MediCyn

Vers une gestion hydraulique durable conciliant biodiversité méditerranéenne et usages cynégétiques et pastoraux

Rapport de restitution du projet

– Septembre 2023 –





Projet cofinancé par l'Union européenne via le Programme Opérationnel Interrégional Rhône Saône 2014-2020 à hauteur de 634 370 €, par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse à hauteur de 315 376 € et par la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur à hauteur de 38 407 €.

Rédaction : Antoine Gazaix, Hugo Fontes, Louise-Anne Audo, Pauline Rocarpin, Lisa Ernoul & Philippe Lambret.

Citation recommandée : Gazaix A., Fontes H., Audo L.A., Rocarpin P., Ernoul L. & Lambret P. (2023). Rapport de restitution du projet MediCyn – septembre 2023. Institut de recherche de la Tour du Valat, Le Sambuc, Arles | Grand Port Maritime de Marseille, Fos-sur-Mer, 46 pages.

Remerciements : Nous remercions l'équipe du Service Environnement du GPMM, en charge de la gestion du Relai et du Grand Clos, et notamment Isabelle Quoniam pour la coordination du projet, ainsi que Gérald Bosio, Roland Komino et Christian Reljic pour la récolte des données hydrologiques. Merci également à Matthieu Guillemain, chef du service « Conservation et gestion durable des espèces exploitées » à l'OFB, pour son expertise sur la chasse au gibier d'eau.

Photos de couverture : À gauche, dispositif expérimental pour l'étude de la banque de graines (© L.-A. Audo | TdV) ; au centre, pots suivis pour l'étude de la colonisation par *Bolboschoenus maritimus* des mares du Relai (© L.-A. Audo | TdV) ; à droite, adulte de *Lestes macrostigma* venant d'émerger d'une des mares à gestion méditerranéenne au Relai (© P. Lambret | TdV).

Résumé

La gestion hydraulique en Camargue, souvent interventionniste, dépend des usages. La gestion strictement cynégétique s'avère néfaste à la biodiversité méditerranéenne. Le plan de gestion des espaces naturels du GPMM fixe (1) d'assurer un état de conservation favorable à la diversité des habitats naturels et des espèces sauvages, (2) de maintenir des activités traditionnelles respectueuses de l'environnement et (3) d'assurer une gestion de la ressource en eau et des zones humides concertée et optimale. Le projet MediCyn, porté par le GPMM en partenariat avec la Tour du Valat, s'est fixé pour objectif de comparer sur deux sites (le Grand Clos et le Relai) trois modes de gestion hydraulique, revenant à tester un mode de gestion intermédiaire entre la gestion cynégétique et la gestion méditerranéenne. L'hypothèse était que cette gestion favorise la biodiversité et la valeur pastorale des milieux sans modifier de façon significative leur intérêt cynégétique. Pour tester cette hypothèse, des travaux ont été réalisés sur le Relai (création de mares et mise en place des trois modes de gestion) et sur le Grand Clos (aménagements permettant la mise en place d'une gestion intermédiaire au nord du site et le maintien d'une gestion cynégétique au sud). Les effets de ces trois modes de gestion ont été mesurés à travers différents suivis concernant des paramètres de milieux, les activités cynégétique et pastorale, et la biodiversité.

Les trois modes de gestion hydrauliques testés au Relai – cynégétique, intermédiaire et méditerranéen – se caractérisent par des hydropériodes de durée décroissante. La gestion cynégétique est la plus coûteuse en énergie et en ressource. Les niveaux de salinité sont fortement corrélés au mode de gestion (et donc à l'hydropériode), les gestions cynégétique et intermédiaire entraînant des salinités plus faibles que dans les mares à gestion méditerranéenne. Ces niveaux de salinité différents entrainent une différenciation des communautés végétales, avec une plus forte abondance des plantes aquatiques dans les mares cynégétiques. Dans les mares méditerranéennes, la flore est plus halophile – avec plusieurs espèces patrimoniales –, et proche des communautés végétales des lagunes temporaires. Les banques de graines se différencient également en fonction du mode de gestion, mais restent encore loin de celles des mares de référence. Les communautés de macrofaune benthique suivent la même différenciation en fonction des modes de gestion. Considérant par exemple, les peuplements d'odonates, *Lestes macrostigma*, espèce prioritaire du Plan National d'Actions en faveur des libellules, n'a pu se reproduire que dans des mares méditerranéennes. Cependant, les fortes salinités des mares méditerranéennes pourraient freiner la colonisation du Scirpe maritime, espèce de plante préférée lors de la ponte chez *L. macrostigma*. Enfin, les mares recréées n'ont visiblement pas encore été utilisées par les canards. Ceci pourrait être lié à la faible ressource alimentaire qu'elles représentent pour le moment.

L'action de restauration testée au Grand Clos a consisté à mettre en place une hydropériode intermédiaire sur sa partie nord et à conserver l'hydropériode cynégétique sur sa partie sud. Les deux hydropériodes ont une durée comparable mais leur timing est différent, avec l'hydropériode intermédiaire plus tardive que la cynégétique. Les trajectoires empruntées par les communautés végétales sont différentes entre les deux parties, même si les communautés de départ étaient légèrement différentes. La macrofaune aquatique témoigne également d'une

divergence entre les gestions intermédiaire et cynégétique, et cela de manière plus marquée que pour la flore. *Lestes macrostigma*, a pu se reproduire uniquement dans la zone restaurée, suggérant que la gestion intermédiaire permet le retour d'espèces typiquement méditerranéennes. La fréquentation par le gibier d'eau est plus faible pour la zone à gestion intermédiaire, alors que la ressource alimentaire en plantes aquatiques y est plus importante que dans la zone à gestion cynégétique. Ainsi, il semblerait que la gestion intermédiaire ne permette pas la conservation absolue du potentiel cynégétique. Cependant, trop peu de données exploitables ont été récoltées par la mise en place de carnets de chasse. La biodiversité associée à la gestion intermédiaire semble plus proche de celle des mares méditerranéennes.

Ainsi, les trajectoires écologiques prises par les mares du Relai et du Grand Clos diffèrent en fonction de leur mode de gestion. Mais la restauration des zones humides est un processus lent et les changements ne sont qu'initiés. Par ailleurs, la mise en place unique d'une gestion « intermédiaire » ne semble pas être une panacée, tant du point de vue de la biodiversité méditerranéenne que de celui des usagers. Cependant, la gestion intermédiaire semble permettre de limiter la salinisation tout en préservant une partie des enjeux méditerranéens et un potentiel cynégétique, bien qu'amoindri. La poursuite des suivis à plus long terme est nécessaire afin de pourvoir tirer des conclusions plus robustes. Ce point, confirmé par les résultats préliminaires, a été particulièrement soulevé dans le cadre de l'étude sociologique menée autour du projet. Si la gestion différentiée telle qu'elle a été mise en place est donc à poursuivre, une plus grande association des chasseurs dans l'évaluation des différents modes de gestion est essentielle. Une communication plus importante sur le projet semblerait appréciée de tous.

Sommaire

1 – Introduction 1

1.1 – Contexte de la gestion de l'eau en Camargue 1
1.2 – Rappel des objectifs et mise en place du projet 2
1.3 – Déroulement du projet 5
1.4 – Structure du rapport 6

2 – Relai : résultats des suivis et expérimentations 6

2.1 – Hydrologie 6
2.1.1 – Niveaux d'eau et de salinité 6
2.1.2 – Coûts des différents modes de gestion 7
2.2 – Végétation 7
2.2.1 – Végétation exprimée sur le terrain 7
2.2.2 – Banques de graines 10
2.2.3 – Focus sur le Scirpe maritime *Bolboschoenus maritimus* 12
a) Méthode et analyses statistiques 12
b) Résultats 14
2.2.4 – Indicateurs floristiques RhoMéO 15
2.3 – Macrozoobenthos 18
2.4 – Odonates 19
2.4.1 – De l'utilisation de l'indice RhoMeo I10 pour l'évaluation de l'intégrité d'un peuplement d'odonates, et ajustements à la méthodologie 19
2.4.2 – Méthodes complémentaires pour l'étude des cortèges d'odonates 21
a) Abondance des adultes et étude des indices de reproduction 21
b) Abondance des larves et des exuvies 21
2.4.3 – Effets des trois modes de gestion hydraulique sur les peuplements d'odonates des mares créées au Relai 22
2.5 – Dénombrement du gibier 25
2.6 – Synthèse générale pour le Relai 25

3 – Grand Clos : premiers résultats après travaux 26

3.1 – Hydrologie 26
3.1.1 – Niveaux d'eau et de salinité 26
3.1.2 – Coûts des différents modes de gestion 27
3.2 – Végétation 28
3.2.1 – Communautés végétales 28
3.2.2 – Focus sur les espèces fourragères 30
3.2.3 – Indicateurs floristiques RhoMéO 31
3.3 – Macrozoobenthos 33
3.4 – Odonates 34
3.4.1 – Méthodologies 34

3.4.2 – Effets de la mise en place du mode de gestion hydraulique intermédiaire sur les peuplements d'odonates et état de conservation des mares du site 34
3.5 – Gibier d'eau 38
3.5.1 – Comptages nocturnes 38
3.5.2 – Tableaux de chasse 39
3.6 – Synthèse générale pour le Grand Clos 40
4 – Étude sociologique 41
4.1 - Synthèse globale de 2023 41
4.2 - Comparaison entre 2019 et 2023 43
4.2.1 – Similitudes 43
4.2.2 – Différences 43
5 – Communication 44
5.1 – Signalétique 44
5.2 – Articles 45
5.2.1 – Rapport d'activité 2022 de la Tour du Valat 45
5.2.2 – Reporter, magazine du GPMM 45
6 – Synthèse et perspectives pour l'après projet 46

1 – Introduction

1.1 – Contexte de la gestion de l'eau en Camargue

Les usages du territoire camarguais sont multiples : agriculture, pastoralisme, industrie, chasse, conservation de la nature... Ces usages sont largement dépendants d'une gestion hydraulique interventionniste, caractérisée par la date et l'intensité des mises en eau. Ces interventions sont souvent néfastes à la biodiversité et au fonctionnement des écosystèmes. La grande majorité des zones humides du delta du Rhône est soumise à des apports importants d'eau douce. C'est le cas des marais à usage cynégétique qui sont aussi caractérisés par des calendriers hydrologiques décalés par rapport au cycle naturel de l'eau. En supprimant les conditions méditerranéennes des milieux (sècheresse estivale marquée) cette gestion, si elle permet l'augmentation de la production primaire, conduit également à la banalisation de la faune et de la flore, ainsi qu'à l'eutrophisation des milieux.

Le Grand port maritime de Marseille (GPMM) dispose à la périphérie de sa zone industrialo-portuaire, d'espaces naturels et agricoles regroupés au sein d'une couronne agri-environnementale (aussi appelée couronne verte ; Figure 1). Le plan de gestion des espaces naturels (PGEN) de cette couronne fixe parmi les orientations générales : (1) d'assurer un état de conservation favorable à la diversité des habitats naturels et des espèces sauvages, (2) de maintenir des activités traditionnelles respectueuses de l'environnement et (3) d'assurer une gestion de la ressource en eau et des zones humides concertée et optimale.

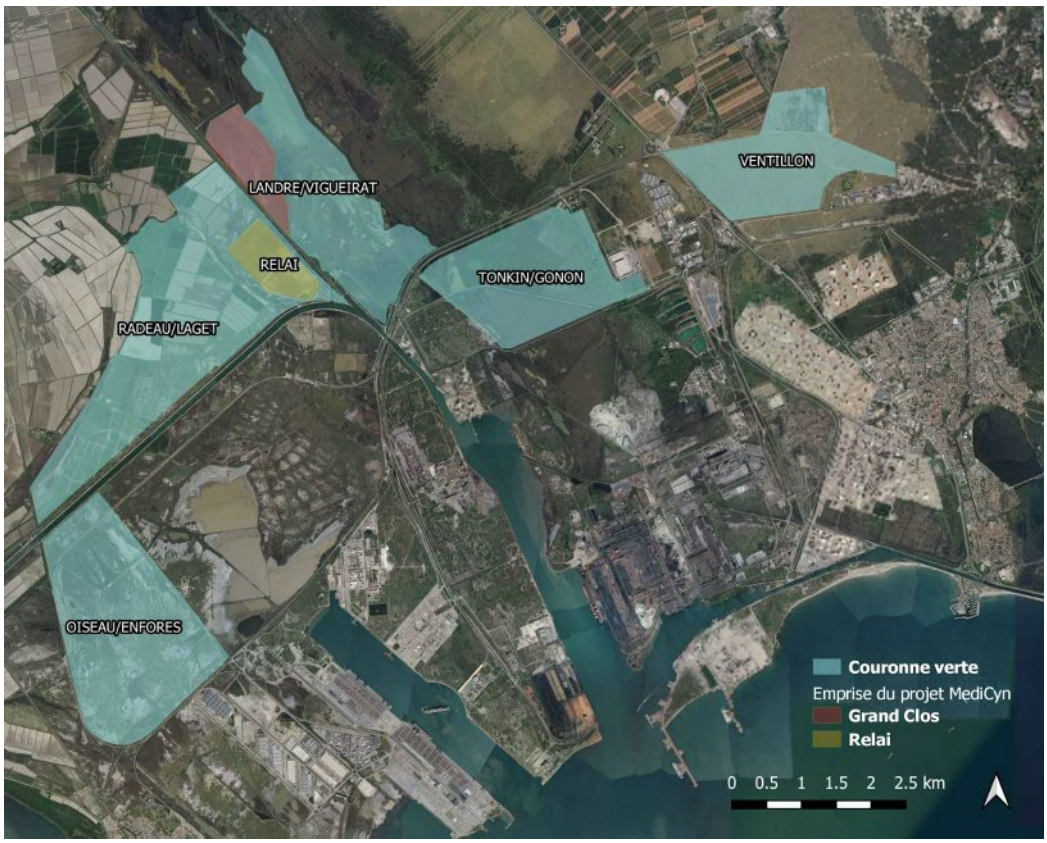


Figure 1. Différents secteurs de la couronne verte du GPMM et localisation des sites du Relai (inclus dans le secteur éponyme) et du Grand Clos (secteur du Landre/Vigueirat) sur lesquels le projet MediCyn a été déployé (réalisation : P. Lambret | TdV, avec QGIS et fond de carte Bing Satellite).

1.2 – Rappel des objectifs et mise en place du projet

Le projet MediCyn, porté par le GPMM et monté en partenariat avec la Tour du Valat (TdV), a pour but d'améliorer l'état de conservation et la valeur écologique de deux sites d'un des secteurs « à enjeux » du Plan Rhône-Saône 2015-2020 : le Grand Clos et le Relai, tous deux en zone Natura 2000, au sein de la couronne agri-environnementale (Figure 1). Ces deux sites présentent des caractéristiques écologiques différentes. Le **Grand Clos** ne porte pas de traces topographiques d'usage anthropique passé. Sa végétation est composée de salicornes et de marais à Jonc maritime et à Scirpe maritime. Son fonctionnement hydrologique dépendait d'une gestion opérée par les chasseurs du Sporting-Club du GPMM (gestion cynégétique) entre le début des années 1980 et la mise en place du projet MediCyn. Le salin du **Relai** a été exploité par la Compagnie Générale des Produits chimiques du Midi de la fin du XIX^{e} siècle, jusqu'à l'aménagement du port autonome de Fos dans les années 1970. Sa topographie a donc été fortement impactée (nivellement). Suite à l'arrêt de cette exploitation, des prairies halophiles à Jonc maritime et des salicornes se sont développées sur les neuf anciennes tables salantes concernées par le projet. Durant les années 1990, des mises en eau ont été effectuées par les chasseurs du Sporting-Club. Puis, entre les années 2000 et la mise en place du projet MediCyn, les mises en eau n'ont été faites que par les précipitations. En l'absence de gestion hydraulique active, de hautes jonchaies et des salicornes ont recouvert la presque totalité de ces anciennes tables salantes.

Afin d'améliorer l'état de conservation de ces sites, le projet s'est fixé pour objectif de comparer différentes modalités de gestion hydraulique et notamment de tester les bénéfices d'une gestion de l'eau économe, pondérant les aléas climatiques caractéristiques du climat méditerranéen (imprévisibilité des dates de remise en eau et d'assèchement) et favorisant la conservation de la biodiversité méditerranéenne. Trois modes de gestion hydraulique ont été testés, avec les modes 1 et 2 visant à contrôler si les effets du mode 3 sont ceux attendus :

- **Mode 1 – Gestion cynégétique** « type marais de chasse traditionnel » avec une mise en eau début août et un maintien par pompage du niveau d'eau durant la saison de chasse (jusque fin janvier), puis assèchement naturel au Grand Clos, c'est-à-dire dépendant des précipitations (Tableau 1). Dans ces conditions, l'assèchement peut survenir dès le mois de mars. Aussi, afin de pouvoir distinguer l'effet de la date de mise en eau de la durée d'inondation, nous avons maintenu au Relai la période d'inondation jusque fin mai par pompage.

- **Mode 2 – Gestion type** « marais temporaire **méditerranéen** », avec une mise en eau naturelle (les précipitations ont lieu essentiellement à l'automne) et éventuellement par pompage mi-novembre afin d'éviter les conditions d'une année particulièrement défavorable (faible probabilité), et veille au maintien du niveau d'eau jusque fin mai (éventuellement par pompage), puis assèchement naturel ;

- **Mode 3 – Gestion intermédiaire** : mise en eau début octobre et maintien du niveau d'eau par pompage jusque fin mai, puis assèchement naturel.

Tableau 1. Calendriers de mise en eau au Grand Clos, par **pompage** et par les **potentielles pluies**. En maintenant le calendrier de mise en eau cynégétique traditionnel (arrêt des pompages à la fin de la saison de chasse), sont principalement testés ici les effets du timing de l'hydropériode.

	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN
Cynégétique												
Intermédiaire												

Tableau 2. Calendriers de mise en eau au Relai, par **pompage** et par les **potentielles pluies**. En prolongeant le calendrier de mise en eau cynégétique traditionnel (voir Tableau 1), sont testés ici les effets de la date de mise en eau ainsi que de la durée de l'hydropériode.

	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN
Cynégétique												
Intermédiaire												
Méditerranéen												

L'hypothèse générale est que cette gestion innovante (mode 3) favorise la conservation de la biodiversité et la valeur pastorale des milieux sans modifier de façon significative leur intérêt cynégétique. Pour tester cette hypothèse, des travaux ont été réalisés sur le Grand Clos (aménagements hydrauliques permettant la mise en place d'une gestion intermédiaire au nord du site et le maintien d'une gestion cynégétique au sud ; Figure 2) et sur le Relai (création de neufs mares et d'un réseau hydraulique alimenté par une pompe électrique permettant la mise en place des trois modes de gestion sur trois mares chacun ; Figure 3). Ces travaux ont permis de mener l'expérimentation décrite ci-dessus, dont les effets ont été mesurés à travers différents suivis. Ces suivis ont concerné des paramètres de milieux (niveaux d'eau, salinités, gestion hydraulique), les activités cynégétique et pastorale (tableaux de chasse, calendrier et pression de pâturage, végétation fourragère, satisfaction des usagers des sites *i.e.* chasseurs et manadiers), des compartiments de la biodiversité (plantes émergées et immergées, macro-arthropodes liés au milieu aquatique dont les libellules, oiseaux d'eau chassables). La gestion hydraulique, assurée jusqu'au lancement du projet par les chasseurs, a été transférée au gestionnaire du site (l'équipe du PGEN), entrainant un changement de gouvernance.



Figure 2. Aménagements réalisés au Grand Clos (installation d'une pompe électrique, de buses et reprise du réseau) permettant une gestion hydraulique différentiée du site avec, au nord une gestion intermédiaire, au sud une gestion cynégétique. Cette carte ne montre que les six mares suivies mais les totalités des parties nord et sud sont gérées selon le même calendrier que les mares qui y sont présentes (réalisation : P. Lambret | TdV, avec QGIS et fond de carte Bing Satellite).

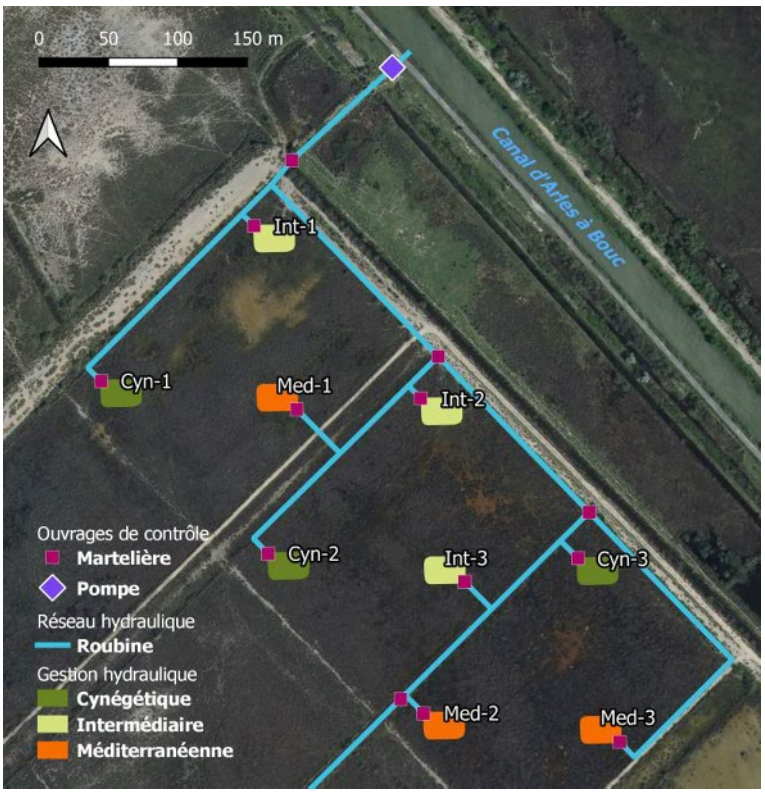


Figure 3. Aménagements réalisés au Relai : installation d'une pompe électrique et de martelières ; creusement de mares et d'un réseau hydraulique (réalisation : P. Lambret | TdV, avec QGIS et fond de carte Bing Satellite).

1.3 – Déroulement du projet

Les différents aléas rencontrés au cours du lancement du projet, ainsi que la prolongation du projet qu'ils ont entraînée, ont été détaillés dans les précédents rapports d'activités[1,2,3,4]. En somme, les travaux ont été réalisés en été 2020 au Relai et en été 2021 au Grand Clos, avec deux années écologiques de suivis (2020-21 et 2022-23 au Relai, et 2021-22 et 2022-23 au Grand Clos). En 2021, il avait été envisagé et testé en partie d'effectuer ces suivis avec un rythme bisannuel et d'ainsi pouvoir les étaler sur quatre années[4]. Ceci aurait permis d'obtenir un meilleur recul sur l'évolution des trajectoires écologiques des mares restaurées (Grand Clos) et des mares créées (Relai), et donc sur les effets des différents modes de gestion hydraulique. Toutefois, suite au comité de pilotage du 23 mars 2022 (Annexe 1), il n'a pas été possible de trouver de solution administrative pour étendre les suivis au-delà de juillet 2023 (date butoir à laquelle les règles du FEDER fixaient le solde de l'opération). Aussi, la TdV et le GPMM se sont accordés avec les bailleurs en 2022 pour conserver un rythme annuel dans les suivis (Annexe 2).

Il a également été décidé de réaliser des opérations supplémentaires : (1) mener une expérimentation en conditions contrôlées visant à identifier les facteurs ayant limité le succès de la restauration active effectuée au Relai ; (2) renforcer la restauration active de la végétation au Relai ; (3) effectuer au Relai une étude visant à établir un lien entre la salinité du sol à proximité des mares et la salinité des mares elles-mêmes, afin de pouvoir à l'avenir prédire la salinité d'une mare avant son creusement ; (4) avoir une réflexion sur la concertation menée jusqu'à présent et sur les moyens d'augmenter l'implication des chasseurs dans le projet ; (5) produire un article scientifique valorisant les données récoltées dans le cadre du projet.

L'étude sur le lien entre la salinité du sol et celle des mares, (3), devait être réalisée en peu de temps, grâce à quelques carottages effectués autour des mares puis à la mesure de la salinité des différents échantillons. Toutefois, il s'est avéré que cette méthode ne garantissait pas de résultats fiables. Cette étude, pour être robuste, nécessite en réalité de suivre durant plusieurs saisons la salinité de la nappe sous-jacente aux mares grâce à des piézomètres. Ceci pourra être envisagé pour une prochaine phase de suivi du projet.

Par ailleurs, obtenir un article scientifique publié (5) en septembre 2023 n'a pas été possible puisque les données permettant sa production ont tout juste été récoltées (août 2023 par exemple pour les données floristiques). Toutefois, ces données sont analysées et présentées dans ce rapport, et la TdV maintient cet objectif de publication à court terme.

---

[1] Lambret P., Ernoul L. & Fontes H. (2019). Projet MediCyn – rapport d'activités 2018. Tour du Valat, 16 p + ann.

[2] Lambret P., Ernoul L., Fontes H. & Guelmami A. (2020). Projet MediCyn – rapport d'activités 2019. Tour du Valat, 22 p + ann.

[3] Lambret P., Fontes H., Quoniam I. & Mesléard F. (2021). Projet MediCyn – rapport d'activités 2020 (Création des mares du Relai et état initial du Grand Clos). Tour du Valat | Grand Port Maritime de Marseille, 37 p + ann.

[4] Lambret P., Fontes H., Quoniam I. & Reljic C. (2022). Projet MediCyn – rapport d'activités 2021 (Premiers résultats au Relai et travaux au Grand Clos). Tour du Valat | Grand Port Maritime de Marseille, 25 p + ann.

1.4 – Structure du rapport

Ce rapport présente les résultats du projet trois ans après le début des premiers travaux. Il est organisé en deux grandes parties, qui traitent dans un premier temps du site du Relai, où ont été testés les effets des trois modes de gestion hydraulique (Tableau 2), puis dans un second temps du site du Grand Clos, où le mode de gestion intermédiaire a été testé à grande échelle en tant qu'opération de restauration de marais gérés durant plus de 30 ans selon le mode cynégétique. Pour chaque site, les résultats des suivis des différentes composantes de la biodiversité étudiées sont présentés, avant d'être synthétisés. Suit une troisième partie dans laquelle les résultats de l'étude sociologique sont présentés. Enfin, vient une conclusion générale et des perspectives sont proposées afin de poursuivre ce projet, notamment en termes de mesure des trajectoires écologiques induites par les différents modes de gestion hydraulique.

2 – Relai : résultats des suivis et expérimentations

2.1 – Hydrologie

2.1.1 – Niveaux d'eau et de salinité

Pour s'assurer que les calendriers de mise en eau préalablement définis ont été respectés, un suivi bimensuel des niveaux d'eau des mares a été réalisé par lecture d'une échelle limnimétrique située au point le plus profond de chaque mare. De l'eau douce en provenance du canal d'Arles à Bouc a été pompée vers les mares de manière à garantir une inondation continue de 80 à 100 % de leur surface. Par ailleurs, la salinité de l'eau des mares a elle aussi été suivie à un rythme bimensuel. Les résultats des suivis mettent en évidence des différences fortes entre les trois modes de gestion étudiés. En 2022-2023, les mares ont été « en eau » (c'est-à-dire recouvertes par l'eau à plus de 80 %) durant au moins 185 jours pour les mares méditerranéennes, 227 pour les intermédiaires et 297 pour les cynégétiques. Concernant les salinités, les différences entre les trois modes de gestion ont été significatives ($K = 86{,}589$, $df = 2$, $p < 0{,}001$). Les mares méditerranéennes ont été plus salées que les mares soumises aux deux autres modes de gestion, qui ont montré quant à elles des salinités similaires. À noter toutefois une certaine hétérogénéité pour ces deux modes de gestion (cynégétique et intermédiaire), avec les mares Cyn-3 et surtout Int-3, qui ont été plus salées que les autres (Figure 4).

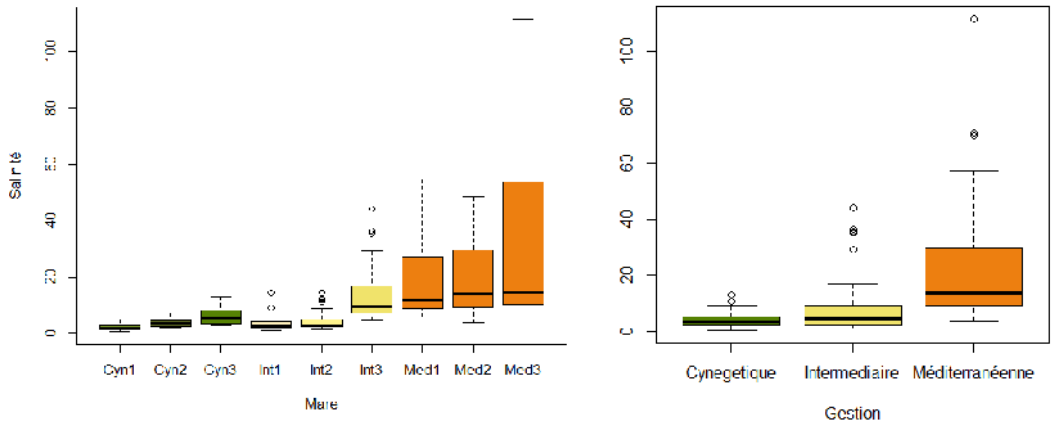


Figure 4. Distribution (boxplots) des salinités (en g/L) observées dans les mares du Relai durant la dernière saison hydrologique (août 2022 à juin 2023), dans le détail (à gauche) et regroupées par mode de gestion hydraulique (à droite) : Med = méditerranéen (en orange), Cyn = cynégétique (en vert), Int = intermédiaire (en jaune).

2.1.2 – Coûts des différents modes de gestion

Pour les mares du Relai, estimer le coût des différents modes de gestion est délicat, et cela pour deux raisons :

- Il est impossible de savoir les volumes ajoutés dans chacune des mares une à une (pas de mesure autre que la pompe commune à l'ensemble du Relai).
- Indépendamment de la gestion, chaque mare présente une capacité de rétention de l'eau différente (observation des éco-gardes du GPMM). Ainsi, les volumes d'eau ajoutés dans ces mares peuvent être très variables pour une même modalité de gestion hydraulique testée.

Par ailleurs, étant donné que seule la date de mise en eau varie pour les mares du Relai, et non celle de l'assec, plus la mise en eau est précoce plus la consommation en eau est importante. Ainsi, pour le Relai, 4 500 m^3 ont été pompés uniquement vers les trois mares cynégétiques durant deux mois, entre le 1er août et le 3 octobre 2022 (date de mise en eau des mares intermédiaires), alors que 5 400 m^3 l'ont été vers les six mares intermédiaires et cynégétiques durant un mois et demi, entre le 3 octobre et le 14 novembre 2022. Une analyse plus poussée a été réalisée pour le site du Grand Clos (voir partie 3.1.2), où la durée d'inondation est similaire entre les deux modes de gestion appliqués sur le site.

2.2 – Végétation

2.2.1 – Végétation exprimée sur le terrain

a) Méthodes et analyses statistiques

Afin d'étudier les effets des différents modes de gestion hydraulique sur la végétation dans les mares du Relai, des relevés ont été réalisés quatre fois par an (une session en avril, une en mai, une en juin et une en août). Ces quatre passages ont permis d'intégrer les différences de phénologie entre les espèces et donc de s'assurer de couvrir les deux phases du fonctionnement hydrologique (inondée et asséchée) et les espèces associées à ces phases. Le passage d'août 2023 (trop récent) n'a pas été intégré aux analyses qui suivent.

À chaque session et pour chaque mare, trois transects ont été définis (Figure 5). Le long de chaque transect, huit relevés ont été effectués, soit 24 relevés par passage et par mare. Chaque relevé a été effectué en utilisant un quadrat de 30 cm de côté, subdivisé en neuf sous-quadrats de 10 × 10 cm (Figure 5). La présence (ou l'absence) de chaque espèce a été enregistrée dans chacun des sous-quadrats, permettant d'en avoir une fréquence de présence (exprimée de 0/9 à 9/9). De la même façon, les fréquences en algues filamenteuses, macroalgues, litière issue de plantes terrestres, litière issue de plantes aquatiques et sol nu, ont été calculées.

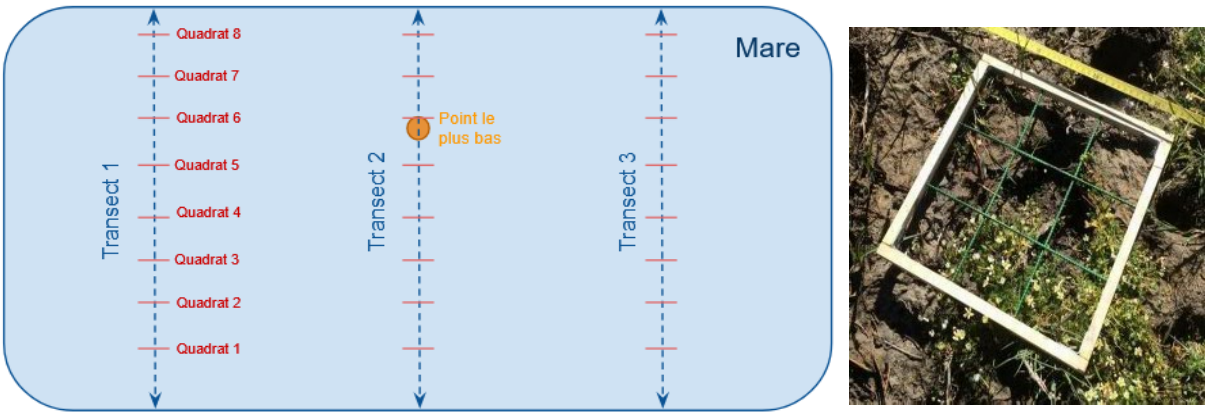


Figure 5. Disposition schématique des relevés floristiques de terrain (végétation exprimée) au sein d'une mare (à gauche) et dispositif utilisé pour ces relevés, montrant ici la présence de végétation aquatique et de sol nu dans plusieurs des neufs sous-quadrats (à droite) (© H. Fontes | TdV).

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été effectuée à partir des données floristiques des printemps 2021 et 2023. Seules les variables correspondant à des fréquences d'espèces ont été utilisées pour l'analyse. Cette analyse prend en compte l'abondance relative des espèces (ici les fréquences). Elle utilise la distance du Khi² comme facteur de ressemblance, ce qui donne plus d'importance aux espèces rares et fait ainsi ressortir les originalités floristiques. Bien que non incluses dans les données d'entrée de l'analyse, un cercle de corrélation des variables environnementales peut être projeté afin d'interpréter les résultats sur les communautés végétales. Les espèces ont également été réparties en deux groupes (aquatiques ou terrestres) selon leurs préférences écologiques pour les analyses suivantes.

b) Résultats

Dans cette première analyse (Figure 6), l'axe 1 permet de distinguer les relevés de 2021 de ceux de 2023. L'année de relevé (c'est-à-dire le temps écoulé depuis la création des mares) structure fortement les communautés, avec notamment un recouvrement en plantes terrestres qui augmente avec le temps, à l'inverse du sol nu, suggérant une colonisation grandissante de la végétation après la création des mares. Sur l'axe 2, le mode de gestion hydraulique est structurant, avec l'hydropériode qui est fortement corrélée à la salinité, comme vu précédemment (voir partie 2.1.1). La fréquence d'algue filamenteuse fait ressortir les mares cynégétiques. En 2023, les mares semblent se différencier de manière plus marquée sur cet axe 2 qu'en 2021, suggérant des trajectoires écologiques différentes pour les communautés végétales selon le mode de gestion hydraulique, avec un gradient ayant pour extrêmes les mares cynégétiques d'un côté et les méditerranéennes de l'autre.

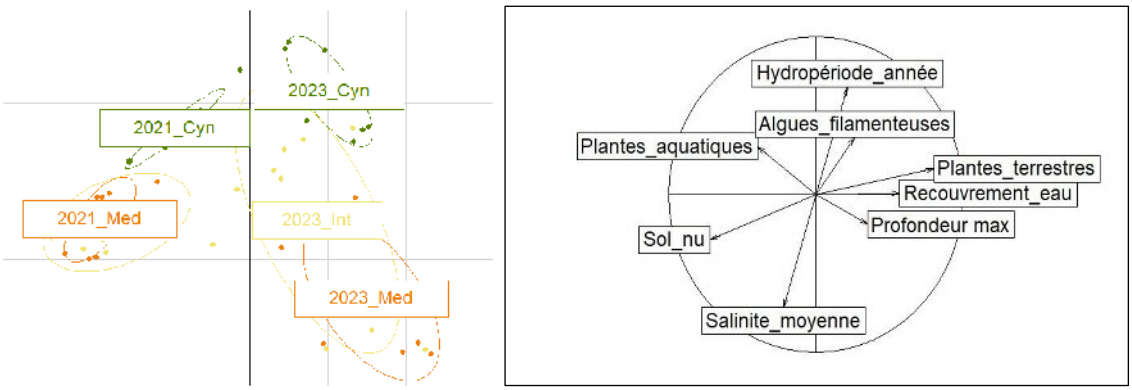


Figure 6. AFC réalisée sur les données de végétation exprimées dans les neuf mares du Relai et moyennées par mare, par passage et par année ; regroupement en fonction de l'année 2021 et 2023 et selon le mode de gestion hydraulique (Cyn : cynégétique, Int : intermédiaire, Med : méditerranéen) (à gauche). Cercle de corrélation regroupant des données mésologiques des mares par AFC sur les années 2021 et 2023 (à droite).

Dans le détail des relevés de 2023 (Figure 7), l'axe 1 distingue directement la durée de l'hydropériode et la salinité (qui lui est inversement corrélée), ces deux variables étant fortement corrélées à la fréquence en plantes aquatiques et, dans une moindre mesure, à celle en algues filamenteuses. Cette distinction se retrouve par une observation détaillée de ces variables (Figure 8), où les différences de recouvrement en macrophytes selon la gestion hydraulique ont été significatives (test de Kruskal-Wallis, K = 13,156, df = 2, p < 0,01). L'axe 2 isole principalement les mares Int-1 et Cyn-3 du fait de la présence de certaines espèces rares dans ces mares, comme *Ruppia spiralis* ou *Schoenoplectus litoralis* qui sont uniquement présents dans la mare Cyn-3, alors que *Parapholis* sp. et *Atriplex prostrata* sont uniquement ou presque présents dans la mare Int-1. La mare Int-1, qui affiche la plus forte salinité des mares intermédiaires (Figure 4), est très proche des mares méditerranéennes (Figure 7), ce qui met en évidence l'importance de la salinité comme variable structurante de la végétation.

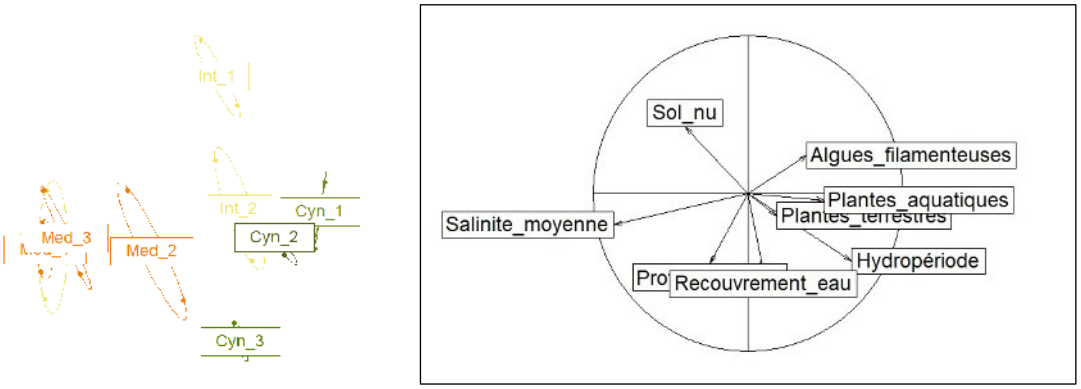


Figure 7. AFC réalisée sur les données de végétation de 2023 des neuf mares du Relai moyennées par mare et par passage (Cyn : cynégétiques, Int : intermédiaires, Med : méditerranéennes) (à gauche). Cercle de corrélation regroupant des données mésologiques des mares par AFC sur l'année 2023 (à droite).

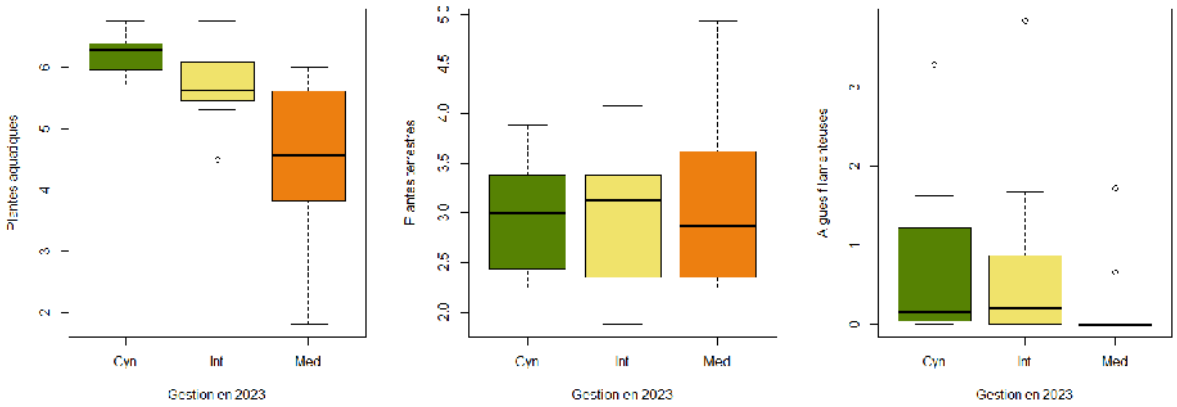


Figure 8. Distribution (boxplots) des fréquences moyennées par mare et par mois des plantes aquatiques, plantes terrestres et algues filamenteuses dans les mares cynégétiques (Cyn), intermédiaires (Int) et méditerranéennes (Med).

2.2.2 – Banques de graines

a) Méthodes et analyses statistiques

Afin de mieux comprendre les dynamiques de la végétation à l'œuvre, les banques de graines ont été étudiées de manière approfondie en 2023, en distinguant :

- celle initialement présente (**initiale**) dans les mares juste après leur creusement (échantillons collectés lors de la création des mares en 2020) ;
- celle ayant été introduite (**semée**) dans les mares creusées (issue d'un mélange d'échantillons collectés dans quatre mares sources situées à proximité du Relai, dont deux étaient de type cynégétique et deux autres de type méditerranéen) ;
- celles s'étant constituées trois ans après leur création dans les différentes mares (échantillons collectés durant l'hiver 2022-23 dans les neuf mares du Relai).

Les échantillons de sol après récolte ont été concassés, tamisés puis séchés et conservés à l'abri de l'humidité (la durée de conservation a varié selon les périodes de récolte). Début 2023, les échantillons ont été étalés dans des coupelles puis mis en culture dans plusieurs conditions :

- **humides** (arrosage régulier et remontée d'eau par capillarité) ;
- **inondées** (sous 10 cm d'eau), et à deux salinités : (5 g.L-1 et 10 g.L-1) correspondants aux salinités moyennes observées dans les mares du Relai.

La germination des échantillons a donc été testée selon trois traitements différents. Les germinations observées ont été identifiées au rang taxonomique le plus précis possible, et comptées. Les données par échantillon correspondent alors à la somme des germinations comptées pour les trois traitements. Une AFC a été utilisée afin d'analyser ces données.

b) Résultats

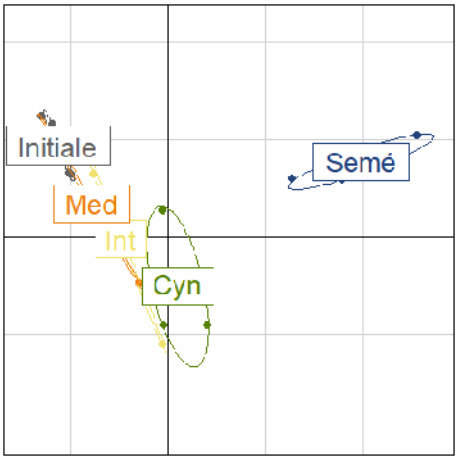


Figure 9. AFC réalisée sur les données de comptages de germinations moyennées par mare en 2021 (banque de graine initiale), en 2023 (Cyn, Int et Med : banques de graines des mares à gestion cynégétique, intermédiaire et méditerranéenne, respectivement) et sur quatre échantillons du sédiment semé. L'absence de cercle de corrélation s'explique par l'absence de variable descriptives supplémentaires relevés sur le terrain (contrairement aux relevés de végétation).

L'AFC distingue nettement les groupes d'échantillons : banque de graines initiale, banque de graines des mares après trois ans, et banque de graines des mares utilisées comme semis pour la restauration active (Figure 9). Il existe un gradient entre les trois modes de gestion et la banque de graines initiale : les mares méditerranéennes présentent une banque de graines plus proche de celle initialement présente ; viennent ensuite les mares intermédiaires, et enfin les mares cynégétiques. Les mares cynégétiques sont ainsi plus proche des mares sources, utilisées pour les semis au Relai. Cela peut s'expliquer par deux éléments : les conditions environnementales (notamment de salinité) présentes dans les mares cynégétiques sont plus favorables pour une expression des espèces introduites (la banque de graines introduite n'étant par exemple pas ou peu adaptée à la salinité des mares méditerranéennes). Par ailleurs, la plus longue période d'inondation a pu assurer la reproduction d'un plus grand nombre d'espèces (et d'individus), permettant ainsi de constituer une banque de graines plus conséquente et plus diverse. Malgré cela, les banques de graines de l'ensemble des mares du Relai restent très éloignées de celle des mares utilisées pour le semis lors de la restauration. Cela souligne le temps nécessaire pour constituer une banque de graines comparable à celles des écosystèmes « naturels ».

Par ailleurs, les banques de graines sont plus pauvres que les communautés observées sur le terrain. Seuls *Juncus gerardii*, *Chenopodium chenopodioides* et *Riella notarisi* n'ont été trouvé que dans la banque de graines et non dans les relevés de terrain (Tableau 3). À noter que si les espèces du genre *Crypsis* sont plus présentes dans la banque de graines, ce taxon a été observé pour la première fois en 2023 lors du passage du mois d'août (non intégrée ici aux analyses précédentes). Dans l'ensemble, et hormis ces quelques exceptions, nous mettons en évidence la précocité des stades des mares créées, qui vont nécessiter plus que trois années pour avoir une banque de graines pleinement constituée.

Tableau 3. Espèces observées dans les banques de graines (Sem. = semée ; Init. = initiale) et sur le terrain selon leur habitat principal (en gras les espèces caractéristiques de ces habitats).

Espèce	Habitat principal	Banques de graines du sol (2023)					Relevés floristique de terrain (2023)			Relevés floristique de terrain (2021)		
		Cyn	Int	Med	Sem.	Init.	Cyn	Int	Med	Cyn	Int	Med
Arthrocnemum glaucum	Sansouires							×	×			
Halimione portulacoides							×					
Juncus subulatus			×		×	×		×		×	×	
Sarcocornia fruticosa							×	×	×		×	×
Sarcocornia perennis								×				
Elytrigia *sp.*	Prés salés, sansouires						×					
Aster sp.	Prés salés		×				×	×	×	×	×	×
Juncus acutus					×		×					
Juncus maritimus		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Limonium narbonense							×	×	×	×	×	×
Aeluropus littoralis	Prés salés, mares temporaires		×		×		×	×	×	×	×	
Juncus gerardi		×	×		×							
Atriplex prostrata							×	×	×	×	×	
Parapholis *sp.*							×	×		×	×	
Polypogon sp.							×	×				
Puccinellia sp.			×				×	×		×	×	
Salicornia europaea		×	×	×	×		×	×	×	×	×	×
Spergularia salina							×	×				
Suaeda sp.		×	×				×	×	×	×		×
Chara aspera	Marais temporaires	×		×	×		×	×	×	×	×	×
Chara canescens		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Chenopodium chenopodioides					×							
Crypsis sp.		×	×	×	×	×						
Ranunculus peltatus										×	×	×
Riella cossoniana		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Riella notarisi		×	×	×		×						
Tolypella hispanica		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Zannichellia palustris		×	×		×		×	×	×	×	×	×
Bolboschoenus maritimus	Marais et lagunes temporaires	×	×	×	×	×	×		×	×		
Scirpus littoralis							×					
Chara vulgaris	Marais permanents ou temporaires				×		×	×			×	
Phragmites australis							×	×		×		
Potamogeton pectinatus							×	×				
Tamarix gallica							×					
Typha sp.										×	×	
Althenia filiformis	Lagunes temporaires							×	×			
Riella helicophylla		×	×			×		×	×			×
Ruppia maritima							×	×	×	×	×	×
Tolypella salina					×				×		×	×
Ruppia spiralis	Lagunes temporaires ou permanentes						×	×	×			
Richesse spécifique totale		**13**	**16**	**9**	**16**	**9**	**28**	**27**	**20**	**20**	**20**	**15**

2.2.3 – Focus sur le Scirpe maritime *Bolboschoenus maritimus*

a) Méthode et analyses statistiques

Bolboschoenus maritimus est la principale plante hôte des œufs de *L. macrostigma*, espèce d'odonate à fort enjeux de conservation (voir partie 2.4). En ce sens, elle est une des cibles principales de la restauration des mares temporaires sur les sites du GPMM, puisque *L. macrostigma* l'est également. De manière à étudier plus en détail le processus d'installation de cette plante dans les mares du Relai, un travail ciblé a été réalisé.

Comme évoqué précédemment, les différentes hydropériodes mises en place ont eu des effets importants sur la salinité des mares du Relai. Or cette salinité peut également impacter l'installation du Scirpe maritime. Présente dans la banque de

graines introduite (voir Tableau 3), cette espèce s'est peu développée dans les mares depuis leur création, hormis dans quelques-unes où des tubercules préexistaient probablement (l'espèce formant quelques tapis denses en certains secteurs du Relai). De manière à étudier si la salinité des mares pourrait avoir un effet sur la capacité de colonisation de l'espèce, nous avons réalisé deux expérimentations parallèles : (1) un semis de graines de Scirpe maritime dans toutes mares ; (2) une expérimentation en mésocosmes pour tester deux salinités différentes avec la même hydropériode, de manière à s'extraire l'effet confondant de ces deux variables dans les mares du Relai.

- Expérimentation sur le terrain

Les graines de Scirpe maritime ont été prélevées à l'automne 2022 au sein de deux populations distinctes. Ces dernières ont été divisées en 27 lots d'environ 3 000 graines (7,2 g par lot). Les graines ont été immergées et laissées au réfrigérateur du 22 février au 26 avril 2023, date du semis. Dans chaque mare, trois placettes de 6 m^2 (3 × 2 m ; Figure 10) ont été définies, et chaque lot de 3 000 graines y a été semé, soit une densité de 500 graines au m^2, proche des densités d'individus observées par Charpentier (1998)[5]. Ces semis ont été réalisés lorsque le niveau des mares était plus bas (ca. 80 % de la surface en eau), avant que les niveaux ne soient réajustés.

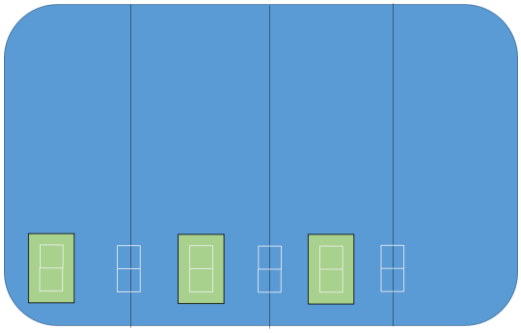


Figure 10. Schéma du dispositif mis en place (les rectangles verts marquent les placettes de 6 m^2 ; les rectangles blancs marquent les placettes de suivi (1 m^2), six sur les secteurs semés, six sur secteurs témoins, *i.e.* sur les transects utilisés pour le suivi de la végétation).

- Expérimentation en mésocosme

De manière à se soustraire des effets confondus entre la salinité et l'hydropériode du Relai, une expérimentation en mésocosme a été mise en place. Une seule hydropériode a été utilisée, et deux niveaux de salinité ont été testés, 5 g/L et 10 g/L, correspondant respectivement aux salinités moyennes des mares cynégétiques et méditerranéennes. À noter également que deux positions au sein de la mare ont été simulée (uniquement à 5 g/L), en recouvrant les pots de 20 cm d'eau (bordure de la mare) ou de 40 cm d'eau (position plus centrale au sein de la mare), afin d'évaluer si le positionnement des semis sur le terrain pouvait avoir un effet. Pour chaque traitement (20 cm & 5 g/L, 40 cm & 5 g/L, 20 cm & 10 g/L), trois bacs ont été utilisés comme réplicas. Dans chaque bac se trouvait un pot témoin (uniquement du sol stérile, afin d'évaluer les apports de graines extérieures), trois pots de substrat introduit dans les mares du Relai avec semis de huit graines de scirpes (densité de 500 gr/m^2 comme testée sur le terrain) et trois pots sans semis de graines autres que la banque de graines initiale introduite dans les mares du Relai. L'expérimentation s'est déroulée de janvier à août 2023, avec un assec à partir de fin mai, comme mis en place au Relai.

[5] Charpentier A. (1998) Biologie des populations d'une espèce clonale : architecture et fonctionnement clonal chez "*Scirpus maritimus*" dans les marais temporaires méditerranéens du sud de la France. Thèse de doctorat, Université de Montpellier 2.

b) Résultats

- Expérimentation sur le terrain

In situ, les placettes (Figure 10) ont été suivies le 10 août 2023. Le Scirpe maritime n'a été observé que sur trois des mares : Cyn-2, Cyn-3 et Med-3. Pour Med-3 et Cyn-2, seuls 8 et 3 individus ont été observés, respectivement, tous localisés sur une seule placette de 1 m^2, située en zone témoin (sans semis). Pour Cyn-3, le Scirpe maritime était déjà connu (notamment observé lors des semis), et 121 individus ont été observés dans l'ensemble des placettes, 25 en zone témoins et 96 en zones semées. Si ces différences sont importantes, une seule placette d'1 m^2 comptabilise 61 individus, soit la moitié des individus observés. Ces différences reflètent donc plus une hétérogénéité spatiale très probablement préexistante au semis. Le semis n'a donc pas encore témoigné d'une quelconque efficacité.

- Expérimentation en mésocosme

Bien que les différences observées soient peu ou pas significatives en raison du faible nombre de réplicas, le nombre d'individus de Scirpe maritime est plus important dans les pots avec semis que sans (Figure 11), avec des densités qui restent faibles (< 8 individus par pot, i.e. 500 ind/m^2). Cela témoigne de la faible présence du Scirpe maritime dans la banque de graines introduite. Il semble également y avoir un signal avec un plus faible nombre d'individus pour une salinité méditerranéenne (10 g/L) que cynégétique (5 g/L). Concernant la vigueur des individus (*i.e.* leur taille), aucune différence significative ne ressort entre les traitements.

Dans l'ensemble, si l'expérimentation *in situ* n'a pas permis de constater une réponse au semis, il sera intéressant de poursuivre le suivi de la végétation à plus long terme pour évaluer comment l'espèce répond aux différentes gestions mises en place. En effet, il est probable, d'après notre expérimentation en mésocosme, que la salinité, plus que l'hydrologie, vienne impacter les capacités de colonisation du Scirpe maritime dans les mares méditerranéennes du Relai.

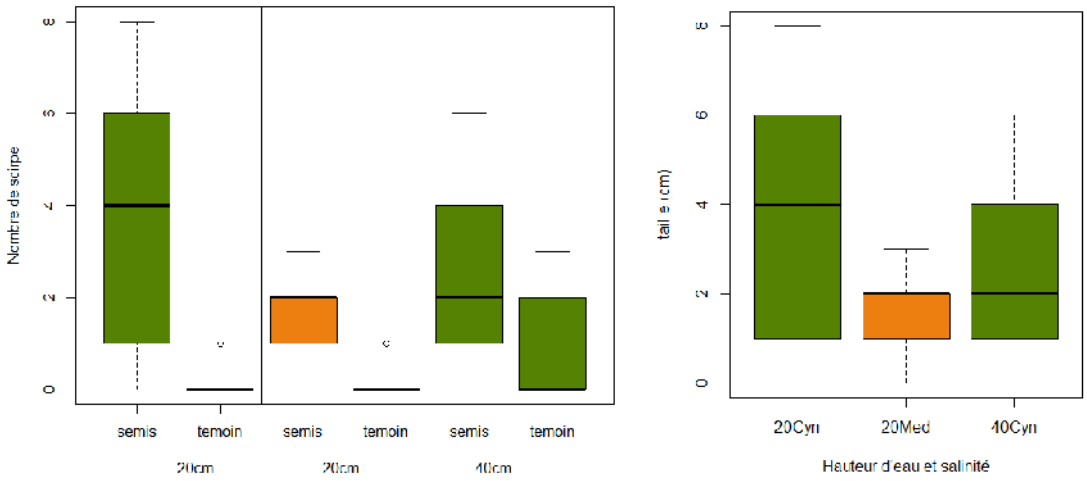


Figure 11. À gauche : nombre de tiges de Scirpe maritime par pot selon le traitement. En vert : salinité cynégétique (*i.e.* 5 g/L) ; en orange : salinité méditerranéenne (*i.e.* 10 g/L). À droite : vigueur des tiges de Scirpes maritime (*i.e.* leur taille) selon le traitement (code couleur identique).

2.2.4 – Indicateurs floristiques RhoMéO

a) Indice floristique d'engorgement (RhoMéO IO2)

L'indice floristique d'engorgement est calculé en attribuant une valeur indicatrice de l'engorgement du sol en eau pour chaque espèce. Cette valeur varie de 1 à 10 et traduit le degré d'affinité de l'espèce pour la présence d'eau dans le sol (1 = espèce hyperxérophile ne tolérant pas la présence d'eau ; 10 = espèce aquatique ne tolérant pas l'exondation). Conformément au protocole proposé pour la flore, ces valeurs sont issues des valeurs indicatrices de Julve[6] et adaptées à une échelle de 1 à 10. Les espèces de Characées n'étant pas renseignées, nous leur avons attribué une note de 10 à chacune (espèces aquatiques). L'indice floristique d'engorgement est calculé à l'échelle de la communauté et pour chaque quadrat de relevé floristique, il tient compte de la valeur indicatrice de chaque espèce pondérée par son abondance (ici, fréquence variant de 0 à 9).

Les valeurs ont sensiblement augmenté entre l'année 2021 et l'année 2023 (Figure 12), mettant en évidence une trajectoire de colonisation de la végétation hygrophile des mares nouvellement créées. Les mares cynégétiques semblent présenter une valeur moyenne légèrement supérieure pour 2023 aux mares intermédiaires et méditerranéennes, reflétant la plus longue durée de l'hydropériode associée.

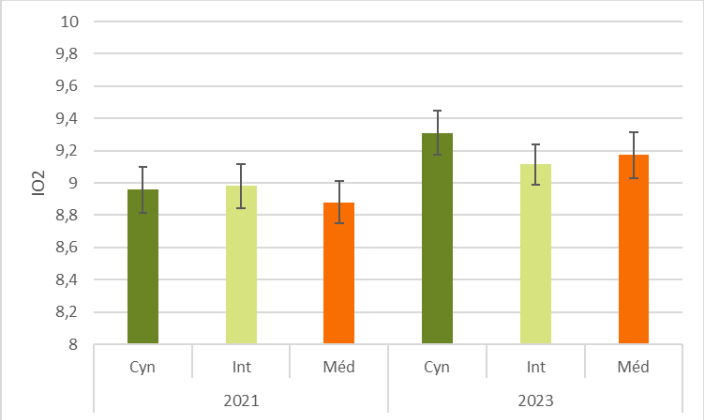


Figure 12. Valeurs moyennes de l'indice floristique d'engorgement calculé sur les neuf mares du Relai en avril, mai, juin 2021 et 2023. Les barres indiquent les intervalles de confiance à 95 %.

b) Indice floristique de fertilité du sol (RhoMéO IO6)

L'indice floristique de fertilité du sol est calculé en attribuant une valeur indicatrice de fertilité du sol (azote et phosphore notamment) pour chaque espèce. Cette valeur varie de 1 à 10 et traduit le degré d'affinité de l'espèce pour la présence de nutriments dans le sol (1 = espèce hyper-oligotrophe ; 10 = espèce hyper-eutrophe). Conformément au protocole proposé pour la flore, ces valeurs sont issues des valeurs indicatrices de Julve[7]. Les espèces de Characées n'étant pas renseignées, nous leurs avons attribué une note sur avis d'expert. L'indice floristique de fertilité du sol est calculé de la même manière que l'indice d'engorgement, seule la valeur indicatrice change (fertilité du sol ici, engorgement du sol précédemment).

---

[6] Julve P. (1998). Baseflor – Index botanique, écologique et chorologique de la Flore de France. Version [2021]. Programme Catminat. https://api.telabotanica.org/service:cumulus:doc/c6f031b23d74373071094f2b1347b5813a3fc2c7

[7] *Op. cit.*

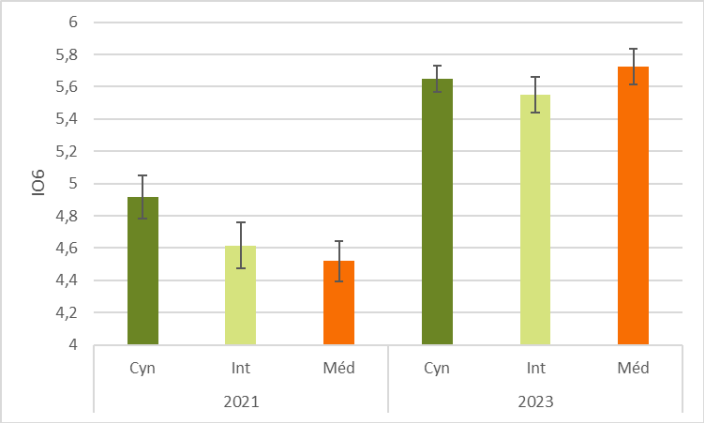


Figure 13. Valeurs moyennes de l'indice floristique de fertilité du sol calculé sur les neuf mares du Relai en avril, mai, juin 2021 et 2023. Les barres indiquent les intervalles de confiance à 95 %.

La différence entre la première année de suivi (2021) et la dernière (2023) est particulièrement marquée pour cet indice (augmentation de près d'un point pour tous les traitements) (Figure 13). Les différences existantes en 2021 entre les trois modes de gestion ne se retrouvent pas en 2023. Il sera nécessaire de voir à plus long terme comment cet indice évolue, notamment entre le mode cynégétique et les deux autres, l'hypothèse majeure voulant que la gestion cynégétique favorise une eutrophisation des milieux (et donc une augmentation de cet indice).

c) Indice de qualité floristique (RhoMéO IO8)

L'indice de qualité floristique est calculé en attribuant un coefficient de conservatisme à chaque espèce (Tableau 4). La valeur de ce coefficient varie de 1 à 9 et traduit son aptitude à supporter des perturbations d'une zone humide. Le coefficient de conservatisme est conçu de telle sorte que les espèces possédant une valeur d'humidité plus grande possèdent *de facto* un coefficient plus grand. Aucune des espèces végétales inventoriées dans les mares ne possèdent une valeur d'humidité inférieure à 6. Pour autant ces espèces possèdent une aptitude très variable à supporter des perturbations, notamment hydrologiques. Le grain d'analyse est ici grossier et parait peu adapté vis-à-vis des milieux (aquatiques temporaires) et des perturbations (hydrologiques) étudiées. Définir un cortège cible d'espèces caractéristiques du milieu visé ou utiliser des relevés de références aurait été une approche mieux adaptée au contexte particulier de la présente étude.

Tableau 4. Critères utilisés pour la définition du coefficient de conservatisme (les coefficients 2 à 7 sont définis selon habitats et nitrophilie).

Coef. de conservatisme	Indigénat	Stratégie GRIME	Valeur d'humidité	Fréquence en zone humide
0	Non	-	-	-
1	Oui	RRR, CRR ou CCR	≤ 4	Faible
2 / 3	Oui	CRS ou CCC ou CCS	2 à 5	Moyenne
3 / 4	Oui	RRR ou RRS	4 à 7	Faible à moyenne
4 / 5	Oui	CCS ou CRS ou CRR	5 à 8	Faible à moyenne
6 / 7	Oui	CSS ou CRS ou CCS	≥ 6	Moyenne à forte
8	Oui	CCS	≥ 7	Forte
9	Oui	SSS ou CSS ou CRS	≥ 7	Forte

Les caractéristiques des espèces ont été renseignées sur avis d'expert, d'après les critères utilisé pour la définition du coefficient de conservatisme. Le calcul de l'indice de qualité floristique est similaire aux deux précédents indices ; seule la valeur indicatrice pour chaque espèce change (ici le coefficient de conservatisme).

Les résultats sur cet indice mettent en évidence une diminution entre les données de 2021 et celles de 2023 pour les mares cynégétiques (Figure 14). À la différence de l'indice de fertilité du sol, qui se trouve plus homogène entre les trois modes de gestion hydraulique en 2023 qu'en 2021, l'indice de qualité floristique est significativement plus faible pour le mode de gestion cynégétique que pour les deux autres en 2023, alors que ce n'était pas autant marqué en 2021.

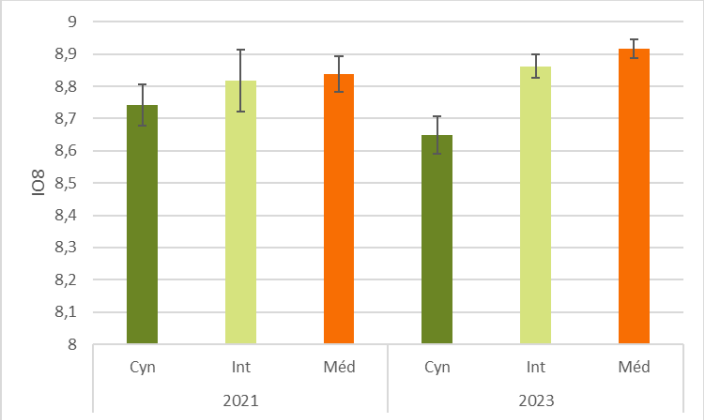


Figure 14. Valeurs moyennes de l'indice de qualité floristique calculé sur les neuf mares du Relai en avril, mai, juin 2021 et 2023. Les barres indiquent les intervalles de confiance à 95 %.

En résumé

Pour la végétation, il apparait que la modalité de gestion influence la végétation exprimée dans les mares. Les mares cynégétiques sont ainsi plus riches en végétation aquatique que les mares intermédiaires, qui elles-mêmes sont plus riches que les mares méditerranéennes. Mais au-delà, les communautés en place diffèrent : les mares méditerranéennes hébergent des communautés végétales qui se retrouvent plutôt en lagune temporaires, notamment en raison de la plus forte salinité de ces mares. Ces communautés ont de fortes valeurs patrimoniales, ce qui explique aussi les plus fortes valeurs d'indice de qualité floristiques par rapport aux mares cynégétiques par exemple.

Dans l'ensemble, le constat de « succès limité » de la colonisation par la végétation des mares nouvellement crées, ayant notamment justifié les actions complémentaires concernant le Scirpe maritime, semble aujourd'hui à relativiser. Les banques de graines témoignent de la jeunesse de ces communautés, mais les trajectoires sont aujourd'hui empruntées, seulement trois ans après la création de ces mares.

Il sera donc intéressant de poursuivre les suivis à plus long terme, la position des mares sur leurs trajectoires écologiques étant encore peu avancée. Des caractéristiques attendues du milieu ne sont pour le moment pas encore très marquées (*e.g.* niveau trophique supérieur dans les mares cynégétiques par exemple). À retenir également que la forte salinité des mares méditerranéennes risque d'être un frein à la colonisation du Scirpe maritime à plus long terme.

2.3 – Macrozoobenthos

Trois sessions de relevés ont été réalisées, en avril 2021, novembre 2022 et mai 2023. L'échantillonnage s'est fait à l'aide d'un filet troubleau. Lors de la première année hydrologique d'étude (passage en avril 2021), 10 échantillons ont été réalisés par mare. À partir de 2022, il a été décidé d'augmenter l'échantillonnage à 15 coups de filets troubleau par mare. L'analyse réalisée (PCoA présentée en Figure 15) tient compte de cette variation de l'effort d'échantillonnage en ne considérant que les présences / absences des différents taxons par mare (sur l'ensemble des échantillonnages).

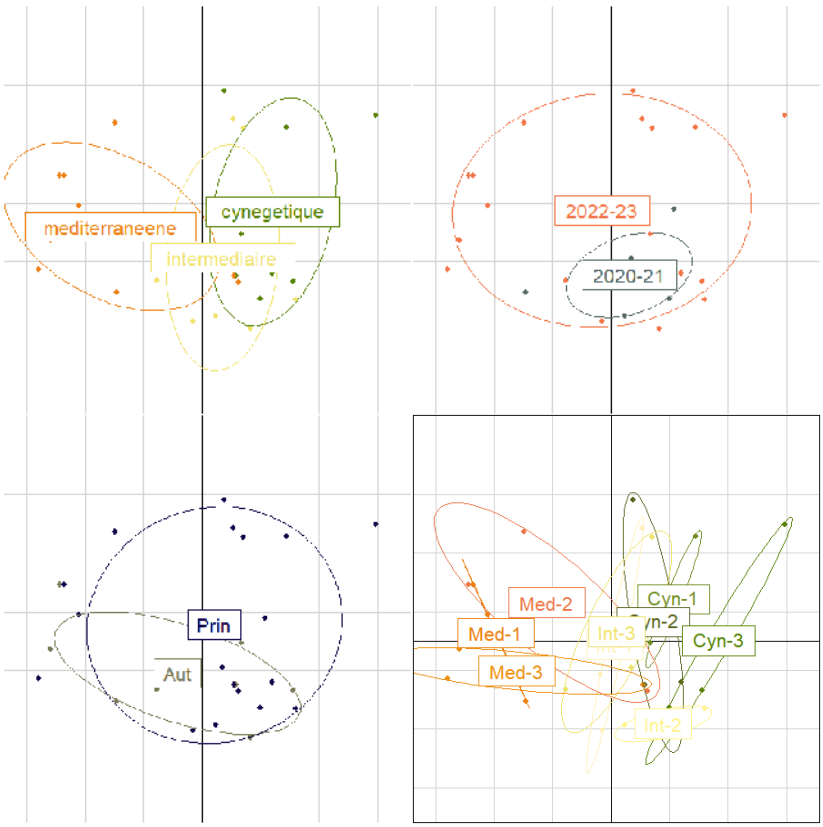


Figure 15. PCoA sur les données par mare avec indice de Sorensen. Les résultats de la PCoA sont regroupés (axe 1 (22.4%) et 2 (15.7%)) selon quatre modalités : la gestion hydraulique, l'année hydrologique, la saison d'échantillonnage (automne ou printemps), et enfin la mare (de gauche à droite et du haut vers le bas). Aucune donnée automnale n'a été collectée en 2020-2021 les mares Med et Int puisque celles-ci n'étaient pas en eau.

Ces résultats mettent en évidence que la gestion hydraulique est associée à une structuration des communautés de macrozoobenthos au Relai, seulement deux ans après la création des mares. Notamment, les communautés méditerranéennes ont tendance à s'éloigner les communautés cynégétiques (voir Figure 15 en bas à droite). Les éphémères et les hydracariens sont par exemple plus présents dans les mares cynégétiques et intermédiaires, alors que les hydrophiles sont plus présents en mares méditerranéennes. Il est toutefois délicat de savoir si ces différences de trajectoires sont le reflet de la gestion hydraulique ou des différences de salinité que cette dernière induit. Ainsi, sur la mare Med-3, qui a connu les maximums de salinité mesurés sur le site, ont par exemple été observées des Artémies, petits crustacés typiques d'écosystèmes salés.

2.4 – Odonates

2.4.1 – De l'utilisation de l'indice RhoMeo I10 pour l'évaluation de l'intégrité d'un peuplement d'odonates, et ajustements à la méthodologie

Le peuplement odonatologique varie selon le type d'habitat et le domaine biogéographique – le climat jouant là un rôle majeur. Pour l'évaluation de l'intégrité du peuplement d'odonates d'un site, la méthodologie RhoMeO[8] propose de comparer le cortège d'espèces d'odonates observées sur ce site à un cortège d'espèces attendues en fonction du type d'habitat auquel ce site appartient et du domaine biogéographique dans lequel il se trouve. Plus les espèces observées correspondent à celles du cortège attendu, plus le peuplement sera considéré comme « intègre », et par conséquent l'état de conservation du site jugé comme favorable. Toutefois, la méthodologie RhoMeO précise que le « seuil d'intégrité du peuplement [a été] arbitrairement fixé à la valeur seuil de […] 75 % minorée de 10 % pour tenir compte des aléas biogéographiques. Le peuplement odonatologique sera donc considéré comme intègre si au moins 65 % des espèces attendues sont au rendez-vous ». Par ailleurs, cette approche « globale » ne tient pas compte d'éventuelles particularités bioclimatiques ou édaphiques locales. En outre, la démonstration de l'autochtonie du cortège observé est recommandée mais pas obligatoire, alors que les odonates ne sont indicateurs d'un habitat que s'ils s'y reproduisent avec succès. Dans le cadre du projet MediCyn, nous avons donc décidé de suivre l'approche RhoMeO et de renforcer notre analyse en considérant les indices de reproduction ainsi que l'abondance. Soulignons que l'objet de la présente étude est de détecter des différences entre les cortèges des sites faisant l'objet de gestions hydrauliques différentes.

Selon la typologie d'habitats RhoMeO, les mares du Grand Clos et du Relai sont classées dans les « milieux saumâtres » (code 12) et 24 espèces d'odonates sont liées à ceux-ci (Tableau 8). Deux le sont très fortement : *Lestes barbarus*, et *L. macrostigma* qui est caractérisé par plusieurs statuts et politiques de conservation : classé « En Danger » sur la liste rouge de France[9], espèce prioritaire du Plan National d'Actions 2020-2030 pour les libellules menacées[10] et espèce déterminantes dans le cadre de la trame verte et bleue[11]. Six le sont fortement (*L. sponsa*, *Sympecma fusca*, *Ischnura elegans*, *I. pumilio*, *Anax parthenope* et *Crocothemis erythraea*). Certaines de ces affinités peuvent surprendre : par exemple *C. erythraea* présente une affinité forte aux milieux saumâtres alors que cette espèce se reproduit dans une gamme d'habitats plus large qu'*A. ephippiger*, qui lui ne présente qu'une affinité faible[12] (Tableau 5). Cela tient peut-être au fait que la temporarité des mares n'est pas considérée dans la typologie d'habitats RhoMeO. Dans le cadre de cette étude, nous ne tiendrons donc pas compte de cette affinité. En revanche, nous porterons notre attention aux statuts de conservation des espèces (Tableau 6).

---

[8] Pont B. (2014). Intégrité du peuplement odonatologique – I10. *In* : Gayte X., Danancher D. & Porteret J. (coord.) (2014). La boîte à outils de suivi des zones humides – RhoMeO, Conservatoire d'espaces naturels de Savoie, 253 pp.

[9] UICN France, MNHN, OPIE & SFO, 2016. La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Libellules de France métropolitaine. Comité français de l'UICN, Paris, France, 12 pp.

[10] http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/pna_odonates_2020-2030_consultation_publique_mtes_13_oct.pdf

[11] http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/FichesEspecesTVBPACA_01072015.pdf

[12] Boudot *et al*. (2017). *Les Libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. 2nde édition, Biotope (coll. Parthenope), Mèze, France, 455 pp.

Tableau 5. Affinité des espèces d'odonates pour les « milieux saumâtres » dans le domaine méditerranéen selon le protocole RhoMeo. Les espèces barrées sont celles qui ne se reproduisent pas ou plus dans les mares temporaires saumâtres de Camargue.

1 - très fort	2 - fort	3 - modéré	4 - faible
Lestes barbarus *Lestes macrostigma*	*Lestes sponsa* *Sympecma fusca*		
	Ischnura elegans *Ischnura pumilio*	~~*Erythromma viridulum*~~	
	Anax parthenope	~~*Aeshna isoceles*~~ *Aeshna mixta* ~~*Anax imperator*~~ ~~*Brachytron pratense*~~	*Anax ephippiger*
	Crocothemis erythraea	~~*Libellula fulva*~~ ~~*Libellula quadrimaculata*~~ *Orthetrum albistylum* *Orthetrum cancellatum* ~~*Sympetrum depressiusculum*~~ *Sympetrum fonscolombii* *Sympetrum meridionale* *Sympetrum striolatum*	~~*Sympetrum sanguineum*~~ ~~*Trithemis annulata*~~

Il est par ailleurs nécessaire de considérer certaines particularités locales, et donc de soustraire au peuplement attendu, *Erythromma viridulum*, *Aeshna isoceles*, *Anax imperator*, *Brachytron pratense*, *Libellula fulva* et *L. quadrimaculata* qui se reproduisent dans le delta du Rhône mais dans des milieux plus permanents et profonds (étangs, roselières, roubines), ainsi que *Trithemis annulata* qui, malgré son implantation de longue date dans le sud de la France, n'a pas colonisé la Camargue. Nous pourrions maintenir *Sympetrum depressiusculum* et *S. sanguineum* qui peuvent se rencontrer dans les milieux temporaires de Camargue mais ces deux espèces ne s'y reproduisent pas ; nous les avons donc également écartées. En revanche, il convient d'ajouter *Aeshna affinis* qui peut se reproduire dans les marais temporaires saumâtres de Camargue. Le cortège attendu dans le cadre de notre projet de restauration est donc composé de 16 espèces (Tableau 6). Ces ajustements n'interdisent pas de calculer un indice d'intégrité du peuplement mais invitent à prendre encore plus de distance par rapport au seuil de 65 % préconisé par le protocole RhoMeO.

Tableau 6. Affinité des espèces d'odonates pour les « milieux saumâtres » dans le domaine méditerranéen selon le protocole RhoMeo. Les espèces barrées sont celles qui ne se reproduisent pas ou plus dans les mares temporaires saumâtre de Camargue.

Sous-ordre	Famille	Espèce	Statut de conservation	
			LR PACA	DR PNA libellules
Zygoptères (demoiselles)	Lestidae	*Lestes barbarus*		
		Lestes macrostigma	VU	prioritaire
		Lestes sponsa		prioritaire
		Sympecma fusca		
	Coenagrionidae	*Ischnura elegans*		
		Ischnura pumilio		
Anisoptères (libellules)	Aeshnidae	*Anax ephippiger*		
		Anax parthenope		
		Aeshna affinis		
		Aeshna mixta		
	Libellulidae	*Crocothemis erythraea*		
		Orthetrum albistylum		
		Orthetrum cancellatum		
		Sympetrum fonscolombii		
		Sympetrum meridionale		
		Sympetrum striolatum		

2.4.2 – Méthodes complémentaires pour l'étude des cortèges d'odonates

a) Abondance des adultes et étude des indices de reproduction

L'identification des espèces observées a tout d'abord été complétée par la prise en considération de leur abondance, *i.e.* l'attribution à chaque espèce d'une des classes semi-quantitatives suivantes : 0 = aucun individu, 9 = quelques individus, 99 = des dizaines d'individus, 999 = des centaines d'individus, 9999 = des milliers d'individus. Cette méthode a été appliquée après les travaux de restauration afin de détecter des effets de la gestion hydraulique différenciée. Ensuite, par la prise en compte de leur comportement de reproduction : 1 = espèce observée sans comportement de reproduction, 2 = tentative de reproduction (observation de tandem, de cœur copulatoire ou de ponte), 3 = preuve de reproduction réussie (observation d'émergences, de ténéraux *sensu stricto* ou d'exuvies).

b) Abondance des larves et des exuvies

Des larves d'odonates ont été capturées lors de l'échantillonnage du macro-zoobenthos (voir partie 2.3). Leur abondance a alors été enregistrée. À noter que leur identification au rang d'espèce est souvent impossible du fait que les larves en cours de développement ne présentent pas encore de caractéristiques anatomiques spécifiques ; celles-ci ne sont visibles avec certitude qu'au dernier stade, qui donnera l'exuvie. Les espèces ont donc parfois été regroupées, et les taxons retenus sont les suivant : *Lestes macrostigma*, *Ischnura elegans*, *Anax* sp., *Orthetrum* sp., *Sympetrum* sp. / *Crocothemis erythraea*. Par ailleurs, ont été exclues les 37 larves de Libellulidae trop petites pour être attribuées à un des deux groupes *Orthetrum* ou *Sympetrum* | *Crocothemis* (soit 2,8 % de la totalité des larves de Libellulidae, toutes années confondues).

L'abondance des exuvies n'a été enregistrée qu'au Relai car les neuf mares présentent des dimensions et des profils similaires, ce qui rend la comptabilisation des exuvies le long de la totalité des berges comparable. Les exuvies ont pu être identifiées au rang d'espèce (*L. macrostigma*, *I. elegans*, *A. parthenope*, *O. cancellatum* et *S. fonsco-lombii*).

2.4.3 – Effets des trois modes de gestion hydraulique sur les peuplements d'odonates des mares créées au Relai

En 2023, l'indice d'intégrité du peuplement d'odonates autochtones est en moyenne de 25 % pour les mares à gestion cynégétique, 17 % pour celles à gestion intermédiaire et de 15 % pour celles à gestion méditerranéenne (Tableau 7). Trois ans après le creusement les mares, aucun peuplement ne peut donc être considéré comme intègre. Les indices d'intégrité sont supérieurs pour les mares à gestion cynégétique par rapport à celles soumises aux deux autres modes de gestion. Les mares à gestion cynégétique sont également les plus attractives puisqu'en considérant tous les statuts de reproduction (1, 2 et 3 confondus), elles présentent un indice de 42 % en moyenne contre 29 % en moyenne pour les mares à gestion intermédiaire ainsi que celles à gestion méditerranéenne. Ceci est corroboré par l'abondance des adultes observés (Tableau 8) : les mares cynégétiques attirent (voire hébergent) plus d'adultes que les autres, et notamment chez *I. elegans*, *A. parthenope* et *C. erythraea*. Toutefois, *S. fonscolombii* fréquente toutes les mares sans distinction cependant qu'il se reproduit essentiellement dans les mares à gestion cynégétique et intermédiaire (Tableaux 9, 10). Compte tenu de l'importance de la végétation dans la sélection des sites de ponte, que les femelles pondent dans les plantes ou à la surface de l'eau, ceci est vraisemblablement dû au niveau de développement des plantes aquatiques qui est plus élevé dans les mares à gestion cynégétique.

Durant l'automne 2022, les densités larvaires dans les mares à gestion cynégétique ont été comparables à celles des mares à gestion intermédiaire (Tableau 10). Nous n'avons trouvé aucune larves d'odonate dans les mares à gestion méditerranéenne, pourtant en eau au moment des campagnes d'échantillonnage. Ceci est vraisemblablement dû, au moins en partie, au fait que plus les remises en eau sont précoces, plus est grand le nombre de femelles pouvant déposer des œufs, qui donneront des larves. Les niveaux de salinité modérés et l'abondance en végétation aquatique dans les mares à gestions cynégétique et intermédiaire doivent également favoriser la survie des larves. Au printemps suivant, les densités des larves sont aussi globalement plus élevées dans les mares à gestions cynégétique et intermédiaire que dans celles à gestion méditerranéenne (Tableau 10). La salinité doit jouer un rôle majeur.

Toutefois, des larves de *L. macrostigma*, seule espèce à fort enjeux de conservation présente dans les cortèges observés, ont uniquement été trouvées dans des mares à gestion méditerranéenne (Tableau 9), dont les conditions ont permis à au moins une partie d'entre-elle d'émerger avec succès (Tableau 10). Ceci ne peut être imputer à l'attractivité de ces mares puisque l'espèce a également fréquenté une mare à gestion intermédiaire et tenté de se reproduire dans les mares à gestion cynégétique (Tableaux 7, 8). Le succès de reproduction de *L. macrostigma* est plus vraisemblablement lié à la tardivité des remises en eau des mares à gestion méditerranéenne, combinée à des niveaux de salinité plus élevés. En effet, ces caractéristiques environnementales limitent l'abondance des larves d'espèces d'odonates compétitrices (*e.g. I. elegans*) et surtout prédatrices (*A. parthenope*) des larves de *L. macrostigma* (Tableau 9), ce qui est un facteur clé de leur survie et de leur abondance[13].

Tableau 7. Espèces d'odonates observées sur les mares du Relai (regroupées par mode gestion hydraulique [Cyn : cynégétique, Int : intermédiaire, Med : méditerranéenne]) du printemps 2021 au printemps 2023, avec leur statut de reproduction : 1 = présence ; 2 = tentative de reproduction (tandems, ponte) ; 3 = exuvies, émergences, ténéraux *sensu stricto* (reproduction réussie). Les espèces sont marquées par un fond coloré correspondant à leur affinité pour les milieux saumâtres selon RhoMeO (Tableau 5) ; *Anax imperator*, bien qu'observé, ne fait pas partie du cortège attendu et n'est donc pas comptabilisé pour le calcul des indices d'intégrité des peuplements.

Cortège attendu	Cyn-1	Cyn-2	Cyn-3	Int-1	Int-2	Int-3	Med-1	Med-2	Med-3
Lestes barbarus									
Lestes macrostigma (VU, prioritaire)	2	2	2		1			**3**	**3**
Lestes sponsa									
Sympecma fusca									
Ischnura elegans	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ischnura pumilio						1			
Anax ephippiger	2	2		1	2				
~~*Anax imperator*~~	~~1~~		~~1~~						~~1~~
Anax parthenope	3	3	3		3		1		3
Aeshna affinis									
Aeshna mixta									
Crocothemis erythraea	1	2	2		2	1		1	1
Orthetrum albistylum									
Orthetrum cancellatum	3	3	3		3			1	1
Sympetrum fonscolombii	3	3	3	3	3	3	1	3	2
Sympetrum meridionale									
Sympetrum striolatum									
Indice d'intégrité (spp présentes)	**44 %**	**44 %**	**38 %**	**19 %**	**44 %**	**25 %**	**19 %**	**31 %**	**38 %**
Ind. d'intégrité (spp autochtones)	**25 %**	**25 %**	**25 %**	**13 %**	**25 %**	**13 %**	**6 %**	**19 %**	**19 %**

[13] Lambret P., Jeanmougin M. & Stoks R. (2023) Environmental factors driving larval density and size at emergence of the threatened Dark spreadwing *Lestes macrostigma* (Odonata). *Journal of Insect Conservation* 27: 389-402. https://doi.org/10.1007/s10841-023-00461-3

Tableau 8. Abondance maximale des odonates adultes observés sur les mares du Relai (regroupées par mode gestion hydraulique [Cyn : cynégétique, Int : intermédiaire, Med : méditerranéenne]) lors d'une session, entre le printemps 2021 et le printemps 2023 : 9 = quelques individus ; 99 = des dizaines individus. Les espèces sont marquées par un fond coloré correspondant à leur affinité pour les milieux saumâtres selon RhoMeO (Tableau 5).

Espèces observées	Cyn-1	Cyn-2	Cyn-3	Int-1	Int-2	Int-3	Med-1	Med-2	Med-3
L.macrostigma (VU, prioritaire)	9	9	9		9			9	9
I.elegans	99	99	99	9	99	9	9	9	9
I.pumilio				9					
A.ephippiger	9	9			9	9			
A.imperator		9	9					9	
A.parthenope		9	99		9		9		
C.erythraea	9	99	9	9	9				
O.cancellatum	9	9	9		9			9	9
S.fonscolombii	9	99	9	99	99	99	9	9	99

Tableau 9. Abondances moyennes des larves d'odonates par coup de filet troubleau lors de l'échantillonnage du macrozoobenthos des mares du Relai (regroupées par mode gestion hydraulique [Cyn : cynégétique, Int : intermédiaire, Med : méditerranéenne]) durant les printemps 2021 et 2023, et l'automne 2022 (les données de l'automne 2020, deux mois après la création des mares, ne sont pas présentées ici). *Lestes macrostigma* ne peut être trouvé à l'état larvaire en automne car l'éclosion a lieu au printemps). Les espèces sont marquées par un fond coloré correspondant à leur affinité pour les milieux saumâtres selon RhoMeO (Tableau 5).

	Espèces observées	Cyn-1	Cyn-2	Cyn-3	Int-1	Int-2	Int-3	Med-1	Med-2	Med-3
Automne	*Ischnura elegans*	1,8	0,1	2,1		10,2				
	Anax sp.	0,1		0,1		0,2				
	Orthetrum sp.	0,1		0,3						
	Sympetrum fonscolombii	1,6	0,1	0,2	0,1	0,2	5,3			
Printemps	*Lestes macrostigma*								0,4	0,1
	Ischnura elegans	1,4	2,2	4,7	0,8	4,8	1,2		0,8	0,7
	Anax sp.	0,2		0,6		0,1				
	Orthetrum sp.	1,0	0,4	0,2	2,0	0,3	0,5		0,1	2,0
	Sympetrum fonscolombii	0,9	1,3	0,3	0,6	0,5	0,2		0,1	0,4

Tableau 10. Abondance des exuvies d'odonates autochtones des mares du Relai (regroupées par mode gestion hydraulique [Cyn : cynégétique, Int : intermédiaire, Med : méditerranéenne]) durant le printemps 2023 : 9 = quelques exuvies ; 99 = des dizaines d'exuvies. Les espèces sont marquées par un fond coloré correspondant à leur affinité pour les milieux saumâtres selon RhoMeO (Tableau 5).

Espèces à autochtonie prouvée	Cyn-1	Cyn-2	Cyn-3	Int-1	Int-2	Int-3	Med-1	Med-2	Med-3
L. macrostigma (VU, prioritaire)								9	9
I. elegans	99	9	9	9	9	9	9	9	
A. parthenope	9	9	99		9			9	
O. cancellatum	9	9	9		9	9			9
S. fonscolombii	99	99	99	99	9	99			9

2.5 – Dénombrement du gibier

Les mares ont été visitées au moins deux heures après le coucher du soleil (c'est-à-dire après la fin de la chasse), environ toutes les deux semaines durant la saison de chasse (de début septembre à fin janvier). Les mares étaient approchées discrètement et la présence de gibier d'eau contrôlée à l'aide de jumelles à amplification de lumière. Aucune observation de gibier d'eau n'a été faite lors de ces comptages nocturnes. Par ailleurs, aucune prise n'a été rapportée dans les tableaux de chasse pour le site du Relai. Nous n'avons pas trouvé d'éléments bibliographiques permettant de penser que la taille réduite des mares les rend moins attractives pour les canards. Il est possible que les herbiers dont ils se nourrissent la nuit ne soient pas encore suffisamment développés, et qu'à terme l'attractivité de ces mares pour les canards augmentera.

2.6 – Synthèse générale pour le Relai

Les trois modes de gestion hydrauliques testés au Relai – cynégétique, intermédiaire et méditerranéen – se caractérisent par des hydropériodes de durée décroissante. La gestion cynégétique, qui consiste en des mises en eau dès l'été, est la plus coûteuse en énergie et en ressource. L'usage historique du site est probablement responsable de la présence d'une importante quantité de sel dans le sol. Cependant, les niveaux de salinité sont fortement corrélés au mode de gestion (et donc à l'hydropériode), les gestions cynégétique et intermédiaire entraînant des salinités plus faibles que dans les mares à gestion méditerranéenne.

Ces niveaux de salinité différents (et la durée d'inondation avec laquelle ils sont corrélés) entrainent une différenciation des communautés végétales, avec une plus forte abondance des plantes aquatiques dans les mares cynégétiques. Dans les mares méditerranéennes, la flore est plus halophile – avec plusieurs espèces patrimoniales –, et proche des communautés végétales des lagunes temporaires. Les banques de graines se différencient également en fonction du mode de gestion, mais restent encore loin de celles des mares de référence.

Les communautés de macrofaune benthique suivent la même différenciation en fonction des modes de gestion. Considérant par exemple, les peuplements d'odonates, *Lestes macrostigma*, espèce prioritaire du Plan National d'Actions en faveur des libellules, n'a pu se reproduire que dans des mares méditerranéennes. Cependant, les fortes salinités des mares méditerranéennes pourraient freiner la colonisation du Scirpe maritime, espèce de plante préférée lors de la ponte chez *L. macrostigma*.

Enfin, les mares recréées n'ont visiblement pas encore été utilisées par les canards. Ceci pourrait être lié à la faible ressource alimentaire qu'elles représentent pour le moment.

Dans l'ensemble, il apparaît important de poursuivre les suivis à plus long terme, afin de mesurer les différentes trajectoires écologiques prises par les mares en fonction de leur mode de gestion.

3 – Grand Clos : premiers résultats après travaux

3.1 – Hydrologie

3.1.1 – Niveaux d'eau et de salinité

Comme pour les mares du Relai, un suivi bimensuel des niveaux d'eau et de la salinité a été réalisé sur les mares du Grand Clos (Figure 16). L'année des travaux (été 2021) apparait comme plus ou moins chaotique dans la gestion de l'eau, avec une absence d'assec estival. Avant travaux (2018-19), les mares de la partie nord ont présenté des niveaux d'eau plus élevés par rapport à la partie sud. Plus important, suite à la mise en place des travaux, les mises en eau ont parfois été délicates pour les mares intermédiaires. En effet, une légère arrivée d'eau estivale due à des fuites dans la digue nord du site, est trop précoce par rapport au calendrier intermédiaire défini. (Les travaux de réfection de cette digue n'ont toujours pas pu être réalisés.) La différence d'hydropériode entre les deux modes de gestion reste néanmoins bien marquée, que ce soit pour la mise en eau comme pour l'assec.

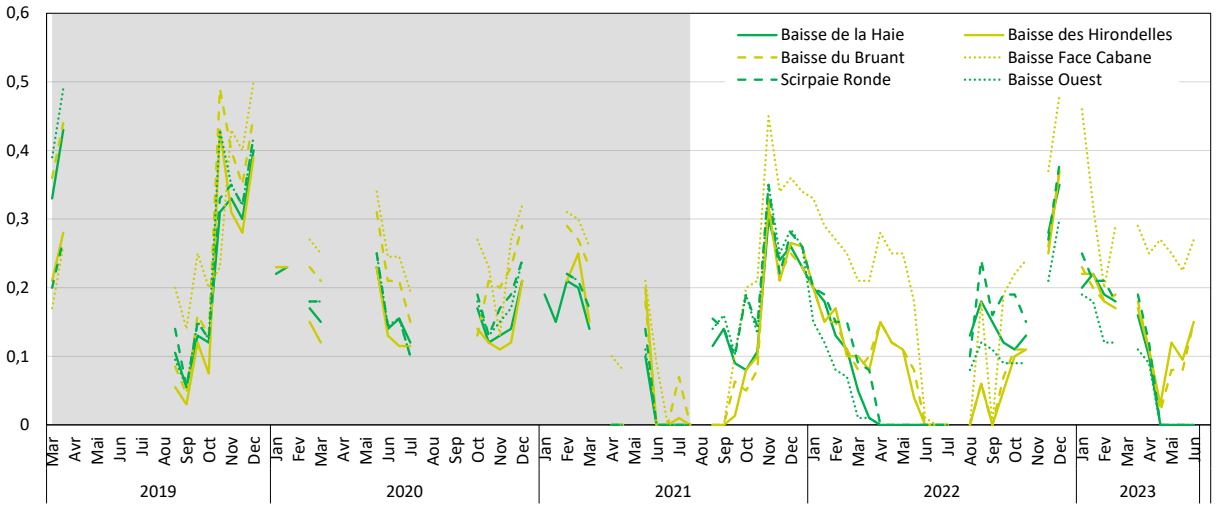


Figure 16. Variations des niveaux d'eau (relatifs *i.e.* au sein de chaque mare ; en mètres) dans les six mares suivies au Grand Clos. En vert celles à gestion cynégétique avant et après travaux de 2021 ; en jaune celles à gestion intermédiaire à partir de 2021 (mais cynégétiques avant cela). La zone grisée indique la période avant travaux, *i.e.* avant la mise en place de la gestion différenciée.

Les salinités ont été comparables en 2023 entre le secteur nord (gestion intermédiaire) et sud (gestion cynégétique) (Figure 17). Dans le détail, le secteur nord a été légèrement plus hétérogène que le secteur sud, avec la Baisse de la Haie qui a présenté une salinité plus basse que les deux autres mares intermédiaires.

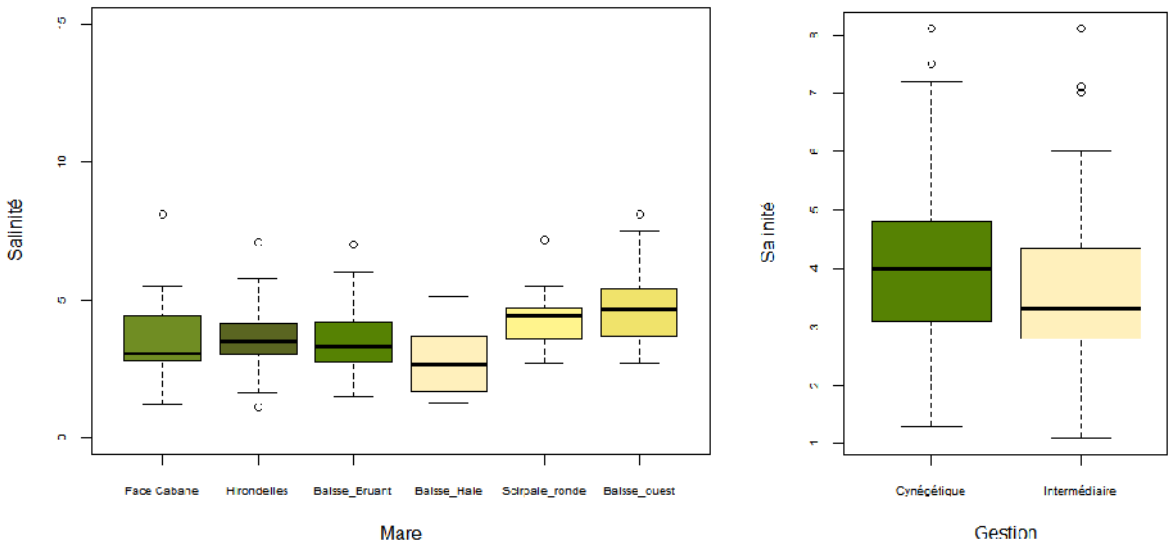


Figure 17. Distribution (boxplots) des salinités observées (g/L) dans les mares du Grand Clos d'août 2022 à juin 2023 dans le détail (à gauche : gestion cynégétique en vert, gestion intermédiaire en jaune) et regroupées par mode de gestion hydraulique (à droite).

3.1.2 – Coûts des différents modes de gestion

L'intérêt du changement de gestion sur le site du Grand Clos est également de tester une gestion hydraulique plus économe en eau, et donc en énergie. Contrairement au Relai où l'inondation est maintenue par pompage si nécessaire jusqu'à fin mai, l'inondation des secteurs à gestion cynégétique du Grand Clos n'est maintenue par pompage que jusqu'à fin janvier, alors qu'elle est maintenue jusqu'à fin mai pour la zone intermédiaire. Malgré cela, le secteur sud (gestion cynégétique) a consommé près de trois fois plus d'eau que le nord (gestion intermédiaire) lors de la dernière saison (2022-23) (Figure 18).

Bien que la surface totale de toutes les mares (*i.e.* y compris celles qui ne sont pas suivies) soient comparables entre les deux secteurs (4,20 ha pour le secteur nord et 4,23 ha pour le sud), ces derniers ne nécessitent pas forcément les mêmes volumes d'eau pour être remplis (la profondeur des mares pouvant varier). Toutefois, le fait que plus de 75 % de l'eau utilisée pour le secteur sud (cynégétique) l'ait été avant la date de mise en eau du nord (intermédiaire) vient confirmer l'importance de la consommation d'eau du début de saison (août et septembre) pour la gestion cynégétique. En plus des économies en eau, la gestion intermédiaire a permis également une économie d'énergie de plus de 250 kW sur l'année 2022-2023 (différence entre le sud et le nord).

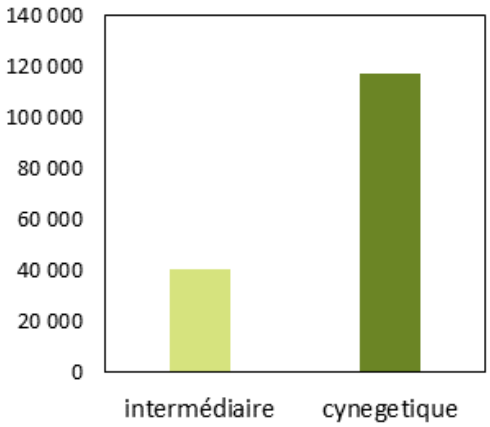


Figure 18. Volumes pompés (m^3) durant l'année hydrologique 2022-23 selon le mode de gestion hydraulique (et donc par secteur du Grand Clos, nord *vs* sud).

3.2 – Végétation

3.2.1 – Communautés végétales

La végétation a été suivie en utilisant la même méthode que pour les mares du Relai. Trois transects ont été définis par mare, et des placettes 30 cm de côté ont été distribuées de façon systématique le long de ces transects. Les relevés ont été faits dans ces placettes, en suivant les mêmes paramètres que pour le Relai (voir partie 2.2.1). À noter que contrairement au Relai, les passages de novembre et d'août pour les trois années hydrologiques complètes ont ici été ajoutés à l'analyse.

Une analyse multivariée (PCoA, avec indice de Bray-Curtis, similaire à l'analyse réalisée dans le rapport d'activité 2020[14] ; Figure 19) a été réalisée sur les données floristiques (moyenne par passage et par mare), avec l'ensemble des relevés faits sur les trois années hydrologiques complètes (2019-2020 : année avant travaux, 2021-22 et 2022-23 : années après changement de gestion pour la partie nord).

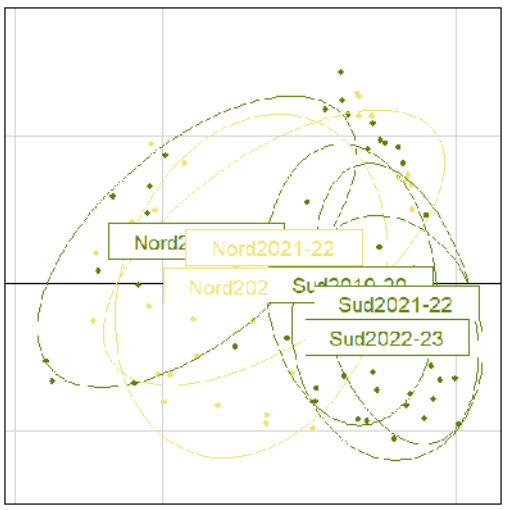


Figure 19. Résultat de l'analyse en coordonnées principales (PCoA) pour les données floristiques du Grand Clos (Axes 1 : 14.1 % ; Axe 2 : 11.5 %).

[14] Lambret P., Fontes H., Quoniam I. & Mesléard F. (2021). Projet MediCyn – rapport d'activités 2020 (Création des mares du Relai et état initial du Grand Clos). Tour du Valat | Grand Port Maritime de Marseille, 37 p + ann.

Tout d'abord, les situations de départ entre le secteur nord et le sud se distinguent. Cette observation avait déjà été soulignée dans le rapport d'activité 2020[15]. Cependant, la précédente analyse mettait en évidence des situations de départ moins contrastées, l'analyse étant faite à partir de l'ensemble des relevés réalisés sur 3 années hydrologiques (seulement une complète avec des passages de novembre à aout). Dans l'analyse ici réalisée (Figure 19), seule l'année complète a été intégrée à l'analyse. Ainsi, la situation de départ telle qu'elle figure dans cette figure est plus caricaturale qu'en réalité.

Si les communautés végétales du sud semblent peu avoir changées (situation témoin) suite aux travaux, les communautés végétales des mares du nord témoignent d'une évolution, bien que limitée. En effet, ces dernières se sont rapprochés des mares cynégétiques du sud du site. Cette trajectoire initiale pourrait être le fruit d'une hydropériode plus longue en partie nord qu'au sud avant travaux. La réduction de l'hydropériode qu'entraine le changement de gestion en partie nord pourrait expliquer pourquoi les communautés végétales tendent pour le moment, à se rapprocher des communautés du sud. Il est probable que les trajectoires poursuivent leur divergence, mais que cette dernière soit ralentie par la présence d'une banque de graines conséquente, issue de l'histoire du site.

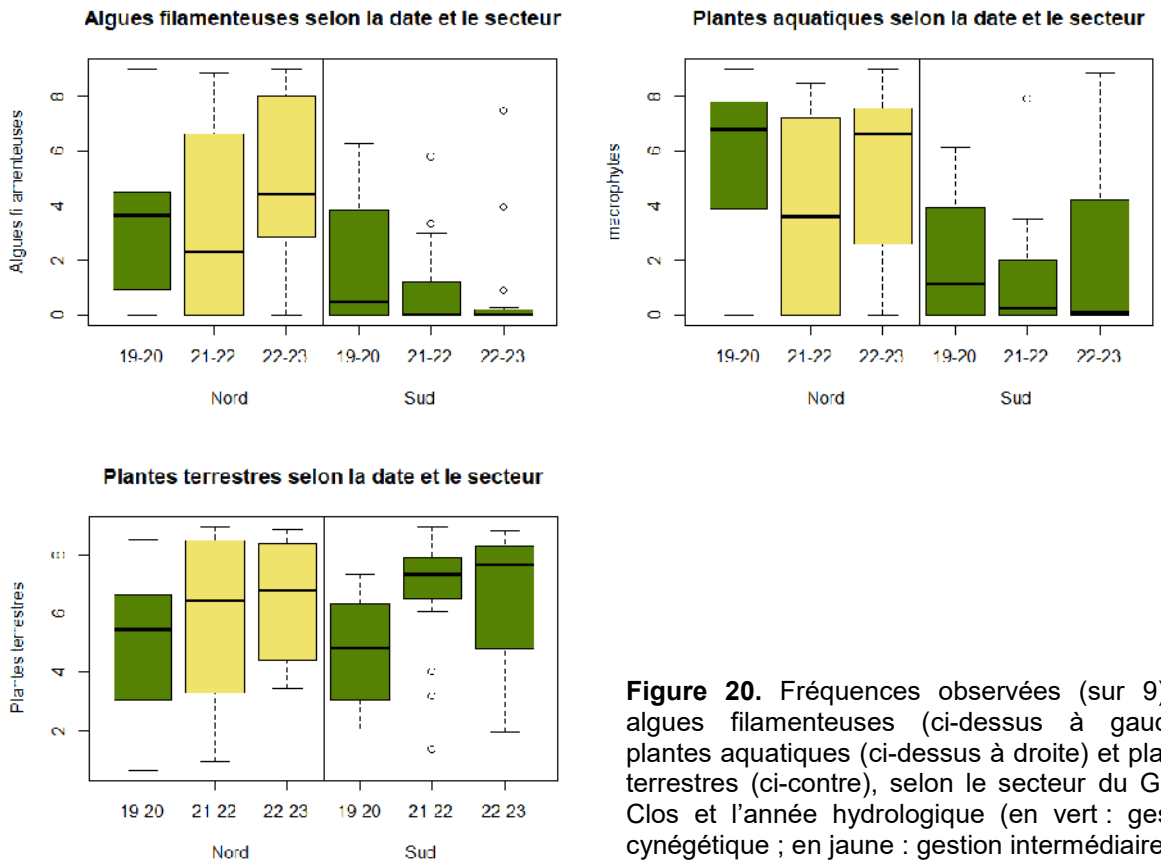


Figure 20. Fréquences observées (sur 9) en algues filamenteuses (ci-dessus à gauche), plantes aquatiques (ci-dessus à droite) et plantes terrestres (ci-contre), selon le secteur du Grand Clos et l'année hydrologique (en vert : gestion cynégétique ; en jaune : gestion intermédiaire).

[15] Lambret P., Fontes H., Quoniam I. & Mesléard F. (2021). Projet MediCyn – rapport d'activités 2020 (Création des mares du Relai et état initial du Grand Clos). Tour du Valat | Grand Port Maritime de Marseille, 37 p + ann.

Au-delà de l'analyse multivariée, les algues filamenteuses sont plus abondantes dans le secteur nord (gestion intermédiaire) que dans le secteur sud (gestion cynégétique). Il en est de même pour les plantes aquatiques. Ces observations reflètent une fois encore les différences de situation de départ entre les secteurs nord et le sud, différences qui pour le moment sont encore perceptibles dans les communautés floristiques en place malgré le changement de gestion.

Concernant les plantes terrestres, il n'y a pas eu de différence entre les deux secteurs, et seule une évolution temporelle au sein du secteur sud a été constatée (Figure 19). Ceci marque probablement le passage de la maitrise de la gestion hydraulique du secteur par les chasseurs à l'équipe environnement du GPMM.

3.2.2 – Focus sur les espèces fourragères

Comme évoqué dans les objectifs du projet, il est important d'évaluer l'impact du changement de gestion mis en œuvre sur la ressource fourragère du site, compte tenu de son usage pastoral. Sans suivi spécifique, l'approche mise en évidence ici consiste à évaluer l'impact du changement de gestion sur les deux principales espèces appétentes que l'on retrouve dans les mares, le Roseau *Phragmites australis* et le Scirpe maritime *Bolboschoenus maritimus*. Si les situations de départ sont différentes entre les deux secteurs, notamment pour le Scirpe maritime (Figure 21), il apparait que le changement de gestion n'a pas entrainé pour le moment de variation majeure dans la fréquence de cette espèce. Le Roseau a vu sa fréquence augmenter avec le temps dans les deux secteurs. Les deux gestions hydrauliques testées ne présentent donc pas pour le moment de divergence importante au regard de l'abondance des principales espèces fourragère. Il sera important de poursuivre les suivis à plus long terme et d'échanger avec l'éleveur pour élargir le retour d'expérience au-delà des trois mares suivis par secteur.

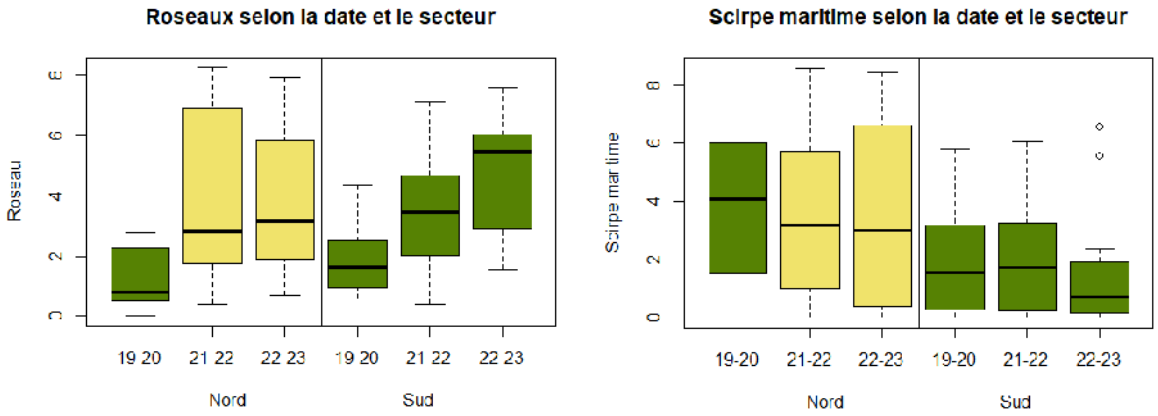


Figure 21. Fréquences observées (sur 9) en roseaux *Phragmites australis* (à gauche) et en Scirpe maritime *Bolboschoenus maritimus* (à droite) selon le secteur du Grand Clos et l'année hydrologique (en vert : gestion cynégétique ; en jaune : gestion intermédiaire).

3.2.3 – Indicateurs floristiques RhoMéO

Pour les trois indices floristiques suivant, la méthodologie de calcul a déjà été présentée (voir partie 2.2.4). L'indice floristique d'engorgement est globalement élevé et stable entre 2019 et 2023 quel que soit le mode de gestion (Figure 22), avec une différence au départ entre le secteur sud (plus sec) et le secteur nord (plus humide). Le changement de gestion dans les mares du secteur nord depuis 2021 n'a pas entrainé de baisse de cet indicateur. Le changement de gestion impacte en effet les dates de mises en eau et d'assec mais ne change pas la durée d'inondation des mares.

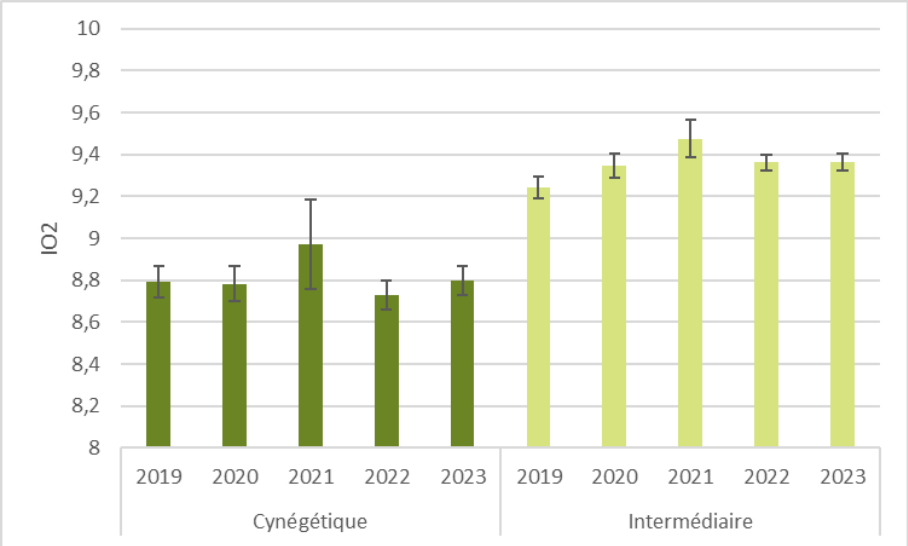


Figure 22. Valeurs moyennes de l'indice floristique d'engorgement calculé sur les six mares du Grand Clos en novembre, avril, mai, juin et août de 2019 à 2023. Les mares intermédiaires étaient gérées de manières cynégétiques en 2019 et 2020, avant que leur date de mises en eau ne soit retardé. Les barres correspondent aux intervalles de confiance à 95 %.

L'indice floristique de fertilité du sol a été globalement stable entre 2019 et 2023 pour les mares à gestion intermédiaire (Figure 23), suggérant que le changement de gestion *per se* dans le secteur nord n'a pas eu d'effet sur cet indice. En revanche, les valeurs de cet indicateur ont légèrement augmenté depuis 2021 dans les mares à gestion cynégétique. Aussi, l'hypothèse d'une augmentation trophique avec la gestion cynégétique semble ici se vérifier.

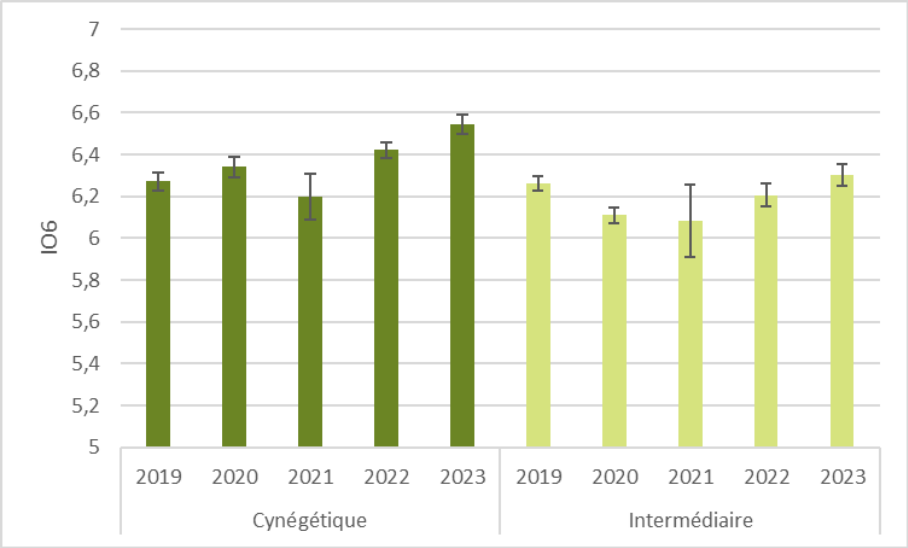


Figure 23. Valeurs moyennes de l'indice floristique de fertilité du sol calculé sur les six mares du Grand Clos en novembre, avril, mai juin et août de 2019 à 2023. Les mares intermédiaires étaient gérées de manières cynégétiques en 2019 et 2020, avant que leur date de mises en eau ne soit retardée. Les barres correspondent aux intervalles de confiance à 95 %.

L'indice de qualité floristique a été globalement élevé et stable entre 2019 et 2023, quel que soit le mode de gestion (Figure 24). L'indice de qualité floristique étant fortement conditionné par la valeur d'humidité des espèces, il n'est pas étonnant que ces résultats soient redondants avec ceux de l'indicateur floristique d'engorgement, bien que moins flagrants.

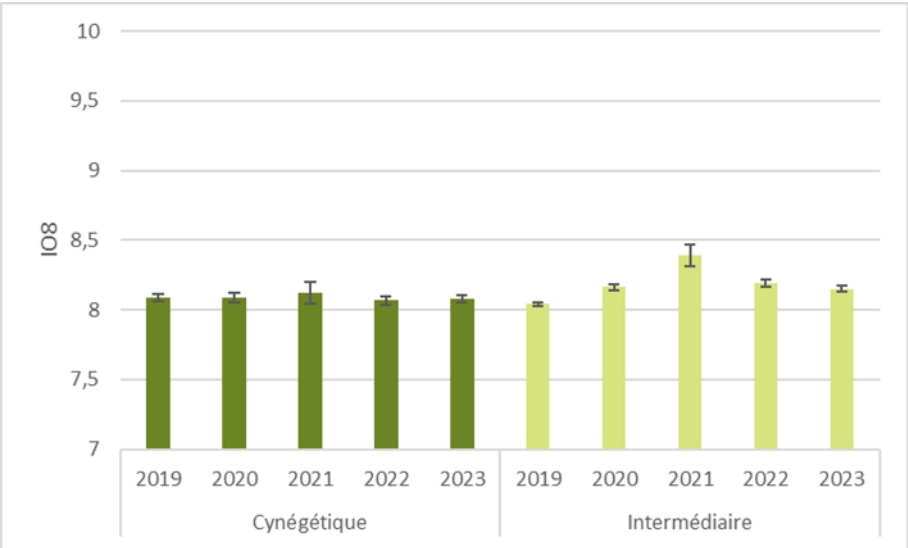


Figure 24. Valeurs moyennes de qualité floristique calculé sur les six mares du Grand Clos en novembre, avril, mai, juin et août de 2019 à 2023. *Nota bene* : les mares intermédiaires étaient gérées selon le mode cynégétique en 2019 et 2020, avant que leur date de mise en eau ne soit retardée. Les barres correspondent aux intervalles de confiance à 95 %.

3.3 – Macrozoobenthos

Lors des deux premières années (avant travaux), l'échantillonnage était effectué à partir de pièges (« bottle trap »). Après travaux, de manière à améliorer son efficacité, le suivi s'est fait par filet troubleau, avec 10 récoltes au filet par mare, puis 15 à partir de l'automne 2022 (voir partie 2.3.1). Les abondances totales mesurées par les deux méthodes ne sont pas directement comparables. C'est pourquoi une analyse en présence / absence a été utilisée. L'étude des communautés en état initial (état zéro) a été restituée dans le rapport d'activité 2020[16]. Nous avons donc repris l'analyse réalisée précédemment (PCoA : analyse en coordonnées principales, avec indice de Sorensen adapté aux données en présence / absence) et refait la même avec les deux saisons de suivi après travaux (2021-2022 et 2022-2023). Les mêmes regroupements taxonomiques que dans la précédente analyse ont été appliqués, ceux-ci pouvant être de rangs différents (e.g. *Procambarus clarkii* = espèce, *Orthetrum* sp. = genre, Chironomidae = famille, dytiques = plusieurs familles, gastéropodes = plusieurs ordres, plancton = plusieurs classes).

Le secteur sud (cynégétique) apparait comme moins variable sur l'ensemble des années étudiées (Figure 25). Bien que présentant une variabilité interannuelle au patron proche, les mares intermédiaires se détachent des cynégétiques à partir du changement de gestion (2021). L'axe 1 distingue ainsi à la fois les années (avant travaux à droite, après travaux à gauche), mais également la gestion pour les deux dernières années (cynégétique à droite, intermédiaire à gauche). Ainsi, les communautés de macrozoobenthos témoignent de trajectoires écologiques distinctes selon les deux types de gestion mis en place sur le site du Grand Clos.

[16] Lambret P., Fontes H., Quoniam I. & Mesléard F. (2021). Projet MediCyn – rapport d'activités 2020 (Création des mares du Relai et état initial du Grand Clos). Tour du Valat | Grand Port Maritime de Marseille, 37 p + ann.

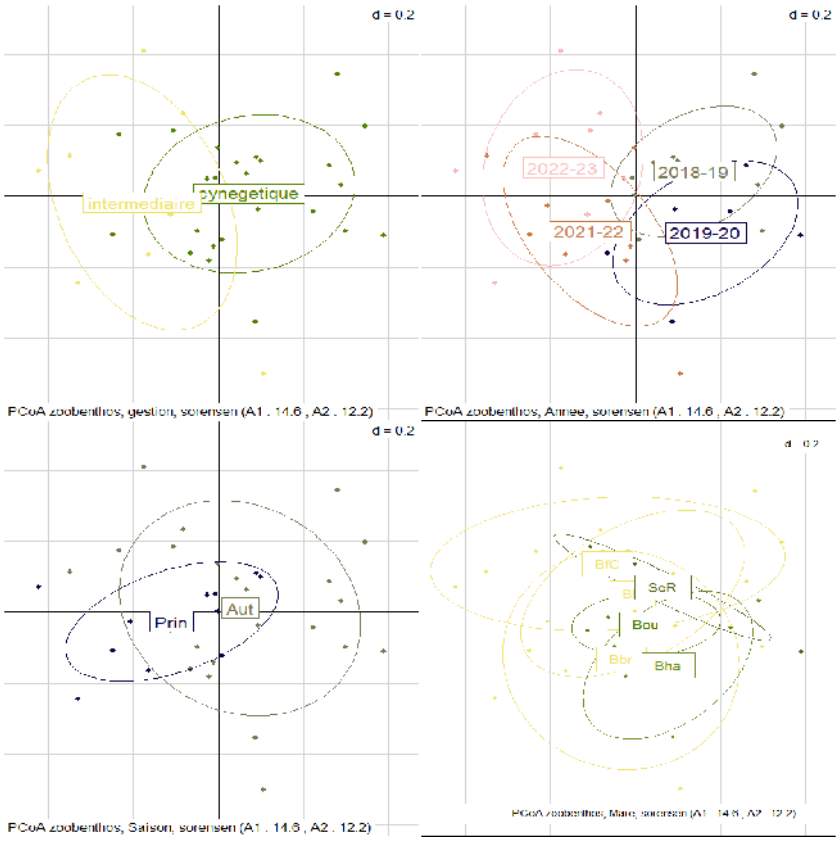


Figure 25. PCoA sur les données par mare au Grand Clos avec indice de Sorensen. Les résultats sont regroupés (axe 1 et 2) selon quatre modalités la gestion hydraulique (en haut à gauche), l'année hydrologique (en haut à droite), la saison d'échantillonnage *i.e.* automne *vs* printemps (en bas à gauche) et la mare et l'année hydrologique (en bas à droite) ; à noter que pour les mares à gestions intermédiaire et méditerranéenne, aucune donnée automnale n'a été collectée en 2021.

3.4 – Odonates

3.4.1 – Méthodologies

Les considérations quant à la méthodologie RhoMeO (indice I10) et aux méthodes complémentaires qui ont été utilisées sont les mêmes que pour le site du Relai (voir parties 2.4.1 et 2.4.2).

3.4.2 – Effets de la mise en place du mode de gestion hydraulique intermédiaire sur les peuplements d'odonates et état de conservation des mares du site

Avant la mise en place de l'opération de restauration expérimentale (*i.e.* durant l'état zéro, de 2018 à 2020), il n'y avait pas de différence notable entre les mares des secteurs nord et sud : l'intégrité du peuplement odonatologique était en moyenne au nord de 67 % pour les espèces observées (31 % pour les espèces à autochtonie prouvée) contre 65 % et 27 % (pour les espèces observées et à autochtonie prouvée, respectivement) au sud (Tableau 11). Après la réalisation des travaux en 2021, l'intégrité du peuplement odonatologique a globalement chuté, que ce soit sur les mares du secteur nord (mares restaurées) ou sur celles du secteur sud (mares témoin). L'indicateur I10 met donc globalement en évidence une dégradation de l'état de conservation des mares du Grand Clos depuis l'état zéro. Il y a certainement là l'effet des niveaux d'eau printaniers, qui ont oscillés entre 10 et 30 cm en 2020 (*i.e.*

durant l'état zéro) alors qu'en 2022 et 2023, les mares témoins ont séché vers mars, et les niveaux des baisses des Hirondelles et du Bruant (mares restaurées) ont chuté à 10 cm, voire en-dessous, ayant fatalement un effet négatif sur le développement et la survie des larves aquatiques. Cependant, depuis la mise en place d'une gestion intermédiaire sur le secteur nord (mares restaurées), l'intégrité du peuplement odonatologique est en moyenne plus élevé sur les mares restaurées (48 %) que sur les mares témoins (36 % ; secteur sud) (Tableau 11). En revanche, ces valeurs sont en-dessous du seuil de 65 % qualifiant un peuplement comme intègre. Si l'on se focalise sur les espèces pour lesquelles nous avons détecté des preuves de reproduction, ces valeurs chutent à 19 % pour les mares restaurées et 15 % pour les mares témoins.

Lestes macrostigma cependant, observé fréquentant la plupart des mares du Grand Clos durant l'état zéro, a pu se reproduire avec succès sur la Baisse Face Cabane, mare restaurée par la mise en place d'une gestion intermédiaire entre la gestion cynégétique et la gestion méditerranéenne. Bien que les effectifs aient été très modestes (moins d'une dizaine d'individus), ce résultat est encourageant.

Depuis la mise en place de la gestion hydraulique différenciée, le secteur sud du Grand Clos (gestion cynégétique, avec arrêt des pompages à la fin de la saison de chasse) sèche avant la zone nord (gestion intermédiaire, où les niveaux d'eau sont maintenus jusque fin mai). La richesse spécifique et les abondances en adultes au printemps sont donc supérieures sur le secteur restauré que sur le secteur témoin (Tableau 12). À l'inverse durant l'automne, les remises en eau sont plus précoces sur le secteur sud que sur le secteur nord, induisant une tendance inverse. Les différences sont cependant moins marquées que durant le printemps, suggérant que la gestion intermédiaire permet le maintien dès l'automne d'une certaine biodiversité (voir les chiffres de la richesse spécifique, Tableau 12). Compte tenu de ces différences de calendriers de mise en eau, le secteur sud ne peut plus abriter de larves d'odonates au moment de l'échantillonnage du macrozoobenthos (*i.e.* fin avril – début mai, période à laquelle les larves de *L. macrostigma* achèvent leur développement larvaire) puisque les mares à gestion cynégétique sont sèches, cependant que celles à gestion intermédiaire sont encore en eau, comme le montrent les densités moyennes de larves du secteur nord (Tableau 13). Les valeurs des densités larvaires observées en automne sont plus subtiles à interpréter : si le secteur sud (gestion cynégétique) abrite plus de larves d'*I. elegans* que le secteur nord (gestion intermédiaire), la Baisse Face Cabane est la mare qui a montré la plus forte densité de larves d'*Anax* cf *parthenope*, espèce qui pond en été dès que possible (*i.e.* dès que le milieu est en eau). Il faut sûrement y voir là l'effet de la plus grande profondeur de cette mare conjuguée aux mises en eau accidentelles par les fuites dans la digue nord du Grand Clos (digue qui à ce jour n'a toujours pas pu être reprise par des travaux).

Tableau 11. Espèces d'odonates observées sur les mares du Grand Clos regroupées par secteur géographique (au nord, les mares restaurées [BFC = Baisse Face Cabane, BHi = Baisse des Hirondelles, BB = Baisse du Bruant], *i.e.* passées du mode de gestion hydraulique cynégétique à l'intermédiaire en 2021 ; au sud, les mares témoins [BO = Baisse Ouest, BHa = Baisse de la Haie, SR = Scirpaie Ronde], *i.e.* dont le mode de gestion est demeuré cynégétique), avec leur statut de reproduction : 1 = présence ; 2 = tentative de reproduction (tandems, ponte) ; 3 = exuvies, émergences, ténéraux (reproduction réussie). Les espèces sont marquées par un fond coloré correspondant à leur affinité pour les milieux saumâtres selon RhoMeO (Tableau 5) ; *Anax imperator*, bien qu'observé régulièrement, ne fait pas partie du cortège attendu et n'est donc pas comptabilisé pour le calcul des indices d'intégrité des peuplements.

Cortège attendu	Zone nord						Zone sud					
	Avant			Après			Avant			Après		
	BFC	BHi	BB	BFC	BHi	BB	BO	BHa	SR	BO	BHa	SR
Lestes barbarus	1											
Lestes macrostigma (prioritaire)	2	2	1	3	1	1	2		2			
Lestes sponsa	1	1					1	1				
Sympecma fusca	3		1	2	2	2			1			1
Ischnura elegans	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ischnura pumilio	3						1		1			
Anax ephippiger					1	1	1	1	1		1	1
~~*Anax imperator*~~	1	1	1			1				1	1	
Anax parthenope	3	2	3	2	3	2	1	3	3	2	2	1
Aeshna affinis												
Aeshna mixta	1	2						2	1			
Crocothemis erythraea	3	1	1	2	1	1	2	3	3	2	2	1
Orthetrum albistylum	3	2	1					3				
Orthetrum cancellatum	3	1	2	3	1	1	1	3	3	1	3	
Sympetrum fonscolombii	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Sympetrum meridionale												
Sympetrum striolatum	3	3	2				2	3	2			
Intégrité (spp présentes)	81%	63%	56%	44%	50%	50%	63%	63%	69%	31%	38%	38%
Intégrité (spp autochtones)	56%	19%	19%	25%	19%	13%	6%	44%	31%	13%	19%	13%

Tableau 12. Abondance maximale des odonates adultes observés sur les mares du Grand Clos, après la mise en place de la gestion hydraulique différenciée, regroupées par secteur géographique (au nord, les mares restaurées [BFC = Baisse Face Cabane, BHi = Baisse des Hirondelles, BB = Baisse du Bruant], *i.e.* passées du mode de gestion hydraulique cynégétique à l'intermédiaire en 2021 ; au sud, les mares témoins [BO = Baisse Ouest, BHa = Baisse de la Haie, SR = Scirpaie Ronde], *i.e.* dont le mode de gestion est demeuré cynégétique), lors d'une session des sept sessions menées durant les printemps 2022 et 2023, et lors de la session menée durant l'automne 2022 : 9 = quelques individus ; 99 = des dizaines individus ; 999 = des centaines individus ; 9999 = des milliers individus. Les espèces sont marquées par un fond coloré correspondant à leur affinité pour les milieux saumâtres selon RhoMeO ; *A. imperator* ne fait pas partie du cortège attendu (Tableau 5).

Espèces observées	Printemps						Automne					
	Zone nord			Zone sud			Zone nord			Zone sud		
	BFC	BHi	BB	BO	BHa	SR	BFC	BHi	BB	BO	BHa	SR
Lestes macrostigma (prioritaire)	9	9	9									
Sympecma fusca	9	9	9			9						
Ischnura elegans	9999	999	99	99	99	99	99	9	9	9	99	999
Anax ephippiger		9	9								9	9
~~*Anax imperator*~~									9	9	9	
Anax parthenope	9	9	9				9	9	9	9	9	9
Crocothemis erythraea							99	99	9	9	99	99
Orthetrum cancellatum	9	9	9		9				9	9		
Sympetrum fonscolombii	99	99	9			9	9	9		9	9	99
Richesse spécifique	**6**	**7**	**7**	**1**	**2**	**3**	**4**	**4**	**5**	**6**	**6**	**5**

Tableau 13. Densités moyennes des larves d'odonates (par coup de filet troubleau) lors de l'échantillonnage du macrozoobenthos des mares du Grand Clos (printemps 2022 et 2023 ; automnes 2021 et 2022) après la mise en place de la gestion hydraulique différenciée, regroupées par secteur géographique (au nord, les mares restaurées [BFC = Baisse Face Cabane, BHi = Baisse des Hirondelles, BB = Baisse du Bruant], *i.e.* passées du mode de gestion hydraulique cynégétique à l'intermédiaire en 2021 ; au sud, les mares témoins [BO = Baisse Ouest, BHa = Baisse de la Haie, SR = Scirpaie Ronde], *i.e.* dont le mode de gestion est demeuré cynégétique). Les espèces sont marquées par un fond coloré correspondant à leur affinité pour les milieux saumâtres selon RhoMeO (Tableau 5) considérant qu'elles sont pour la majorité *Ischnura elegans*, *Anax parthenope*, *Orthetrum cancellatum* et *Sympetrum fonscolombii*.

Espèces observées	Printemps						Automne					
	Zone nord			Zone sud			Zone nord			Zone sud		
	BFC	BHi	BB	BO	BHa	SR	BFC	BHi	BB	BO	BHa	SR
Ischnura sp.	16,13	16,55	3,70				6,97	4,72	1,53	15,02	14,28	25,55
Anax sp.	0,13						3,40	1,80	0,47	1,13	1,83	0,30
Orthetrum sp.										0,40	0,03	
Sympetrum sp.	3,27	6,92	1,67				1,97	8,42	2,70	1,05	3,02	3,13

3.5 – Gibier d'eau

3.5.1 – Comptages nocturnes

Les mares ont été visitées entre deux et quatre heures après le coucher du soleil (c'est-à-dire après la fin de la chasse), environ toutes les deux semaines durant la saison de chasse (de début septembre à fin janvier). Le site a été parcouru discrètement, et chaque mare approchée afin de contrôler la présence de gibier d'eau à l'aide de jumelles à amplification de lumière. Puis, la mare a été traversée afin de faire décoller le gibier d'eau non détecté. Les espèces ont été identifiées visuellement (en utilisant les contrastes de plumage, le comportement en vol…) et à l'oreille (bruit au décollage, cris).

S'il n'y a pas de différence entre les secteurs nord et sud avant les travaux (saisons 2018-19 et 2019-20), la mise en place de la gestion différenciée entre les secteurs nord (intermédiaire) et sud (cynégétique) semble avoir eu un effet sur la fréquentation par les canards (Figure 26). Les résultats sont similaires si on considère l'ensemble du gibier d'eau (canards, oies, bécassines, chevaliers et râles), les canards représentant la grande majorité des observations. La gestion cynégétique avec ses remises en eau estivales, avant l'ouverture de la chasse, vise notamment le développement des herbiers de Characées (*i.e.* « la gratte ») qui sont très utilisés comme nourriture par les canards. Une hypothèse aurait pu être que la gestion intermédiaire mise en place sur le secteur nord, avec ses remises en eau plus tardives, réduit le développement de ces herbiers et par conséquent l'attractivité des mares restaurées pour les canards. Or les Characées sont nettement plus présentes dans le secteur nord (gestion intermédiaire) que dans le secteur sud (gestion cynégétique), y compris depuis la mise en place d'une gestion hydraulique différenciée sur le Grand Clos (Figure 27). Aussi, la disponibilité en nourriture ne peut expliquer cette différence de fréquentation.

Il sera dès lors intéressant de poursuivre ce suivi pour mieux comprendre ce qui détermine le choix des mares par les oiseaux d'eau la nuit, d'autant que d'après nos données, la fréquentation du secteur nord par les canards a légèrement augmenté entre les saisons 2021-22 et 2022-23 (Figure 26). Retenons également que le nombre réduit d'observations de canards durant la saison 2021-22, corroboré par les commentaires notés sur les tableaux de chasse faisant état d'une très mauvaise année (voir partie 3.5.2), pourrait être lié à de faibles effectifs à une échelle plus large. En effet, les dénombrements aériens effectués en Camargue en janvier ont montré en 2022 les plus faibles effectifs d'anatidés depuis 2008 (source : CNRS, TdV, OFB, SMCG). Une autre hypothèse était que la fréquentation du secteur nord pourrait être retardée par rapport au secteur sud, puisque remis en eau plus tardivement. Toutefois les données brutes permettent d'exclure cette hypothèse, les dénombrements de fin de saison de chasse restant inférieurs sur le secteur nord par rapport au secteur sud (Figure 26, à droite).

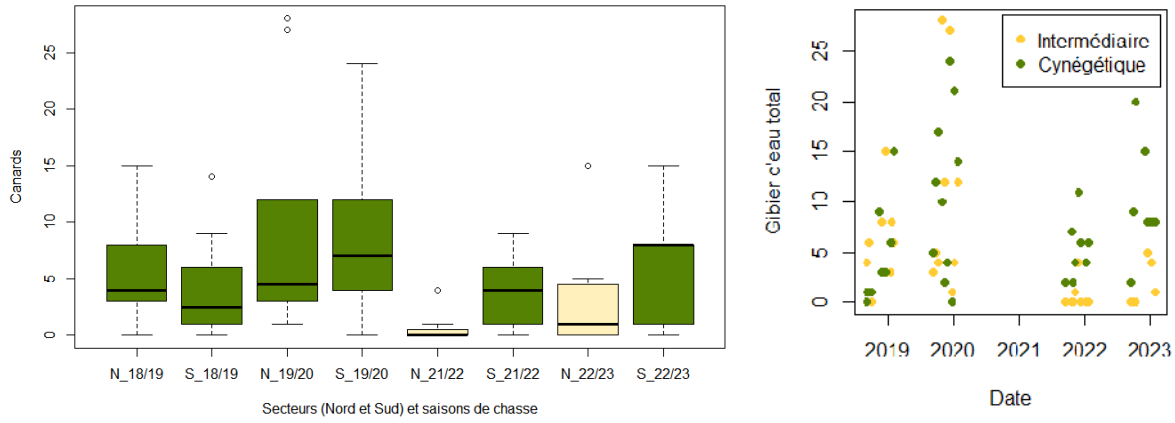


Figure 26. Distribution des valeurs de comptages de canards selon le secteur (N = nord ; S = sud) et la saison de chasse (à gauche) ; valeurs brutes des comptages toutes espèces de gibier deau confondues par saison de chasse et par secteur (intermédiaire = secteur nord, y compris avant 2021 alors que la gestion y était encore cynégétique ; cynégétique = secteur sud).

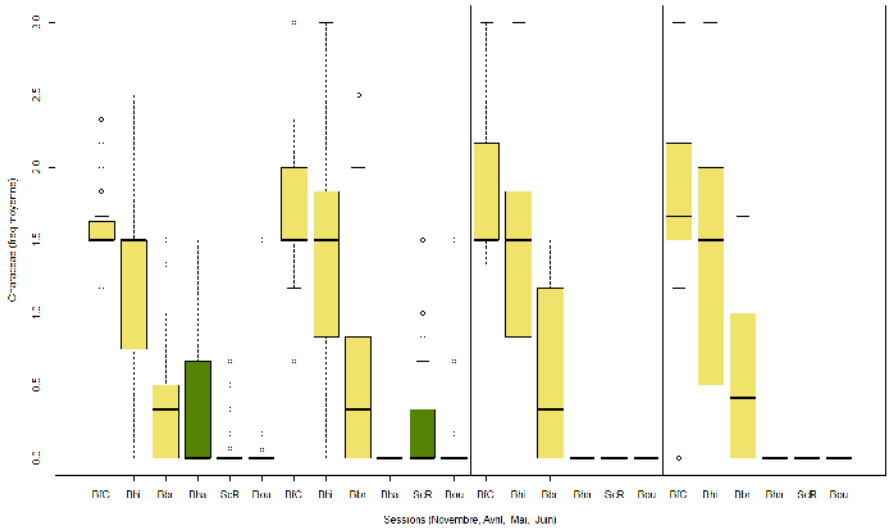


Figure 27. Distribution des fréquences en Characées (toutes espèces confondues) selon les mares et selon la session de relevé (novembre 2022, et avril, mai et juin 2023).

3.5.2 – Tableaux de chasse

L'étude des tableaux de chasse s'est concentrée sur la saison 2021-2022, pour laquelle nous avons eu quelques retours de carnets de chasse (32 tableaux collectés). Toutefois, la moitié (16) n'étaient pas remplis. Six autres ne présentaient aucune observation d'oiseaux, mais comportaient une remarque. Seul 10 tableaux de chasse présentaient des données d'oiseaux, tirés ou non. Outre leur faible nombre, ces tableaux complétés présentent plusieurs autres obstacles à une analyse des données : les mares chassées ne sont parfois pas renseignées (ne permettant pas de distinguer entre les deux gestions testées) ; les mares chassées sont souvent renseignées de manière regroupée, en mélangeant souvent des mares à gestions cynégétique et intermédiaire ; certains tableaux sont remplis en présence / absence au lieu de présenter un effectif par espèce.

La saison 2021-22 est très souvent qualifiée de « catastrophique » dans les remarques. Ce constat pourrait s'expliquer, outre les faibles effectifs d'anatidés cette année-là (voir partie 3.5.1), par les difficultés de gestion hydraulique lors de cette

saison (Figure 16) et la réalisation des travaux pour améliorer la gestion hydraulique. Il serait donc intéressant de renforcer le suivi par tableaux de chasse, la gestion étant maintenant mieux fixée et maitrisée. Un temps important devra être consacré pour inciter les chasseurs, partenaires du projet, à utiliser cet outil et à le remplir de manière à ce que les informations saisies soient exploitables (et ainsi éviter une perte de temps pour les chasseurs comme pour les chercheurs). Ceci pourrait être fait lors d'un séminaire de restitution aux partenaires du projet et usagers du site, en 2024. Afin de faciliter la concertation, dans le but d'augmenter l'implication des chasseurs dans l'évaluation des prélèvements en fonction de la gestion hydraulique, il pourrait être opportun de faire appel à un organisme tiers (*i.e.* ne faisant pas partie des partenaires impliqués jusqu'à présent). Celui-ci pourrait être perçu comme plus « neutre » que l'équipe gestionnaire de l'environnement du GPMM ou la TdV. La Fédération des chasseurs des Bouches-du-Rhône ou le CPIE pourrait jouer ce rôle.

3.6 – Synthèse générale pour le Grand Clos

Une action de restauration a été testée en 2021 au Grand Clos, jusque-là entièrement géré de manière cynégétique (mise en eau durant l'été). Pour cela, le site a été divisé en deux : l'hydropériode des mares de la zone nord (zone restaurée) a été modifiée pour la rapprocher d'une hydropériode méditerranéenne naturelle (gestion intermédiaire, avec mise en eau en octobre), et l'hydropériode de la zone sud est restée inchangée (zone témoin). Les deux hydropériodes ont une durée comparable mais leur timing est différent, avec l'hydropériode intermédiaire plus tardive que la cynégétique. En cours depuis maintenant deux ans, les effets de ce changement de gestion sont déjà visibles :

- Les trajectoires empruntées par les communautés végétales sont différentes entre les deux zones, même si les communautés de départ étaient légèrement différentes.
- La macrofaune aquatique témoigne également d'une divergence entre les gestions intermédiaire et cynégétique, et cela de manière plus marquée que pour la flore.
- *Lestes macrostigma*, espèce prioritaire du Plan National d'Actions en faveur des libellules, a pu se reproduire uniquement dans la zone restaurée.
- La fréquentation par le gibier d'eau est plus faible pour la zone à gestion intermédiaire, alors que la ressource alimentaire en plantes aquatiques y est plus importante que dans la zone à gestion cynégétique.

Ainsi, il semblerait que la gestion intermédiaire ne permette pas la conservation absolue du potentiel cynégétique. Toutefois, la biodiversité associée à la gestion intermédiaire semble plus proche de celle des mares méditerranéennes. La position des mares restaurées semble moins avancée sur leur trajectoire qu'au Relai. Ceci peut s'expliquer par l'historique du site, puisque le Grand Clos ne se trouve pas dans un contexte de création mais de restauration (induction d'une nouvelle trajectoire).

Il sera donc là encore important de suivre à plus long terme les effets de ce changement de gestion, et de continuer à améliorer la collecte de données de qualité en ce qui concerne les tableaux de chasse, grâce à une plus forte implication des usagers du site. Il sera également nécessaire d'améliorer la maîtrise hydraulique de la zone restaurée, par la réparation de fuites dans la digue nord, des mises en eau accidentelles survenant chaque année dès le mois de septembre (au lieu d'octobre).

4 – Étude sociologique

En plus des différents compartiments de la biodiversité (plantes aquatiques, arthropodes, gibier d'eau) qui ont été utilisés afin de tester les effets des différents modes de gestion hydraulique et de contrôler l'amélioration attendue de l'état de conservation de la zone nord du Grand Clos, nous avons suivi l'évolution des perceptions sociales du projet. Dans ce cadre, nous avons mis en place des entretiens semi-dirigés avec le GPMM, des agents de structures publiques et de syndicats mixtes, des gestionnaires de sites en Camargue et des éleveurs du site du projet (entre octobre 2018 et mai 2019). Les entretiens ont duré entre 10 et 45 minutes et les participants ont répondus aux questions suivantes :

- *Quels sont pour vous les objectifs du projet et du changement de gestion hydraulique ?*
- *Quelles sont les difficultés majeures qui pourraient nuire au bon déroulement du projet ?*
- *Existe-t-il pour vous des difficultés de gestion des zones humides en Camargue ? Quelles seraient les pistes pour surmonter les difficultés ?*
- *Est-ce que vous avez d'autres remarques ou commentaires à partager ?*

En 2023, la TdV a contacté 12 organisations (les mêmes qui ont participé aux entretiens en 2018-19) pour participer aux entretiens. Les participants restent anonymes, mais les six personnes qui ont accepté d'être interviewées œuvrent au PNRC, à l'élevage du bétail sur les sites, à la TdV, aux Marais du Vigueirat, à la Métropole Aix-Marseille, et à l'OFB. La plupart des acteurs interviewés ont participé aux réunions concernant le projet en amont.

4.1 - Synthèse globale de 2023

Quels sont selon vous les objectifs du projet et du changement de gestion hydraulique ?
Tous les participants ont manifesté un intérêt pour ce type de projet, mais la majorité d'entre eux a souligné le manque de communication concernant les activités et les résultats au cours de la mise en œuvre du projet. Malgré le manque d'information, tous les participants ont identifié le principal objectif du projet comme étant de tester les effets des trois modes de gestion de l'eau, de trois approches différentes : cynégétique (apports d'eau précoce favorisant les activités de chasse), naturelle (apports d'eau plus faibles et plus tardifs favorisant la biodiversité locale et la conservation) et un compromis entre les deux. La dimension de recherche appliquée du projet a été soulignée par la majorité des participants, de même que l'existence en Camargue d'un site de démonstration de différentes gestions hydrauliques. L'objectif d'amélioration de la productivité de la terre a aussi été souligné.

Quelles sont les difficultés majeures qui pourraient nuire au bon déroulement du projet ?
De nombreux participants ont identifié les problèmes de gouvernance, de concertation et de communication comme les principales difficultés du projet. Ces difficultés ont été associées à un manque de compréhension entre les différentes parties prenantes et à leur capacité ou volonté de participer au processus. La plupart des participants ont regretté le manque d'implication des "chasseurs". Cela a été attribué à la fois à un manque de communication et de confiance entre les parties prenantes. Les conséquences ont été diverses, incluant des actions de "sabotage" et peu de données

concernant les tableaux de chasse. Certains participants ont mentionné les difficultés logistiques et administratives liées aux activités de restauration proprement dites. Les participants ont mentionné que le retard dans la mise en œuvre du travail de terrain a également eu un impact sur les activités de suivi et sur les résultats. La plupart des participants estime qu'ils ne disposent pas d'informations suffisantes sur le projet et ses activités, et de nombreuses questions ont été posées concernant la fiabilité des résultats et la comparabilité des différentes approches dans le temps et entre les sites. Compte tenu des variations interannuelles dans la région méditerranéenne et des « années exceptionnelles » (2014, 2018, 2022 et 2023 ont été spécifiquement mentionnées), les participants se sont demandés si les données collectées sur une période aussi courte pouvaient être représentatives de la situation et de l'évolution du site. Tous les participants ont mentionné l'importance de la concertation pour ce type de projet, mais beaucoup ont regretté que le niveau de concertation soit faible, voire inexistant.

Existe-t-il pour vous des difficultés de gestion des zones humides en Camargue ?
Les difficultés en Camargue sont principalement liées à la gouvernance et aux divers objectifs des parties prenantes. La gestion de l'eau (quantité et temporalité) varie en fonction des différents usages. Presque tous les participants ont mentionné que cette tension est exacerbée par les changements climatiques. Ces changements (moins de précipitations, températures plus élevées et augmentation de la salinité) ont été évoqués par tous les participants et sont considérés comme essentiels pour déterminer le régime hydraulique le plus pertinent pour la Camargue. De nombreux participants ont mentionné la disponibilité et le coût de l'eau douce comme des facteurs clés augmentant les conflits et les relations en Camargue.

Quel est le meilleur mode de gestion pour conserver la biodiversité du site ?
Il n'y a pas eu de réponse prépondérante quant au régime hydraulique le plus approprié pour le site. Tous les participants sauf un ont mentionné que le « meilleur » régime dépend des objectifs d'utilisation des terres et même plus spécifiquement des espèces que l'on souhaite promouvoir. La plupart des participants considèrent qu'une approche différentielle (utilisant différents régimes sur différents sites) est la meilleure option. Ces mêmes participants se sont interrogés sur la pertinence du choix d'un « compromis », qui réduirait les avantages de chaque régime et n'apporterait pas nécessairement les résultats souhaités. Une approche adaptative a également été mentionnée par plusieurs participants. Cela permettrait à la gestion de répondre au mieux à la variabilité climatique annuelle. Un participant était convaincu que des apports d'eau plus importants étaient positifs et bénéfiques pour le site et ses utilisateurs.

Quelles pistes pour surmonter les difficultés ?
Les principales suggestions des participants sont les suivantes :

- Améliorer la concertation et la communication pour ce type de projet à l'avenir.
- Analyser et capitaliser les données recueillies.
- Vulgariser les résultats du projet de manière plus aisée pour mieux atteindre les parties prenantes.
- Poursuivre le suivi du site à l'avenir pour voir les résultats réels du projet.
- Dans les futurs projets de ce type, les suivis mis en place devraient être menés sur une plus longue durée et concerner un plus large panel de compartiments de la biodiversité.
- Renforcer les structures de gouvernance existantes et/ou créer des structures qui peuvent assurer une gouvernance appropriée de la gestion de l'eau.

- La gestion de l'eau ne doit pas se concentrer sur des sites spécifiques, mais doit avoir une vision plus large du territoire.

4.2 - Comparaison entre 2019 et 2023

Étant donné le petit nombre de participants aux entretiens de 2023, il n'a pas été possible de classer les réponses en fonction du type de partie prenante. En revanche, nous avons comparé les réponses globales entre les deux périodes.

4.2.1 – Similitudes

Les similitudes les plus importantes que nous avons trouvées entre les entretiens avant et après le projet sont les suivantes. Les acteurs sont restés inquiets sur la **durée du projet trop courte** pour montrer des résultats et l'**échelle trop petite.** Les problèmes liés aux **changements climatiques** (spécifiquement l'augmentation de salinité et les déficits d'eau) sont bien identifiés avant et après le projet. Les participants ont aussi conservé leurs idées sur la **concertation**. Ils restent convaincus que la concertation est importante pour surmonter les difficultés car le **dialogue** entre les acteurs reste très compliqué. La **communication** est la clé avec des désirs d'en avoir plus d'une meilleure qualité. Les questions de gouvernance sont bien présentes avant et après le projet avec une importance donnée aux cadres **administratifs** (contrat de delta, PNRC) et **le renforcement de la législation** (directive-cadre sur l'eau).

Les acteurs continuent de penser qu'il est important de rétablir la **connectivité entre les sites** et d'avoir une **vision sur la gestion à une échelle plus large**. Aujourd'hui, la Camargue est trop compartimentée, avec des effets sur la gestion et la biodiversité. On devrait mettre l'accent sur la **gestion de l'écosystème** et non pas sur une espèce ou un groupe taxonomique en particulier.

4.2.2 – Différences

Les différences les plus importantes que nous avons trouvées entre les entretiens avant et après le projet sont les suivantes. Dans les premiers entretiens, les participants ont souligné les difficultés liées à **l'agriculture intensive** et la **qualité de l'eau** (pesticides). Ils ont moins évoqué les besoins de **changements des pratiques** (de chasse respectueuse, de l'agriculture bio, du pâturage et de la conservation). L'accent a également été mis sur l'importance à donner à la prise en compte des **facteurs économiques**. L'économie est souvent le facteur clé dans la prise de décision et les acteurs estiment que les bonnes pratiques d'usage devront aussi être rentables. Aucune de ces notions n'a été citée dans les entretiens de 2023.

Il n'y a **pas eu de consensus** avant et après le projet sur le mode de gestion idéal. La majorité des acteurs de 2019 tranchaient plus vers une **gestion « méditerranéenne » plus naturelle** avec une variation interannuelle et dans l'espace, avec une reconnaissance du besoin d'une gestion souple. Mais en 2023, l'avis plus souvent évoqué a été d'avoir une **gestion différentiée sur les différents sites** plus qu'un compromis de gestion dans tous les sites.

5 – Communication

5.1 – Signalétique

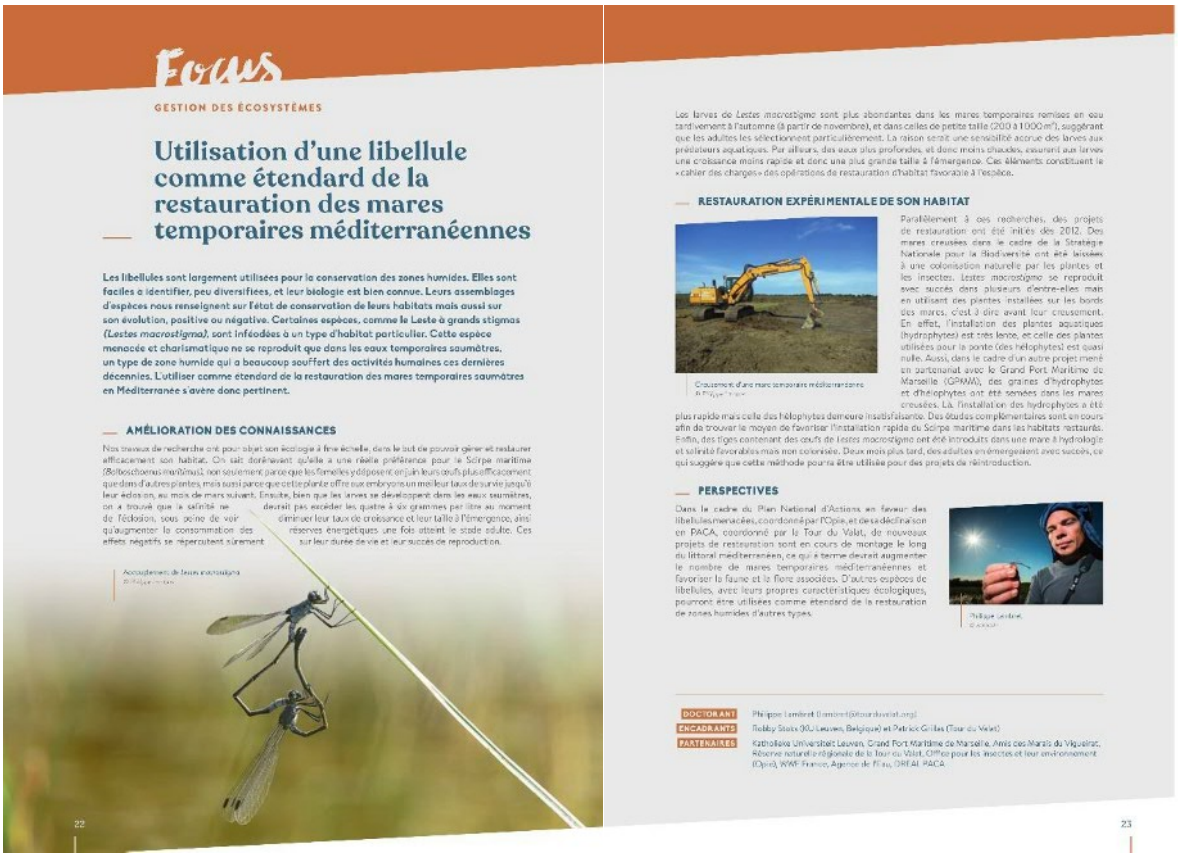
Les calendriers de mise en eau figurant sur les panneaux spécifiques au Relai et au Grand Clos et installés sur ces sites étaient obsolètes. En effet, sur le panneau du Grand Clos figurait le calendrier méditerranéen (alors que ce type de gestion n'est pas mis en place sur ce site). Et le calendrier figurant sur le panneau du Relai indiquait des dates de fin de pompage différentes, alors que nous avons choisi de tester au Relai l'effet de la date de remise en eau *sensu stricto* en assurant le maintien des niveaux d'eau jusque fin mai pour les trois types de gestion. Afin de correspondre à ce qui a été réellement mis en place durant le projet, les calendriers ont été actualisés et les textes ajustés. En plus de ces panneaux spécifiques, une affichette format A3 décrivant le projet de manière globale, avec calendriers actualisés et textes ajustés, a été réalisée et collée à l'entrée des locaux du Service Environnement du GPMM (Figure 27).



Figure 27. Panneau A3 présentant le projet dans sa globalité, c'est-à-dire les expérimentations mises en place sur les sites du Relai et du Grand Clos.

5.2 – Articles

5.2.1 – Rapport d'activité 2022 de la Tour du Valat



Focus

GESTION DES ÉCOSYSTÈMES

Utilisation d'une libellule comme étendard de la restauration des mares temporaires méditerranéennes

Les libellules sont largement utilisées pour la conservation des zones humides. Elles sont faciles à identifier, peu diversifiées, et leur biologie est bien connue. Leurs assemblages d'espèces nous renseignent sur l'état de conservation de leurs habitats mais aussi sur son évolution, positive ou négative. Certaines espèces, comme le Leste à grands stigmas *(Lestes macrostigma)*, sont inféodées à un type d'habitat particulier. Cette espèce menacée et charismatique ne se reproduit que dans les eaux temporaires saumâtres, un type de zone humide qui a beaucoup souffert des activités humaines ces dernières décennies. L'utiliser comme étendard de la restauration des mares temporaires saumâtres en Méditerranée s'avère donc pertinent.

AMÉLIORATION DES CONNAISSANCES

Nos travaux de recherche ont pour objet son écologie à fine échelle, dans le but de pouvoir gérer et restaurer efficacement son habitat. On sait dorénavant qu'elle a une réelle préférence pour le Scirpe maritime (*Bolboschoenus maritimus*), non seulement parce que les femelles y déposent en juin leurs œufs plus efficacement que dans d'autres plantes mais aussi parce que cette plante offre aux embryons un meilleur taux de survie jusqu'à leur éclosion, au mois de mars suivant. Ensuite, bien que les larves se développent dans les eaux saumâtres, on a trouvé que la salinité ne devrait pas excéder les quatre à six grammes par litre au moment de l'éclosion, sous peine de voir diminuer leur taux de croissance et leur taille à l'émergence, ainsi qu'augmenter la consommation des réserves énergétiques une fois atteint le stade adulte. Ces effets négatifs se répercutent sûrement sur leur durée de vie et leur succès de reproduction.

Accouplement de leurs macrostigma

22

Les larves de *Lestes macrostigma* sont plus abondantes dans les mares temporaires remises en eau tardivement à l'automne (à partir de novembre), et dans celles de petite taille (200 à 1 000 m²), suggérant que les adultes les sélectionnent particulièrement. La raison serait une sensibilité accrue des larves aux prédateurs aquatiques. Par ailleurs, des eaux plus profondes, et donc moins chaudes, exposent aux larves une croissance moins rapide et donc une plus grande taille à l'émergence. Ces éléments constituent le « cahier des charges » des opérations de restauration d'habitat favorable à l'espèce.

RESTAURATION EXPÉRIMENTALE DE SON HABITAT

Creusement d'une mare temporaire méditerranéenne

Parallèlement à ces recherches, des projets de restauration ont été initiés dès 2012. Des mares creusées dans le cadre de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité ont été laissées à une colonisation naturelle par les plantes et les insectes. *Lestes macrostigma* se reproduit avec succès dans plusieurs d'entre-elles mais en utilisant des plantes installées sur les bords des mares, c'est à dire avant leur creusement. En effet, l'installation des plantes aquatiques (hydrophytes) est très lente, et celle des plantes utilisées pour la ponte (des hélophytes) est quasi nulle. Aussi, dans le cadre d'un autre projet mené en partenariat avec le Grand Port Maritime de Marseille (GPMM), des graines d'hydrophytes et d'hélophytes ont été semées dans les mares creusées. La l'installation des hydrophytes a été plus rapide mais celle des hélophytes demeure insatisfaisante. Des études complémentaires sont en cours afin de trouver le moyen de favoriser l'installation rapide du Scirpe maritime dans les habitats restaurés. Enfin, des tiges contenant des œufs de *Lestes macrostigma* ont été introduits dans une mare à hydrologie et salinité favorables mais non colonisée. Deux mois plus tard, des adultes en émergeaient avec succès, ce qui suggère que cette méthode pourra être utilisée pour des projets de réintroduction.

PERSPECTIVES

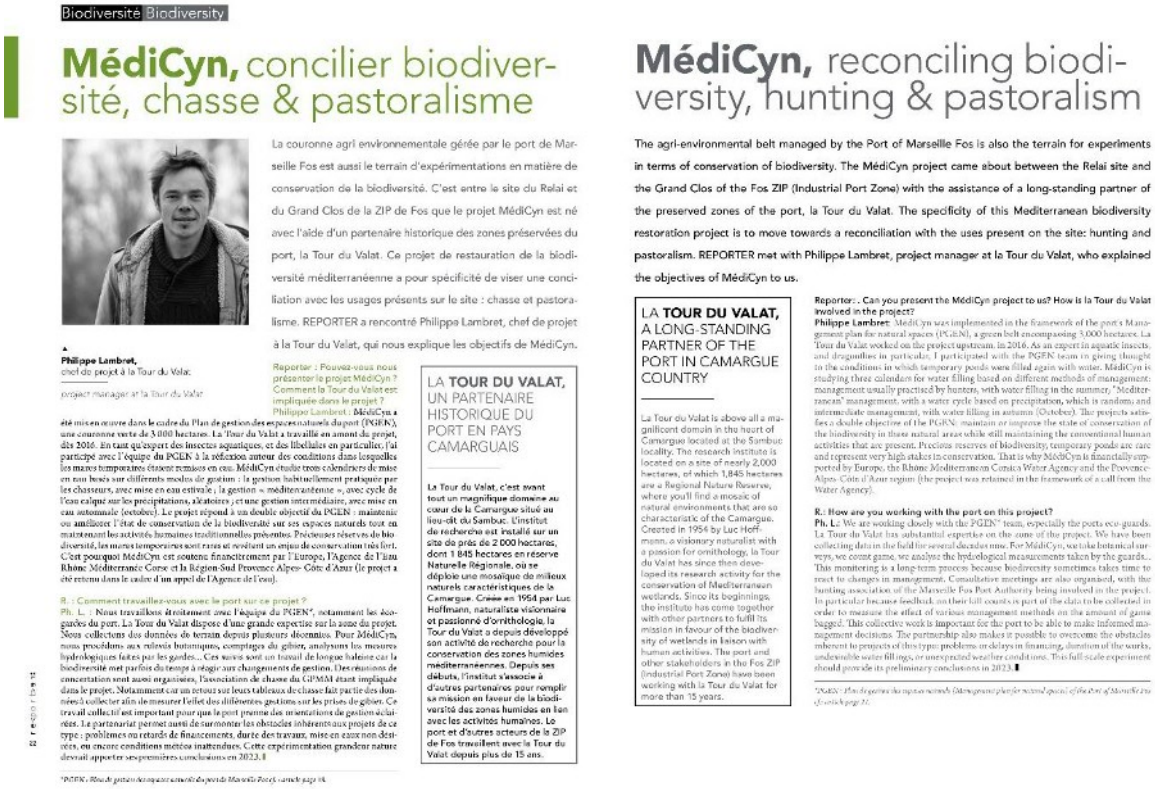
Dans le cadre du Plan National d'Actions en faveur des libellules menacées, coordonné par l'Opie, et de sa déclinaison en PACA, coordonné par la Tour du Valat, de nouveaux projets de restauration sont en cours de montage le long du littoral méditerranéen, ce qui à terme devrait augmenter le nombre de mares temporaires méditerranéennes et favoriser la faune et la flore associées. D'autres espèces de libellules, avec leurs propres caractéristiques écologiques, pourront être utilisées comme étendard de la restauration de zones humides d'autres types.

Philippe Lambret

DOCTORANT : Philippe Lambret (plambret@tourduvalat.org)
ENCADRANTS : Robby Stoks (KU Leuven, Belgique) et Patrice Grillas (Tour du Valat)
PARTENAIRES : Katholieke Universiteit Leuven, Grand Port Maritime de Marseille, Amis des Marais du Vigueirat, Réserve naturelle régionale de la Tour du Valat, Office pour les insectes et leur environnement (Opie), WWF France, Agence de l'Eau, DREAL PACA

23

5.2.2 – Reporter, magazine du GPMM



Biodiversité Biodiversity

MédiCyn, concilier biodiversité, chasse & pastoralisme

Philippe Lambret, chef de projet à la Tour du Valat.
project manager at la Tour du Valat

La couronne agri environnementale gérée par le port de Marseille Fos est aussi le terrain d'expérimentations en matière de conservation de la biodiversité. C'est entre le site du Relai et du Grand Clos de la ZIP de Fos que le projet MédiCyn est né avec l'aide d'un partenaire historique des zones préservées du port, la Tour du Valat. Ce projet de restauration de la biodiversité méditerranéenne a pour spécificité de viser une conciliation avec les usages présents sur le site : chasse et pastoralisme. REPORTER a rencontré Philippe Lambret, chef de projet à la Tour du Valat, qui nous explique les objectifs de MédiCyn.

Reporter : Pouvez-vous nous présenter le projet MédiCyn ? Comment la Tour du Valat est impliquée dans le projet ?
Philippe Lambret : MédiCyn a été mis en œuvre dans le cadre du Plan de gestion des espaces naturels du port (PGEN), une couronne verte de 3 000 hectares. La Tour du Valat a travaillé en amont du projet, dès 2016. En tant qu'expert des insectes aquatiques, et des libellules en particulier, j'ai participé avec l'équipe du PGEN à la réflexion autour des conditions dans lesquelles les mares temporaires étaient remises en eau. MédiCyn étudie trois calendriers de mise en eau basés sur différents modes de gestion : la gestion habituellement pratiquée par les chasseurs, avec mise en eau estivale ; la gestion « méditerranéenne », avec cycle de l'eau calqué sur les précipitations, c'est-à-dire une gestion intermédiaire, avec mise en eau automnale (octobre). Le projet répond à un double objectif du PGEN : maintenir ou améliorer l'état de conservation de la biodiversité sur ses espaces naturels tout en maintenant les activités humaines traditionnelles présentes. Précieuses réservoirs de biodiversité, les mares temporaires sont rares et révèlent un enjeu de conservation très fort. C'est pourquoi MédiCyn est soutenu financièrement par l'Europe, l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse et la Région Sud Provence Alpes-Côte d'Azur (le projet a été retenu dans le cadre d'un appel de l'Agence de l'eau).

R. : Comment travaillez-vous avec le port sur ce projet ?
Ph. L. : Nous travaillons étroitement avec l'équipe du PGEN*, notamment les écogardes du port. La Tour du Valat dispose d'une grande expertise sur la zone du projet. Nous collectons des données de terrain depuis plusieurs décennies. Pour MédiCyn, nous procédons aux relevés botaniques, comptages du gibier, analysons les mesures hydrologiques faites par les gardes... Ces suivis sont un travail de longue haleine car la biodiversité met parfois du temps à réagir aux changements de gestion. Des réunions de concertation sont aussi organisées, l'association de chasse du GPMM étant impliquée dans le projet. Notamment car un retour sur leurs tableaux de chasse fait partie des données à collecter afin de mesurer l'effet des différentes gestions sur les prises de gibier. Ce travail collectif est important pour que la port prenne des orientations de gestion éclairées. Le partenariat permet aussi de surmonter les obstacles inhérents aux projets de ce type : problèmes ou retards de financements, durée des travaux, mise en eaux non désirées, ou encore conditions météo inattendues. Cette expérimentation grandeur nature devrait apporter ses premières conclusions en 2023.

*PGEN : Plan de gestion des espaces naturels du port de Marseille Fos à retrouver page 16.

LA TOUR DU VALAT, UN PARTENAIRE HISTORIQUE DU PORT EN PAYS CAMARGUAIS

La Tour du Valat, c'est avant tout un magnifique domaine au cœur de la Camargue situé au lieu-dit du Sambuc. L'institut de recherche est installé sur un site de près de 2 000 hectares, dont 1 845 hectares en réserve Naturelle Régionale, où se déploie une mosaïque de milieux naturels caractéristiques de la Camargue. Créée en 1954 par Luc Hoffmann, naturaliste visionnaire et passionné d'ornithologie, la Tour du Valat a depuis développé son activité de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes. Depuis ses débuts, l'institut s'associe à d'autres partenaires pour remplir sa mission en faveur de la biodiversité des zones humides en lien avec les activités humaines. Le port et d'autres acteurs de la ZIP de Fos travaillent avec la Tour du Valat depuis plus de 15 ans.

MédiCyn, reconciling biodiversity, hunting & pastoralism

The agri-environmental belt managed by the Port of Marseille Fos is also the terrain for experiments in terms of conservation of biodiversity. The MédiCyn project came about between the Relai site and the Grand Clos of the Fos ZIP (Industrial Port Zone) with the assistance of a long-standing partner of the preserved zones of the port, la Tour du Valat. The specificity of this Mediterranean biodiversity restoration project is to move towards a reconciliation with the uses present on the site: hunting and pastoralism. REPORTER met with Philippe Lambret, project manager at la Tour du Valat, who explained the objectives of MédiCyn to us.

LA TOUR DU VALAT, A LONG-STANDING PARTNER OF THE PORT IN CAMARGUE COUNTRY

La Tour du Valat is above all a magnificent domain in the heart of Camargue located at the Sambuc locality. The research institute is located on a site of nearly 2,000 hectares, of which 1,845 hectares are a Regional Nature Reserve, where you'll find a mosaic of natural environments that are so characteristic of the Camargue. Created in 1954 by Luc Hoffmann, a visionary naturalist with a passion for ornithology, la Tour du Valat has since then developed its research activity for the conservation of Mediterranean wetlands. Since its beginnings, the institute has come together with other partners to fulfil its mission in favour of the biodiversity of wetlands in liaison with human activities. The port and other stakeholders in the Fos ZIP (Industrial Port Zone) have been working with la Tour du Valat for more than 15 years.

Reporter: . Can you present the MédiCyn project to us? How is la Tour du Valat involved in the project?
Philippe Lambret: MediCyn was implemented in the framework of the port's Management plan for natural spaces (PGEN), a green belt encompassing 3,000 hectares. La Tour du Valat worked on the project upstream. In 2016. As an expert in aquatic insects, and dragonflies in particular, I participated with the PGEN team in giving thought to the conditions in which temporary ponds were filled again with water. MédiCyn is studying three calendars for water filling based on different methods of management: management usually practiced by hunters, with water filling in the summer, "Mediterranean" management, with a water cycle based on precipitation, which is random; and intermediate management, with water filling in autumn (October). The projects satisfies a double objective of the PGEN: maintain or improve the state of conservation of the biodiversity in those natural areas while still maintaining the conventional human activities that are present. Precious reserves of biodiversity, temporary ponds are rare and represent very high stakes in conservation. That is why MédiCyn is financially supported by Europe, the Rhône Mediterranean Corsica Water Agency and the Provence-Alpes-Côte d'Azur region (the project was retained in the framework of a call from the Water Agency).

R.: How are you working with the port on this project?
Ph. L: We are working closely with the PGEN* team, especially the ports eco-guards. La Tour du Valat has substantial expertise on the zone of the project. We have been collecting data in the field for several decades now. For MédiCyn, we take botanical surveys, we count game, we analyse the hydrological measurements taken by the guards... This monitoring is a long-term process because biodiversity sometimes takes time to react to changes in management. Consultative meetings are also organised, with the hunting association of the Marseille Fos Port Authority being involved in the project. In particular because feedback on their kill counts is part of the data to be collected in order to measure the effect of various management methods on the amount of game bagged. This collective work is important for the port to be able to make informed management decisions. The partnership also makes it possible to overcome the obstacles inherent to projects of this type: problems or delays in financing, duration of the works, undesirable water fill-ings, or unexpected weather conditions. This full-scale experiment should provide its preliminary conclusions in 2023.

*PGEN : Plan de gestion des espaces naturels du port de Marseille Fos à retrouver page 16.

6 – Synthèse et perspectives pour l'après projet

Plus de cinq ans après le lancement du projet, le travail effectué permet aujourd'hui d'apporter certaines réponses à la question principale abordée par le projet : une gestion conciliant les enjeux de la chasse au gibier d'eau et de la conservation de la biodiversité des mares temporaires méditerranéennes est-elle possible ? Si peu de résultats ont pu être obtenus concernant le gibier d'eau, il semble toutefois que la mise en place d'une gestion intermédiaire réduise la fréquentation du gibier d'eau, même si cela ne résulte pas d'une réduction de la ressource alimentaire (abondance en plantes aquatiques). Par ailleurs, les observations encourageantes de reproduction réussie de *Lestes macrostigma* dans une des mares à gestion intermédiaire au Grand Clos tendent à montrer qu'un changement d'une pratique de gestion cynégétique vers une gestion plus proche du fonctionnement méditerranéen peut permettre un retour d'espèces typiquement méditerranéennes. Sur des sites en contexte littoral, qui plus est avec un passé d'exploitation salinière, la création ou restauration de mares temporaires à fonctionnement méditerranéen semble délicate, en raison de la forte salinité. Toutefois, l'hydrologie intermédiaire semble permettre de réduire la salinité, et pourrait donc permettre de maintenir la biodiversité méditerranéenne dans ces contextes.

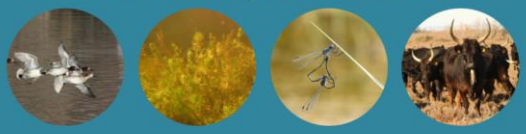
Il nous semble très important de poursuivre les suivis de ces expérimentations menées au Relai et au Grand Clos. En effet, les processus biologiques à l'œuvre dans le cadre des différentes gestions hydrauliques ne sont qu'initiés, et les différentes trajectoires écologiques correspondantes tout juste empruntées par les mares. La restauration des zones humides est un processus lent, et un pas de temps supérieur nous semble nécessaire avant de tirer des conclusions plus robustes, d'autant plus pour le Grand Clos, où l'historique du site rend les trajectoires écologiques plus complexes et lente à parcourir qu'au Relai, avec son contexte de création de mares *ex nihilo*. Toutefois, devant les premiers résultats évoqués ci-dessus, la possibilité de mettre en place une unique gestion intermédiaire et « conciliante » semble fragile. L'usage de gestions différentiées par rotation et en alternance sur des mêmes secteurs pourrait aussi être testé afin de garantir la conciliation de l'activité cynégétique et de la conservation de la biodiversité méditerranéennes.

L'implication des chasseurs dans le suivi des prises de chasse est nécessaire. En effet, l'impossibilité de réaliser des analyses robustes à partir des tableaux de chasse est un frein majeur dans l''évaluation de ce projet. Si la gestion différentiée telle qu'elle a été mise en place est à poursuivre, un travail d'association des chasseurs à l'évaluation des différents modes de gestion semble essentiel, de manière à permettre une acquisition de données suffisantes. Une communication plus importante sur le projet semblerait appréciée de tous.

Annexe 1

MEDICYN

conservation de la biodiversité **médi**terranéenne
et activités **cyn**égétique et pastorale



PARTENAIRES TECHNIQUES

PARTENAIRES FINANCIERS

Projet cofinancé par l'Europe, l'agence de l'eau et la Région Sud

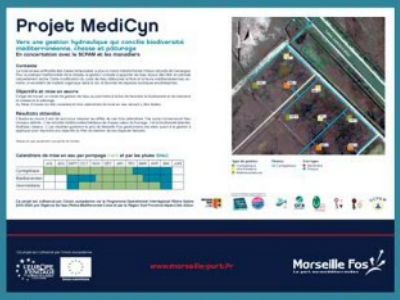
Centre de vie de la Fossette - 23 mars 2022

ORDRE DU JOUR

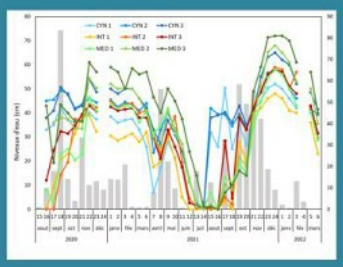


- PREMIERS RÉSULTATS AU RELAI
- TRAVAUX AU GRAND CLOS : VISITE VIRTUELLE
- COMMUNICATION
- MACRO-PLANNING & POINT FINANCIER

PREMIERS RÉSULTATS AU RELAI



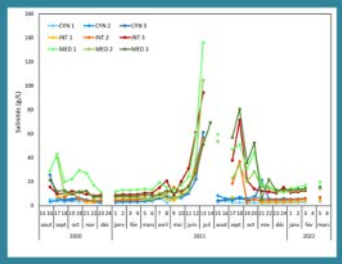
NIVEAUX D'EAU



Mises en eau

- Problèmes rencontrés lors des premières mises en eau en 2020
- Meilleure maitrise lors de celles de 2021

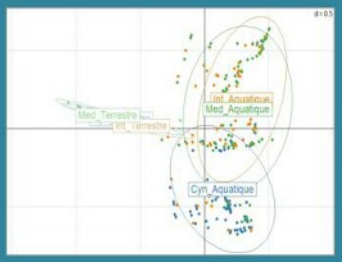
SALINITÉS



Variabilité inter-mares

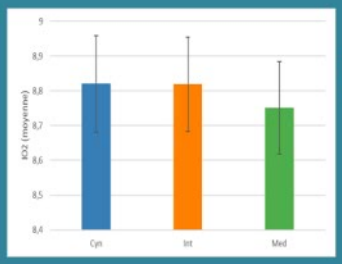
- Les mares cynégétiques sont les moins salées
- Gradient marqué à travers les mares méditerranéennes et intermédiaires

VÉGÉTATION



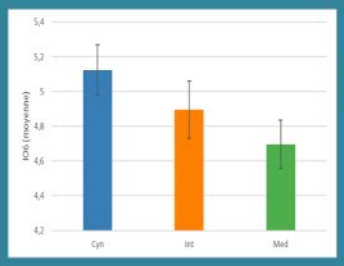
- Forte ressemblance de communautés terrestres
- Distinction des communautés aquatiques en fonction de la gestion
- Développement d'espèces typiques des mares temporaires

Végétation



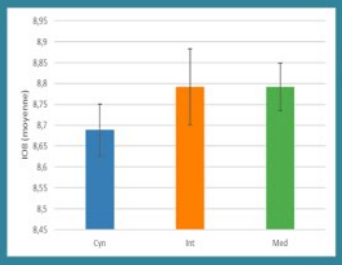
Indicateur RhoMéO : Indice floristique d'engorgement (IO2)

Végétation



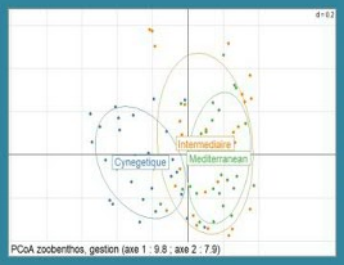
Indicateur RhoMéO : Indice floristique de fertilité du sol (IO6)

Végétation



Indicateur RhoMéO : Indice de qualité floristique (IO8)

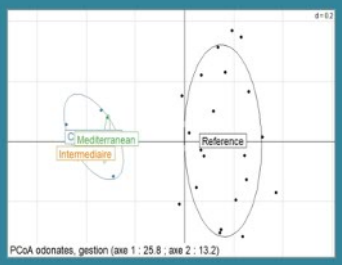
Macrozoobenthos



Comparaison des gestions

- Les communautés des mares cynégétiques se distinguent…
- …de celles des mares méditerranéennes et intermédiaires, qui sont quant à elles similaires

Macrozoobenthos



Distance de l'objectif

- Les communautés des mares, quelque soit leur gestion, sont encore loin de celles des mares de référence

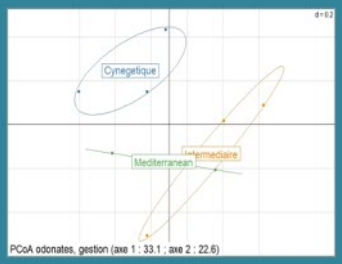
Odonates

	CYN 1	CYN 2	CYN 3	INT 1	INT 2	INT 3	MED 1	MED 2	MED 3	Relai (hors mares)
Lestes barbarus										1
Lestes macrostigma										
Lestes sponsa										
Sympecma fusca										
Ischnura elegans	1	1	1				2			
Ischnura pumilio						1				
Aeshna mixta										1
Anax ephippiger										1
Anax parthenope		2	2						2	
Crocothemis erythraea	1	1	1					1	1	
Orthetrum albistylum										
Orthetrum cancellatum	1	1	1	2	2	1		2	1	
Sympetrum fonscolombii	1	2	2	2	1	1		2	1	
Sympetrum meridionale										
Sympetrum striolatum										
Total	5 (33 %)			3 (20 %)			4 (27%)			
Autochtonie	13 %			13 %			20 %			

Intégrité du peuplement (RhoMéO I10)

- Colonisation rapide des libellules, à la différence des demoiselles
- Faible degré d'autochtonie

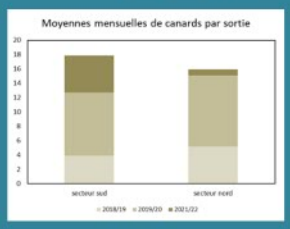
ODONATES



Comparaison des gestions

- Les communautés larvaires des mares cynégétiques se distinguent de celles des mares méditerranéennes et intermédiaires (tendance)

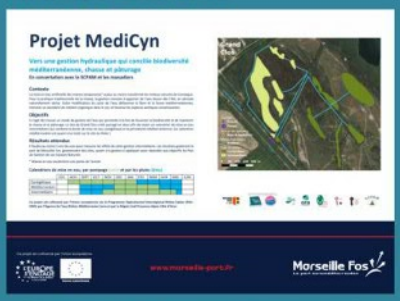
GIBIER D'EAU
(comptages nocturnes)



- Aucun canard vu au **Relai** durant les dénombrements de la saison 2020|21

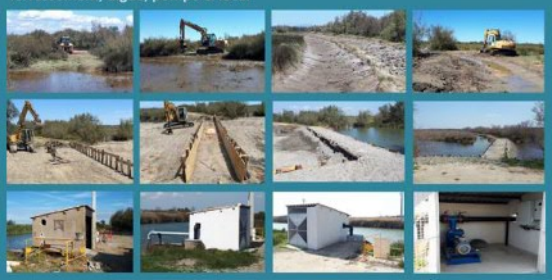
- **Grand Clos**
  - Saison 2021|22 marquée par des effectifs très faibles
  - Différence entre gestion cynégétique (sud) et intermédiaire (nord)

TRAVAUX AU GRAND CLOS



TRAVAUX AU GRAND CLOS

Terrassement, digue, pompe & local



TRAVAUX AU GRAND CLOS

Réparations de brèches dans le lévadon



COMMUNICATION

Installation du panneau du Grand Clos



COMMUNICATION

Un article dans Re<port>ɘЯ



MédiCyn, concilier biodiversité, chasse & pastoralisme

MédiCyn, reconciling biodiversity, hunting & pastoralism

conservation de la biodiversité **méd**iterranéenne et activités pastorale et **cyn**égétique

MACRO-PLANNING

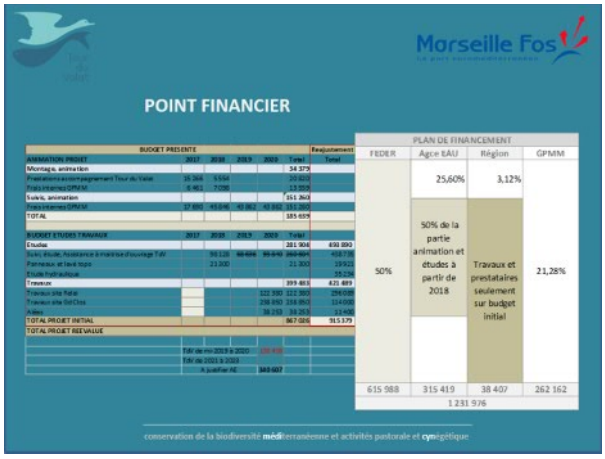
	2020				2021				2022				2023				2024				2025			
Trimestres	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Concertation			x	<>	x				x				x				x				x			
Copil	<				x				x			>				x								x
Travaux Relai		x	x																					
Suivis Relai	>	>	x	x	x	x	>	>	>	>	x	x	x	x	>	>	>	>	x	x	x	x	>	>
Travaux Gd Clos		>	>			x	x																	
Suivis Gd Clos	>	>	>	>	>	>	x	x	x	x	>	>	>	>	x	x	x	x	>	>	>	>	x	x
Évaluation				>												>								x

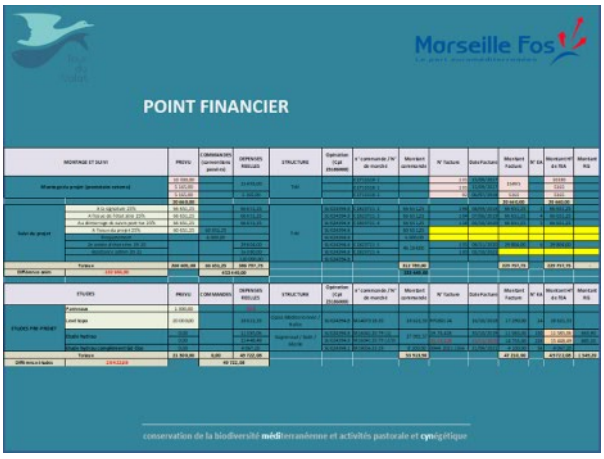
conservation de la biodiversité **méd**iterranéenne et activités pastorale et **cyn**égétique

POINT FINANCIER

	GPMM - AERMC	GPMM - TdV		Dépenses réelles TdV		Relai	Grand Clos	
		20 660 €	phase préliminaire					
1ère tranche	98 128 €	266 605 €	convention spécifique	98 158 €	1er janv 2018 – 31 mars 2019		2018	
				64 703 €	1er avril 2019 – 31 déc 2019		2019	
		46 184 €	avenant 2e année état zéro (2020/21)	73 755 €	1er janv – 31 déc 2020			
		312 789 €	sous-total			2020		travaux
2e tranche – 2020 + 4 ans	340 608 €	125 947 €	offre du 21 avril 2021 (2021/22/23)		1er janv – 31 déc 2021		2021	travaux
					1er janv – 31 déc 2022	2022		suivis 1
					1er janv – 31 déc 2023		2023	suivis 1
					1er janv – 31 déc 2024	2024		suivis 2
					1er janv – 31 déc 2025		2025	suivis 2
					1er janv – 31 déc 2026	Analyse / Concertation / Orientation de gestion		
	438 736 €	**438 736 €**						

conservation de la biodiversité méditerranéenne et activités pastorale et cynégétique





Annexe 2

De : Philippe Lambret <lambret@tourduvalat.org>
Envoyé : mercredi 15 juin 2022 15:24
À : Clément Jérémy <Jeremy.Clement@marseille-port.fr>; Quoniam Isabelle <Isabelle.Quoniam@marseille-port.fr>
Cc : JUVIN Olivier <Olivier.JUVIN@auvergnerhonealpes.fr>; Yves RONOT <yves.ronot@auvergnerhonealpes.fr>; ZYS Cécile <Cecile.ZYS@eaurmc.fr>; Hugo Fontes <fontes@tourduvalat.org>; Luciani Amandine <Amandine.Luciani@marseille-port.fr>; Lisa Ernoul <ernoul@tourduvalat.org>; Jean-Claude Pic <pic@tourduvalat.org>
Objet : RE: Solde financement opération

(Re)bonjour à tous,

Nous avons terminé il y a qques instant notre visio. En voici les conclusions :

- Exposé de la stratégie retenue par la TdV et le GPMM afin de solder l'opération comme convenu initialement mi 2023 ; approbation de l'AERMC et du FEDER. (A ce titre, vous trouverez en pièce jointe* le contenu de ce que la TdV mettra en œuvre durant l'année écologique 2022/23.)
- Le délai pour solder l'opération est fixé par le FEDER à octobre 2023. Pour ce faire, il sera nécessaire de solder en amont l'opération selon la convention GPMM/AERMC, et donc encore plus en amont la convention GPMM/TdV (avenant à venir cet été suite au bilan financier que réalisera la TdV). Un rapport technique, au moins provisoire sera à fournir à l'AE.
- Anticipation par le GPMM auprès du FEDER des documents & justificatifs relatifs aux marchés publics.
- Vérifier si l'opération a été soldée auprès de la région PACA (partenaire lors de la phase 1).

N'hésitez pas à compléter / commenter au besoin.

Bien à vous,

Philippe LAMBRET
Chef de Projet / Project Leader
Tél : +33 (0) 4 90 97 29 52 | GSM : +33 (0) 677 550 799

Tour du Valat
Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes
Le Sambuc – 13 200 Arles – France |www.tourduvalat.org

Rejoignez-nous sur : Facebook | Twitter | LinkedIn | Viméo

* pièce jointe :

Suite du projet MediCyn compte tenu du besoin de solder l'opération à l'été 2023

Dans l'impossibilité d'utiliser les subventions accordées par les bailleurs au-delà de l'été 2023 (poursuite des suivis bisannuels en 2024, 2025… jusqu'à épuisement des fonds), il a été décidé d'utiliser la totalité des fonds déjà acquis et que la TdV fasse ultérieurement une nouvelle demande d'aide auprès de l'AERMC dans le cadre de notre convention éponyme avec l'Agence, afin de poursuivre les suivis.
Il est alors nécessaire d'envisager, d'une part, la réorganisation des études à réaliser d'ici mi-2023 et, d'autre part, les études complémentaires permettant de solder l'opération. Ces études représenteront bien-sûr une plus-value en termes d'évaluation du succès de restauration des habitats et des effets respectifs des différents calendriers de gestion hydraulique.
Deux nouvelles personnes vont rejoindre la Tour du Valat en 2022 au sein de l'équipe « restauration » : un chargé de recherche – Antoine Gazaix – et une cheffe de projet – Pauline Rocarpin. D'une part, ces personnes sont porteuses de compétences en lien avec le projet MediCyn (recherche sur les effets de différentes gestions hydrauliques et sur le succès de restauration écologique, hydrologie…). D'autre part, des fonds seront bienvenus afin de contribuer au financement de leur poste.
Aussi, il est proposé de les mettre, aux côtés d'Hugo Fontes et de Philippe Lambret, à contribution pour la réalisation :

- De l'évaluation en 2022/23 de l'évolution de la banque de graine au Relai suite à la restauration active de la végétation aquatique opérée en 2020. (Prélèvements de sol en été 2022 et étude de la banque de graine au printemps 2023.)
- Du renforcement de cette restauration active par le semis de nouvelles banques de graines (test de l'effet densité), avec notamment une présence substantielle de Scirpe maritime *Bolboschoenus maritimus*. (Prélèvements de graines et de sol en été 2022 et semis à l'automne 2022 ou au printemps 2023.)
- Du deuxième volet de l'étude sociologique sur les perceptions du projet par différentes catégories d'acteurs, et d'une réflexion sur la concertation menée jusqu'à présent.
- De la production d'articles scientifiques valorisant les données récoltées dans le cadre du projet (effets de la gestion cynégétique, succès de la restauration active de la végétation, dynamique de colonisation par les arthropodes et autres invertébrés aquatiques).
- De l'établissement de l'état d'avancement du projet en 2023 (évaluation générale & perspectives) et de la proposition de suivis supplémentaires auprès de l'AERMC.

De : Clément Jérémy <Jeremy.Clement@marseille-port.fr>
Envoyé : mercredi 15 juin 2022 14:59
À : Philippe Lambret <lambret@tourduvalat.org>; Quoniam Isabelle <Isabelle.Quoniam@marseille-port.fr>
Cc : JUVIN Olivier <Olivier.JUVIN@auvergnerhonealpes.fr>; Yves RONOT <yves.ronot@auvergnerhonealpes.fr>; ZYS Cécile <Cecile.ZYS@eaurmc.fr>; Hugo Fontes <fontes@tourduvalat.org>; Luciani Amandine <Amandine.Luciani@marseille-port.fr>
Objet : RE: Solde financement opération

Bonjour à tous,

Le GPMM ne pouvant malheureusement pas être représenté pour cette réunion, je confirme le choix de retenir l'option évoquée par Philippe : conservation du programme initial et solde de l'opération mi-2023 comme prévu.

Bien à vous tous.

Cordialement
Jeremy Clément
Chef du Service Environnement
Grand Port Maritime de Marseille

De : Philippe Lambret <lambret@tourduvalat.org>
Envoyé : mardi 14 juin 2022 14:31
À : Quoniam Isabelle <Isabelle.Quoniam@marseille-port.fr>; Clément Jérémy <Jeremy.Clement@marseille-port.fr>
Cc : JUVIN Olivier <Olivier.JUVIN@auvergnerhonealpes.fr>; Yves RONOT <yves.ronot@auvergnerhonealpes.fr>; ZYS Cécile <Cecile.ZYS@eaurmc.fr>; Hugo Fontes <fontes@tourduvalat.org>
Objet : RE: Solde financement opération

Bonjour à tous,

Court message en amont de notre réunion de demain à 14h00, visant à rendre compte de la réunion interne TdV du 18 mai et de celle du 9 juin (TdV/GPMM).

Ces deux réunions ont abouti à la même conclusion : entre les deux options proposées par l'AERMC, a été retenue la volonté de revenir sur le programme initial et de solder l'opération mi-2023 comme prévu. Ceci nous épargnera une Nième mouture administrative et nous permettra notamment de renforcer les actions liées à la restauration active de la végétation sur les mares du Relai.

A demain pour plus de détails.
Bien à vous,
Philippe

De : ZYS Cécile <Cecile.ZYS@eaurmc.fr>
Envoyé : lundi 2 mai 2022 15:49
À : Quoniam Isabelle <Isabelle.Quoniam@marseille-port.fr>
Cc : Philippe LAMBRET <lambret@tourduvalat.org>; JUVIN Olivier <Olivier.JUVIN@auvergnerhonealpes.fr>; Yves RONOT <yves.ronot@auvergnerhonealpes.fr>
Objet : RE: Solde financement opération

Bonjour

Suite à échanges internes il ne nous sera malheureusement pas possible de solder l'opération en anticipé malgré facture acquittée et engagement de la Tour du Valat de réaliser les suivis 2ème semestre 2023 à 2025 ;

A votre disposition pour échanger sur les options possibles notamment revenir sur le programme de suivi annuels tels que prévus initialement, ou envisager une demande d'aide complémentaire avec le report des suivis jusque 2025.

Bien cordialement

Cécile ZYS

Chargée d'Intervention milieux naturels
Camargue Crau Alpilles Rhône et Zones Humides
Agence de l'Eau RMC - Délégation Paca & Corse
Tel : 04 26 22 30 83 / secrétariat 30 20 / portable 07.64.56.33.27

De : Quoniam Isabelle [mailto:Isabelle.Quoniam@marseille-port.fr]
Envoyé : jeudi 31 mars 2022 09:47
À : ZYS Cécile
Cc : Philippe LAMBRET; JUVIN Olivier; Yves RONOT
Objet : Solde financement opération

Bonjour Cécile,
Comme discuté lors du COPIL, la convention FEDER s'arrête à l'été 2023 et nous devrons à ce moment-là fournir un **état récapitulatif complet des dépenses**, ainsi que **des cofinancements** pour pouvoir percevoir l'aide du FEDER.
Le problème est que nous souhaitons étaler les suivis (tous les 2 ans) jusqu'en 2025, de manière à avoir plus de recul sur l'expérience scientifique menée.
Les suivis seront réalisés par la Tour du Valat et la facture pourra leur être réglée en juin 2023 pour la réalisation des suivis futurs.
La question était de savoir s'il serait acceptable du côté de l'agence de l'eau de solder l'opération, alors que les suivis ne sont pas encore effectivement réalisés à la date du solde ?

Je te laisse revenir vers moi pour en discuter si besoin.

Bien cordialement,

Isabelle Quoniam
DEAO
Service Environnement
N° de poste : 65-75
06-26-73-57-99



Tour du Valat

Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes

Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes
Fondation reconnue d'utilité publique

TOUR DU VALAT - Le Sambuc - 13200 Arles - France
Tél. +33 (0) 4 90 97 20 13 - Fax +33 (0) 4 90 97 20 19 - E-mail : secretariat@tourduvalat.org -