macrophytes en milieux lagunaires » organisée par le *Pôle-relais Lagunes Méditerranéennes* et l'Office Français de la Biodiversité dans le cadre du projet européen LIFE-MARHA, une dizaine de personnes ont été accueillies sur le site le 28 avril 2022. Cette visite a été l'occasion de découvrir la plupart des espèces d'hydrophytes inféodées aux milieux lagunaires.



Visite du site par les participants à la formation « Macrophytes en milieux lagunaires macrophytes », 28/04/2022. © K. Lombardini / *Tour du Valat*.

Dans le cadre du congrès international de la *Society of Wetland Scientists* organisé à Arles du 14 au 16 juin 2022, 37 scientifiques ont été accueillis sur site.

Un atelier de formation sur la restauration écologique des zones humides a été organisé en distanciel par la *Tour du Valat* avec le soutien de *MedWet*, du 20 au 22 juin 2022. Cette formation à laquelle 41 personnes ont participé s'inscrivait dans le cadre du projet « renforcement de la restauration des zones humides Méditerranéennes pour l'homme et la nature » coordonné par le *WWF Espagne* et soutenu par la *Fondation MAVA*. Elle incluait des visites virtuelles sur le terrain (streamings et enregistrements). Pour les besoins de cette formation, le cas d'étude de la restauration écologique des anciens salins a été présenté, avec 4 films courts qui sont visionnables sur la plateforme VIMEO (<https://vimeo.com/725972943>) : « Restauration des processus hydrologiques comme adaptation à la mer qui monte » « Restauration des sansouires dans les anciens salins », « Travaux hydrauliques sur le anciens salins », « Leçons apprises sur la restauration des anciens salins ».

A l'occasion d'un voyage d'étude dans le sud de la France organisé dans le cadre du Symposium International sur les Ostracodes qui s'est tenu à Lyon du 18 au 22 juillet 2022, un groupe d'une quinzaine de spécialistes de cette classe de crustacés a été guidé sur le site des Etangs et marais des salins de Camargue le 24 juillet par le personnel de la *Tour du Valat* (voir aussi chapitre 4.3.2 Ostracodes).



Accueil de spécialistes des Ostracodes sur les Etangs et marais des salins de Camargue, 24/07/2022. © M. Thibault / *Tour du Valat*.

Le 10 août 2022, un groupe international d'une cinquantaine d'étudiants a été accueilli sur site par la *Tour du Valat* dans le cadre de l'initiative *Rencontre Roche Continent*. Cet atelier a été l'occasion de faire découvrir le projet de restauration des anciens salins et d'initier les étudiants aux techniques de récolte de données hydrologiques.

Le projet de renaturation des anciens salins a fait l'objet d'une présentation le 30 septembre lors d'un voyage d'étude organisé par l'*Université de Gembloux* (Belgique). Une trentaine d'étudiants ont suivi cette présentation.

6.4 Participation aux réseaux et groupes de travail

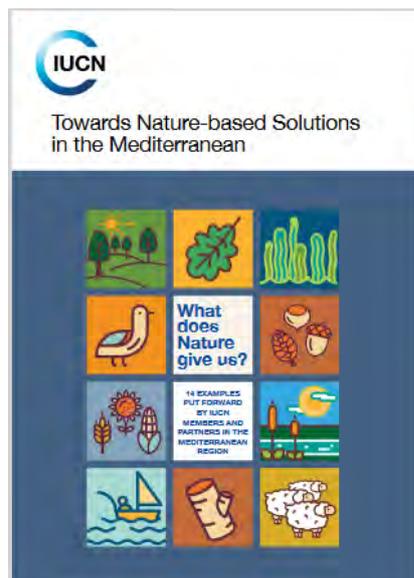
- La *Tour du Valat* participe au groupe « Zones humides & Changement climatique » de l'association européenne *EUROSITE*. Ce groupe de travail développe des outils de partage des connaissances et de recueil d'expérience.
- Le site des Etangs et marais des salins de Camargue est intégré à l'*Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral (OPNL)*, ce dernier étant animé par *Réserves Naturelles de France* avec le concours de l'*Office Français de la Biodiversité*. Les données de recensements de limicoles côtiers obtenues sur le site sont transmises chaque année à cet observatoire en vue d'analyses de tendances et de calculs d'indicateurs à l'échelle nationale et locale. Dans le cadre de la co-construction de la nouvelle stratégie Littoral de l'*OPNL*, un entretien a été organisé le 11 juillet avec la *Tour du Valat*, au sujet de la perception de l'*OPNL* aujourd'hui et de son devenir.
- L'*Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN)* a élaboré une grille d'évaluation des projets de solutions d'adaptation fondée sur la nature. A la demande de l'*UICN* et en préalable à sa diffusion, l'utilisation de cette grille a été testée par la *Tour du Valat* pour le site des Etangs et marais des salins de Camargue.

6.5 Publications

La démarche d'adaptation au changement climatique des anciens salins a été valorisée en tant que cas d'étude dans une brochure publiée en juillet 2022 par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature.

Cette brochure « *Towards Nature-based Solutions in the Mediterranean. What does Nature give us ? 14 examples put forward by IUCN members and partners in the Mediterranean Region* » est téléchargeable en ligne

(https://www.iucn.org/sites/default/files/2022-07/towards_nature-based_solutions_in_the_mediterranean.pdf).



7. Gouvernance de la gestion

La *Tour du Valat* participe aux trois instances de gouvernance mises en place pour le site, conformément à la notice de gestion.

- **Le comité technique de gestion (COTECH)** réunit les techniciens des organismes gestionnaires, le propriétaire et à titre d'invités, certains utilisateurs du site (représentants de la chasse, de la pêche, de l'élevage) en fonction de l'ordre du jour. Il se réunit plusieurs fois par an et revêt uniquement une mission opérationnelle en lien avec les objectifs de la notice de gestion. Il valide les méthodologies de suivi, les orientations liées à la surveillance et tous les points qui restent sur un volet technique de la gestion. En 2022, la *Tour du Valat* a participé aux réunions de COTECH organisées le 28 janvier, le 17 août, le 2 novembre et le 6 décembre.

En complément de ces réunions de COTECH, plusieurs rendez-vous techniques ont associé la *Tour du Valat* :

- Une réunion en distanciel associant le *Parc de Camargue* a été organisée le 21 janvier 2022 afin de définir de nouveaux points de suivi des paramètres hydrologiques sur le site.
- La *Tour du Valat* a participé à une réunion le 2 mai 2022 organisée par la *Société nationale de protection de la nature* et associant le *Parc de Camargue*, afin de partager les informations techniques et scientifiques et ajuster les règles de gestion des ouvrages hydrauliques situés à l'interface entre les Etangs et marais des salins de Camargue et la Réserve Naturelle Nationale de Camargue. Cette réunion avait notamment pour objectif de renforcer les possibilités d'apports d'eau douce vers les étangs du sud de la Réserve naturelle, dans un contexte de déficit hydrique important depuis plusieurs années.
- Le 14 juin, la *Tour du Valat* a organisé une visite du marais de la Poutrague avec des représentants du *Parc de Camargue* et de la *Société Nationale de Protection de la Nature* afin de préciser les besoins en aménagements hydrauliques en vue de la restauration de ce marais.

En complément de ces réunions, des échanges réguliers associent la *Tour du Valat*, le Conservatoire du littoral et les autres co-gestionnaires, afin d'organiser des actions en lien avec la gestion du site ou le développement de projets.

- **Le comité de direction (CODIR)**, instance stratégique et technique réunissant les techniciens des gestionnaires, les directeurs des structures gestionnaires et le délégué du *Conservatoire du littoral*, ne s'est pas réuni en 2022.
- **Le comité de gestion**, identique à celui de tous les sites du *Conservatoire du littoral* dans les Bouches-du-Rhône se réunit une fois tous les deux ou trois ans et associe les gestionnaires, le *Conservatoire du littoral*, le *Conseil Départemental*, le *Conseil Régional*, tous les acteurs du site (conventionnés ou pas) et éventuellement d'autres acteurs concernés par la gestion et la valorisation du site. Il est prévu qu'il se réunisse une fois tous les deux ans. Le dernier comité de gestion s'est tenu le 26 avril 2019. Le comité ne s'est pas réuni en 2022 car les acteurs du site ont été largement sollicités durant l'année pour participer à la concertation organisée dans le cadre du renouvellement du plan de gestion. La prochaine réunion du comité de gestion est prévue fin 2023.

La *Tour du Valat* a participé le 12 décembre au Comité départemental de gestion des propriétés du *Conservatoire du littoral*, organisé à Marseille dans le cadre de la convention tripartite associant le *Conservatoire*, le *Conseil départemental des Bouches-du-Rhône* et la *Région SUD-PACA*.

La *Tour du Valat* a participé au Comité technique de la Stratégie Littoral organisé par le SYMADREM le 29 juin 2022.

8. Projets et programmes

8.1 Projet européen REST-COAST

Le projet européen « Large scale RESToration of COASTal ecosystems through rivers to sea connectivity (REST-COAST) » (<https://rest-coast.eu/>), est un projet de recherche appliquée qui a débuté en octobre 2021 pour une mise en œuvre jusqu'en 2026. Il est coordonné par l'Université Polytechnique de Catalogne et porté en Camargue par la Tour du Valat. Les Etangs et marais des salins de Camargue sont l'un des 9 sites intégrés à ce projet réunissant 38 partenaires de 11 pays. En s'appuyant sur des projets de restauration sur 9 sites pilotes représentatifs de différents milieux côtiers européens, ce projet vise à identifier les différents enjeux de ces sites, les freins possibles à des actions de restauration, les bénéfices attendus de ces actions, leur résilience vis-à-vis des évolutions climatiques et de choix de gestion, et les moyens en termes de gouvernance et de mécanismes financiers à mobiliser. Les résultats obtenus sur ces sites pilotes, ainsi que des résultats de projets précédents, seront ensuite agrégés pour une application à de plus grandes échelles spatiales, avec en fine une étude sur les conditions nécessaires à une restauration à grande échelle des côtes européennes, et les bénéfices attendus face à l'urgence climatique.

Plus particulièrement pour les Etangs et marais des salins de Camargue, des études sont menées sur la dynamique géomorphologique de la partie sud du site et ses conséquences sur le court, moyen et long terme pour la biodiversité et les activités humaines, avec une attention particulière portée aux risques d'inondation et de submersion. Les dynamiques hydrosalines et de la végétation de l'ensemble du site sont également étudiées, ainsi que la trajectoire de restauration écologique des principales lagunes, avec des mises en place de protocoles de suivis des compartiments benthique et des eaux de surfaces, inspirés des suivis définis dans le cadre de la mise en oeuvre de la Directive Cadre sur l'Eau de l'Union européenne. Le potentiel de séquestration et d'émission des principaux Gaz à Effet de Serre (GES) est également investigué sur le site.

En 2022, de nombreuses campagnes terrain ont été mises en œuvre dans le cadre du projet, avec en particulier une campagne aéroportée LIDAR de la majeure partie du site, qui, en comparaison avec une campagne similaire réalisée en 2016, permet de quantifier finement les évolutions géomorphologiques du site (résolution spatiale des données : 1m x 1m). Un exemple de comparaison de ces données est indiqué sur la figure 28 pour la partie sud de la lagune de Beauduc.

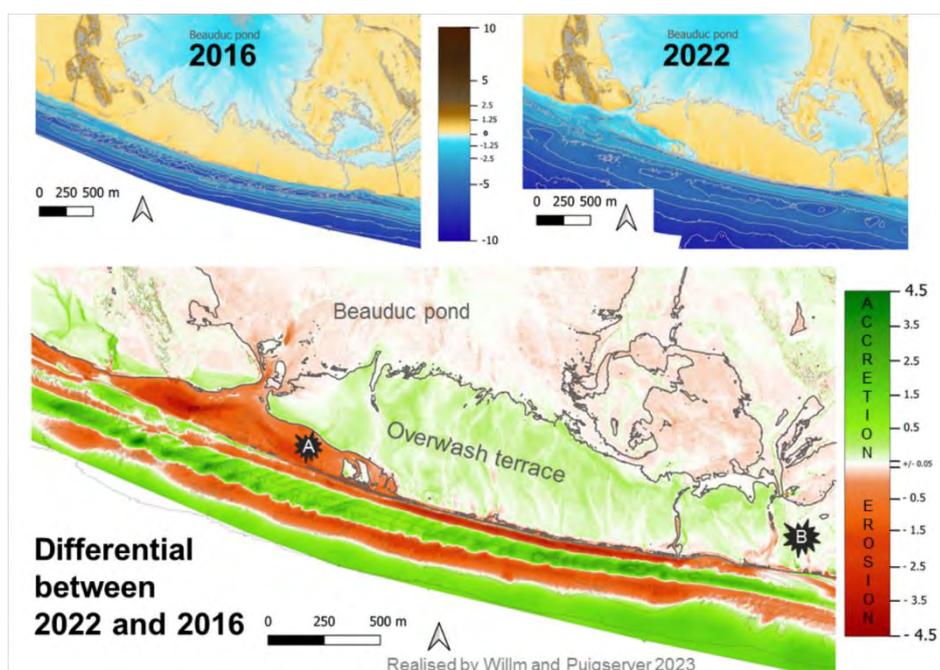


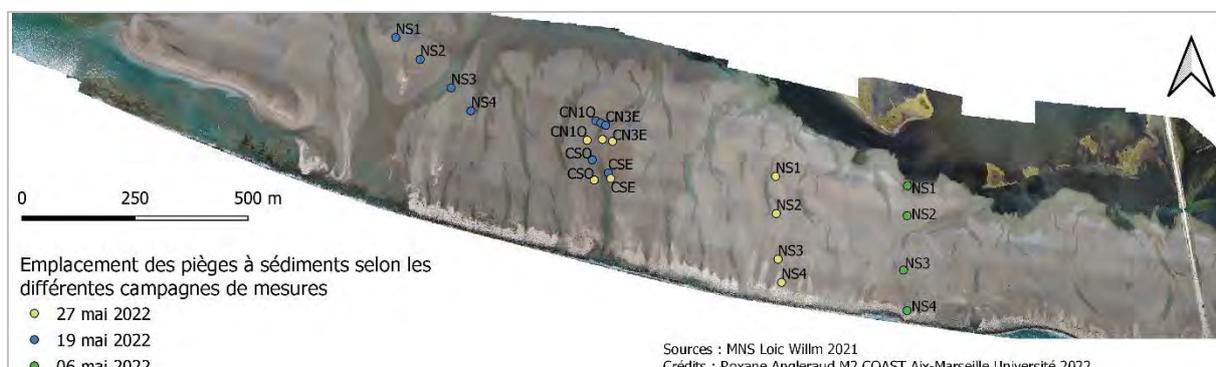
Figure 28 : Différences de topo-bathymétrie de la partie sud de l'étang de Beauduc. La carte en haut à gauche présente la topo-bathymétrie en 2016, celle en haut à droite présente la topo-bathymétrie en 2022. La carte en bas indique la topo-bathymétrie de 2022 à laquelle est soustraite la topo-bathymétrie de 2016. L'ensemble des données est issu des campagnes LIDAR.

En complément à ces mesures LIDAR, plusieurs campagnes de mesure photogrammétrie par drones, complétées par des mesures au GPS différentiel, ont été réalisées sur plusieurs sous-zones du lido de l'étang de Beauduc. Elles permettent de suivre avec une fréquence plus importante que celles des données LIDAR l'évolution géomorphologique de plusieurs sous-zones de la zone de plage créée par les phénomènes d'overwash, ainsi que des mécanismes de création des chenaux de connexion avec la mer.

En collaboration avec le CEREGE (Université Aix-Marseille), un stage de Master 2 a été réalisé par Roxane Angleraud¹⁰ sur la quantification du transport éolien sur le lido de l'étang de Beauduc, permettant d'avoir une première estimation des quantités de sables transportées lors de trois épisodes de vents (6, 19 et 27 Mai 2022) et différentes localisations (figures ci-après). Ce travail met notamment en évidence une dynamique éolienne (par mistral et par vent de secteur sud), cependant la végétation se développe lentement et aucune véritable dune n'est encore apparue sur le secteur étudié. Compte tenu de la répartition des vents, des tempêtes et de la nécessité d'une altitude supérieure à 0,8 mNGF pour que la végétation puisse se développer, on ne peut pas s'attendre aujourd'hui à la formation naturelle de dunes susceptibles de limiter les submersions marines. Il est probable qu'il faille attendre une élévation plus importante de la plage, mais sa temporalité reste à définir. Des ganivelles pourraient être installées sur une dizaine de mètres afin de réaliser des tests, sans doute au milieu de la zone de dépôts d'overwash, afin de pouvoir capter les sédiments issus du Mistral et du Marin. Cependant à moyen/long terme, et après que l'ancienne digue se soit davantage dégradée, ce secteur pourrait connaître une reprise importante du recul du trait de côte.



A gauche : pièges à sédiments utilisés pour mesurer le transport éolien, par piégeage dans les interstices des tubes A droite : station météorologique pour mesurer localement le vent



¹⁰ Angleraud R. 2022. Evolution géomorphologique de dépôts d'overwash sur le site de Véran (Camargue, France). Mémoire de Master 2 Géographie Aménagement Environnement et Développement, CEREGE / Université Aix-Marseille, Tour du Valat, projet REST-COAST, 80p. + annexes

Figure 29 : Emplacement des pièges à sédiments utilisés pour étudier le transport éolien les 6, 19 et 27 Mai 2022.

Afin de mieux comprendre l'influence des tempêtes sur la dynamique du sud de l'étang de Beauduc, une modélisation spécifique a été développée, consistant en 2 modèles imbriqués (figure 30). Le premier modèle, implémenté sous le code de calcul TOMAWAC, permet de modéliser la propagation de la houle en mer. Il utilise comme condition au large les données du modèle ERA5 du service Copernicus, qui fournit les données de période, hauteur significative et direction de houle. Les résultats pour la limite nord du modèle TOMAWAC, en termes de période, hauteur significative et direction de houle, sont à leur tour utilisés comme grandeurs d'entrée pour un modèle d'évolution morphodynamique développé sous Xbeach, qui permet d'étudier l'évolution de la partie sud de l'étang de Beauduc, notamment en lien avec les phénomènes d'overwash.

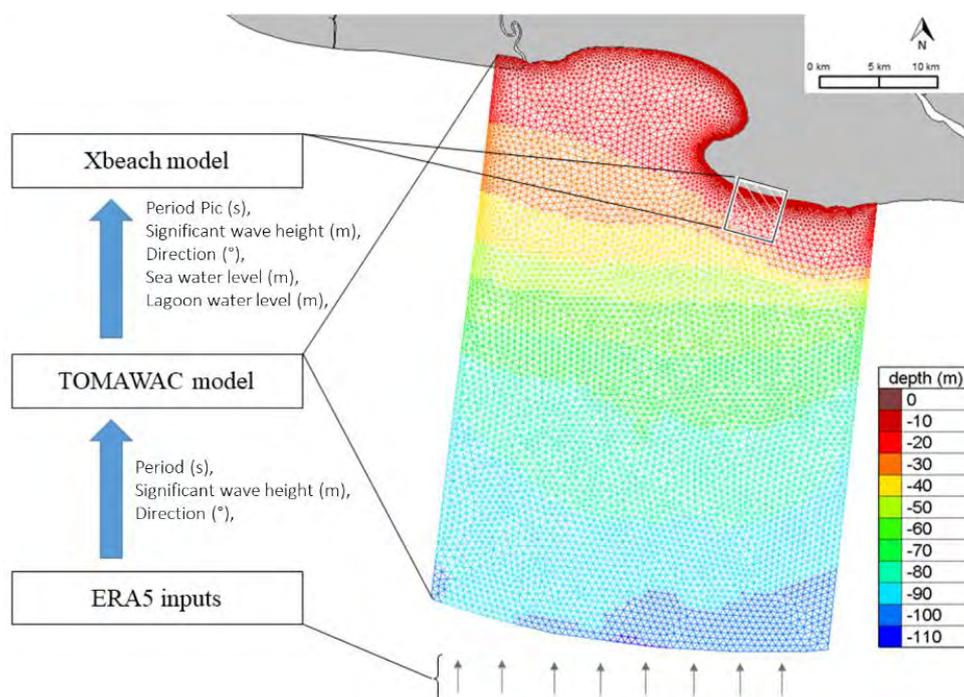


Figure 30 : Modèles développés pour étudier l'évolution géomorphologique de la partie sud des EMSC lors de tempêtes. Le modèle TOMAWAC permet de modéliser la propagation de la houle en mer. Il utilise comme condition au large les données du modèle ERA5, du service Copernicus, qui fournit les données de période, hauteur significative et direction de houle. Le modèle Xbeach est un modèle permettant d'étudier l'évolution morphologique de la partie sud de la lagune de Beauduc, notamment par Overwash.

Suite à une analyse statistique spécifique, ces modèles imbriqués ont été utilisés pour simuler l'influence des tempêtes les plus fréquemment observées sur la période 2008-2022 sur la morphologie de la partie sud de la lagune de Beauduc.

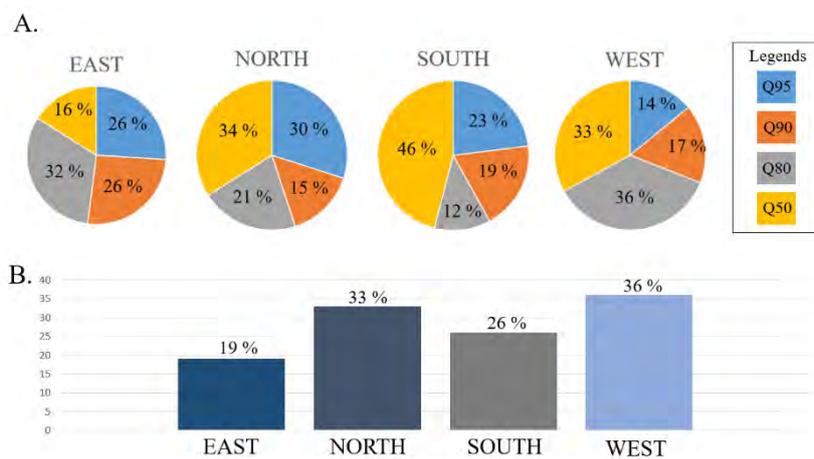


Figure 31, A : Proportion d'« épisodes » marins appartenants à un certain quantile d'occurrence, en fonction de la direction de l'origine de la houle. B : Proportion totale d'épisodes selon la direction d'origine de la houle, indépendamment du quantile. *La manière de définir un « épisode marin » et un quantile sont détaillées dans Puigserver et al. 2023¹¹.*

Ces tempêtes ont été simulées, et leur conséquence sur l'évolution morphologique de la zone est en cours d'analyse.

Enfin, en collaboration avec *Inrae Lyon*, une importante campagne de terrain a été mise en œuvre pour identifier les potentiels d'émission de gaz à effet de serre en 160 localisations des EMSC. Les expérimentations ont consisté pour chaque site à prélever 3 échantillons de sols, sur une dizaine de cm, qui sont en cours d'analyse à l'*Inrae Lyon* pour identifier la diversité des bactéries dans ces milieux, avec un focus sur celles impliquées dans les mécanismes d'émission des GES.



Prélèvement d'un échantillon de sol pour analyse de la diversité bactérienne. © L. Marchal

Les différences observées sur cette diversité bactérienne seront analysées en regards à l'ensemble des données de végétation et d'hydrologie acquises sur le site. Pour les zones à fort potentiel, deux nouvelles campagnes de mesures sont prévues en 2024 pour mesurer précisément les flux d'émission de ces GES et leur séquestration. L'objectif final est d'identifier les conséquences de la restauration mise en œuvre sur les EMSC sur ces GES.

Enfin, des campagnes de suivis de la végétation aquatique et de la végétation terrestre ont été menées sur les lagunes des anciens salins (cf. chapitres 4.1 et 4.4).

8.2 Convention de partenariat avec le WWF-France

Un partenariat de 3 ans (2014-2017) entre le *WWF-France* et la *Tour du Valat* avait permis de bénéficier d'un mécénat de la *Fondation Coca Cola* pour la mise en œuvre d'un programme d'actions. Ce partenariat a été renouvelé à partir de l'été 2017 pour une durée de 3 ans. Le partenariat s'est terminé en 2020. Des reliquats

¹¹ Puigserver, C., Sabatier, F., Larroude, F., Boutron, O. 2023. Realignment strategy in the Rhone Delta: Consequences for geomorphological dynamics in a context of climate change. *Coastal Sediments*.

de financement ont permis de financer le renouvellement en 2022 du suivi des volumes d'eau transitant entre l'étang du Tampan et l'étang du Galabert.

8.3 Projet ADNe / VIGIE-LIFE

Une rencontre a été organisée à la *Tour du Valat* le 6 octobre, associant des représentants de l'initiative *VIGIE-LIFE*, du laboratoire *SPYGEN*, du *Parc de Camargue*, de la *Société nationale de protection de la nature* et des *Amis des Marais du Vigueirat*. Les opportunités de développer un projet pilote spécifique au site des EMSC ou bien un projet multi-sites, afin d'y étudier la biodiversité aquatique par la méthode de l'ADN environnemental, ont été discutées. Il est envisagé en 2023 de monter un projet ciblant à minima la biodiversité aquatique des EMSC.

8.4 Projet d'étude sur les pollinisateurs sauvages des EMSC

La *Tour du Valat* s'est associée à Matthieu Aubert, entomologiste spécialiste des abeilles sauvages, pour proposer un projet intégré visant à l'acquisition de connaissances sur les insectes pollinisateurs de Camargue et à leur valorisation au travers d'actions de communication tournées à la fois vers la communauté scientifique et le grand public. Le projet que nous avons déposé en 2020 auprès de la Région Sud n'avait pas été sélectionné. En 2022 nous avons eu l'opportunité de soumettre à nouveau ce projet, cette fois auprès de du fonds de dotation *ANYAMA*, cependant le projet n'a pas été retenu.

L'importance des insectes pollinisateurs est aujourd'hui largement reconnue mais les connaissances relatives à ce groupe clé du fonctionnement des écosystèmes subnaturels et des agroécosystèmes restent très lacunaires. Par ailleurs, les informations sur les interactions entre les différentes espèces d'abeilles sauvages et les différentes espèces de plantes sont très incomplètes.

Les zones humides et littorales présentent de nombreux éléments entomologiques qui leurs sont spécifiques ou qui sont rares par ailleurs. Les connaissances relatives aux pollinisateurs sont à ce jour particulièrement lacunaires pour les zones humides et littorales de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Le site des Etangs et marais des salins de Camargue forme sur 6 500 ha une mosaïque de zones naturelles et semi-naturelles humides et littorales d'une diversité unique en PACA et peu fréquente à l'échelle de la France et même du bassin méditerranéen. D'autre part, ce territoire remarquable de par sa forte naturalité est épargné sur sa plus grande superficie d'épandages directs d'insecticides, qu'ils soient d'origine agricole ou pour la démoustication. Toutes ces caractéristiques en font potentiellement un site de référence pour l'étude des peuplements entomologiques des zones humides et littorales de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur en général et de la Camargue en particulier.

PREVISIONNEL 2023

Garderie et gestion

- Comme les années précédentes, la participation de la *Tour du Valat* portera principalement sur la surveillance de l'étang du Fangassier (convention CDL / Région Sud - PACA / CD13) et des actions conjointes de police de la nature et de la chasse pourront être menées sur sollicitation du *Parc de Camargue*.
- La *Tour du Valat* accompagnera le *Conservatoire du littoral* et le *Parc de Camargue* dans le suivi des chantiers du programme de travaux hydrauliques mis en œuvre dans le cadre du plan de relance au domaine de la Belugue.
- Il est prévu que la *Tour du Valat* accompagne le *Parc de Camargue* dans l'animation d'une concertation avec les usagers du secteur de la Belugue, afin de définir des objectifs et des règles de gestion concertées de l'eau sur les différentes unités hydrauliques de ce secteur.

Suivis et études scientifiques

- Poursuite des suivis mis en œuvre en routine (mise en forme des données de paramètres hydrologiques, suivis des oiseaux d'eau et des oiseaux nicheurs).
- Renouvellement du suivi de la végétation aquatique et du suivi de la macrofaune benthique dans les anciens salins.
- Lancement d'un état des lieux des espèces végétales exotiques envahissantes, en collaboration avec le *Parc de Camargue*.
- Poursuite des études sur le littoral dans le cadre du projet européen REST-COAST

Usages et fréquentation

- Participation aux côtés du *Conservatoire du littoral*, du *Parc de Camargue* et de la *SNPN / RNN Camargue*, à l'élaboration de la nouvelle convention cynégétique.
- Suivi du projet d'élaboration du schéma d'accueil et de gouvernance porté par le *Parc de Camargue*.

Animations, accueil du public, sensibilisation

- La *Tour du Valat* participera notamment à l'élaboration du site internet des EMSC.

Projets et programmes

- Montages et soumissions de projets contribuant à la mise en œuvre du plan de gestion 2023-2032.

Gouvernance de la gestion

- Participation aux différentes instances de gouvernance et aux réunions de concertation avec les usagers et les acteurs locaux.