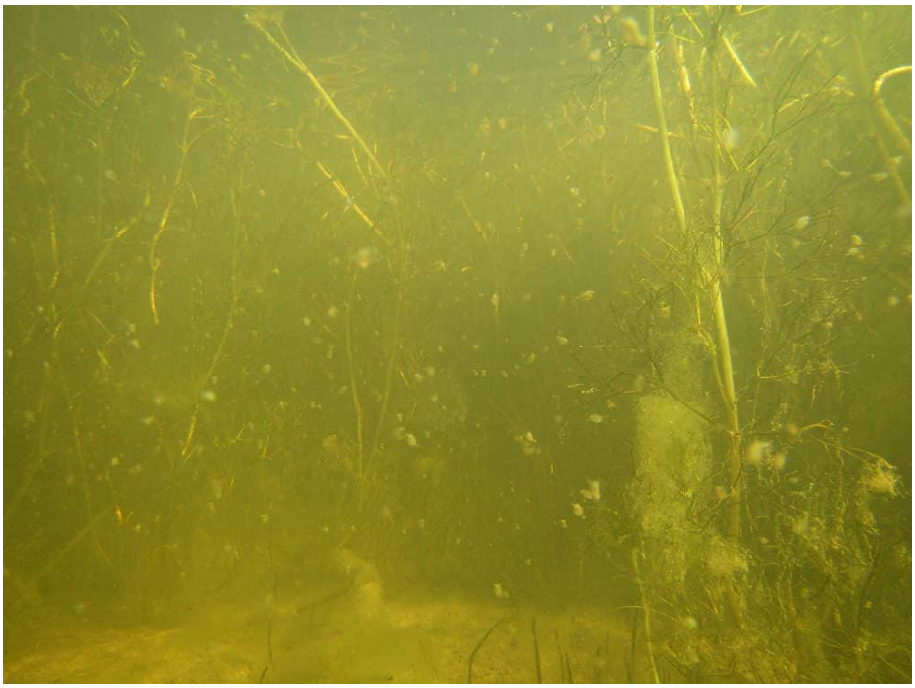
Colonisation par la macrofaune benthique des mares recréées dans le cadre du programme SNB « *restauration de mares temporaires méditerranéennes* »

- état en 2017 -



Rédaction : Philippe Lambret

Citation recommandée : Lambret P. (2017). Colonisation par la macrofaune benthique des mares recréées dans le cadre du programme SNB « restauration de mares temporaires méditerranéennes » – état en 2017. La Tour du Valat – Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes, Le Sambuc, Arles, 22 pages.

Photos de couverture : Cladocères, copépodes et ostracodes nageant dans la mare temporaire du Clos des Vaches (Marais du Vigueirat) lors de la séance d'échantillonnage du zooplancton le 30 mars 2017 (© P. Lambret / TdV).

Remerciements : Nous remercions les Amis des Marais du Vigueirat et le Parc naturel régional de Camargue pour nous avoir donné l'autorisation d'accéder à leurs sites respectifs. Nous remercions également Hicham Amari et Soufyane Bensouilah pour leur assistance sur le terrain, ainsi que Lauren Redmond, Hugo Ferreira, Samuel Hilaire et Corentin Rollet pour leur aide lors de l'identification en laboratoire des animaux échantillonnés.

Sommaire

1 – Introduction 1

2 – Matériel et méthodes 2

2.1 – Mares de référence 2
2.1 – Creusement des mares SNB et planification de l'inventaire 3
2.2 – Échantillonnage du zooplancton 4
2.2 – Échantillonnage du macro-benthos 4
2.2.1 Troubleau 5
2.2.2 Verveux 6
2.2.3 Identification 6
2.3 – Traitement statistique des données 7
3 – Résultats 8

3.1 – Le zooplancton 8
3.2 – Le macrozoobenthos capturé au tube 9
3.3 – Le macrozoobenthos capturé avec les filets 9
3.3.1 Richesse 9
3.3.2 Abondance 9
3.3.3 Biodiversité : analyse des communautés 13
3.4 – Végétation observée dans les mares 14
4 – Discussion 15

4.1 – Écologie des mares recréées 15
4.1.1 Fonctionnement hydraulique (d'après Lambret, 2017) 15
4.1.2 Végétation aquatique 15
4.2 – Nature des taxons prélevés 17
4.2.1 Ensemble des mares recréées 17
4.2.2 Différences entre les mares recréées 17
4.2.3 Effets du zooplancton en tant que ressource trophique 18
4.3 – Évolutions attendues 18
5 – Conclusions et perspective 19

6 – Bibliographie 20

1 – Introduction

La discontinuité de l'hydropériode des mares temporaires est reconnue comme un moteur de la biodiversité et non comme un facteur limitant l'installation de toute vie, quelle soit végétale ou animale (Williams, 1998). Elle privilégie les espèces à cycle court, peu compétitives au détriment des espèces les plus compétitives, plus communes dans les milieux permanents. Les mares temporaires méditerranéennes (MTM) peuvent être définies de deux manières : au sens strict, elles correspondent à une utilisation typologique de la directive « Habitats » basée sur la végétation, et sont à ce titre protégées ; au sens large, elles correspondent aux mares temporaires que l'on rencontre partout dans le monde où le climat est de type méditerranéen. Ici, nous entendons les MTM selon cette 2^{e} définition. Les MTM présentent une grande richesse spécifique (Grillas *et al.*, 2004a, 2004b). La valeur patrimoniale des mares temporaires méditerranéennes et de leurs biocénoses est aujourd'hui prise en compte dans les politiques publiques de conservation de la biodiversité (notamment Directive Habitat).

Nonobstant cette prise en compte, les milieux temporaires sont en grand danger à l'échelle méditerranéenne (Zacharias & Zamparas, 2010), notamment celles dont la végétation ne correspond pas au type de la DH. Soumis à de fortes pressions humaines depuis plusieurs siècles (Grillas & Roché, 1997), la destruction des mares temporaires s'est considérablement accélérée au cours des dernières décennies (Grillas *et al.*, 2004a) notamment par le développement des activités agricoles et industrielles (*e.g.* Tamisier 1991 ; Beja & Alcazar 2003) et par la perturbation des cycles hydrologiques (*e.g.* Serrano & Serrano, 1996 ; Rhazi *et al.*, 2001).

En termes de conservation, la création ou la recréation de mares temporaires et considérée comme une des stratégies à privilégier (Zedler *et al.*, 1993). Dans le cadre de la Stratégie nationale pour la biodiversité (SNB), politique menée par le Ministère en charge de l'écologie, un programme de « *restauration de mares temporaires méditerranéennes* » a été développé par un gestionnaire d'espaces naturels (les Amis des Marais du Vigueirat), en partenariat territorial avec le Parc naturel régional de Camargue. Ce programme consistait à recréer une dizaine de mares temporaires dans la zone humide du delta du Rhône grâce à des opérations d'ingénierie écologique (terrassement) et ce notamment en faveur du Leste à grands stigmas, *Lestes macrostigma* (Odonata : Zygoptera). Cette espèce est caractéristique des milieux temporaires saumâtres (Lambret *et al.*, 2009) et considérée comme une priorité conservatoire (e.g. espèce listée dans le Plan National d'Actions en faveur des Odonates et sa déclinaison régionale [Dupont, 2010 ; Lambret, 2011], espèce déterminante de la Trame Verte et Bleue en région PACA [Bence & Tranchant, 2015]). Le fonctionnement hydrologique visé pour ces mares était uniquement en lien avec les précipitations ; leur colonisation par la flore et la faune laissée aux processus naturels.

Un inventaire de la faune benthique, essentiellement composée par des macro-arthropodes, ayant colonisé les mares recréées a été effectué dans certaines ce celles-ci par la Tour du Valat. Les objectifs de cette étude étaient tout d'abord de dresser un état des lieux en 2017 de la diversité du zoobenthos 1,5 à 3,5 ans seulement après les travaux de recréation des mares et ainsi d'acquérir des connaissances sur les premiers stades du processus de colonisation des milieux

nouvellement disponibles. Ensuite, il s'agissait d'évaluer l'efficacité de ce programme de restauration d'habitat, en comparant les communautés zoobenthiques inventoriées dans les mares recréées à celles de MTM de référence, c'est-à-dire des mares de Camargue dont le fonctionnement hydrologique est temporaires depuis plusieurs décennies et dont les communautés zoobenthiques peuvent être par conséquent considérées comme caractéristiques de ce type d'habitat.

2 – Matériel et méthodes

2.1 – Mares de référence

En 2014, dans le cadre d'une étude de l'effet des facteurs biotiques et abiotiques sur la présence des larves de *L. macrostigma*, 38 mares réparties à travers la Camargue ont été étudiées (Vilain, 2014). L'abondance de la ressource trophique, des compétiteurs et des prédateurs des larves de *L. macrostigma* a notamment été caractérisée. Cette caractérisation a été réalisée au moyen d'un échantillonnage du zooplancton au mois de mars et de celui de la faune benthique de mi-avril à début juin. Les animaux prélevés avaient été identifiés de manière moins précise que dans le cadre du présent inventaire (le plus souvent jusqu'à la famille, rarement jusqu'à l'espèce) puis comptabilisés. Parmi ces 38 mares, 22 voyaient *L. macrostigma* comme composante de leur odonatofaune, dont 14 ne sont mises en eau que par les précipitations et jamais à partir du Rhône ou de canaux. Puisque le programme SNB de restauration de mares temporaires méditerranéennes visait cette espèce parapluie d'odonate, nous avons choisi d'utiliser dans le cadre du présent inventaire ces 14 mares en tant que référence pour la composition du zoobenthos (Figure 1).

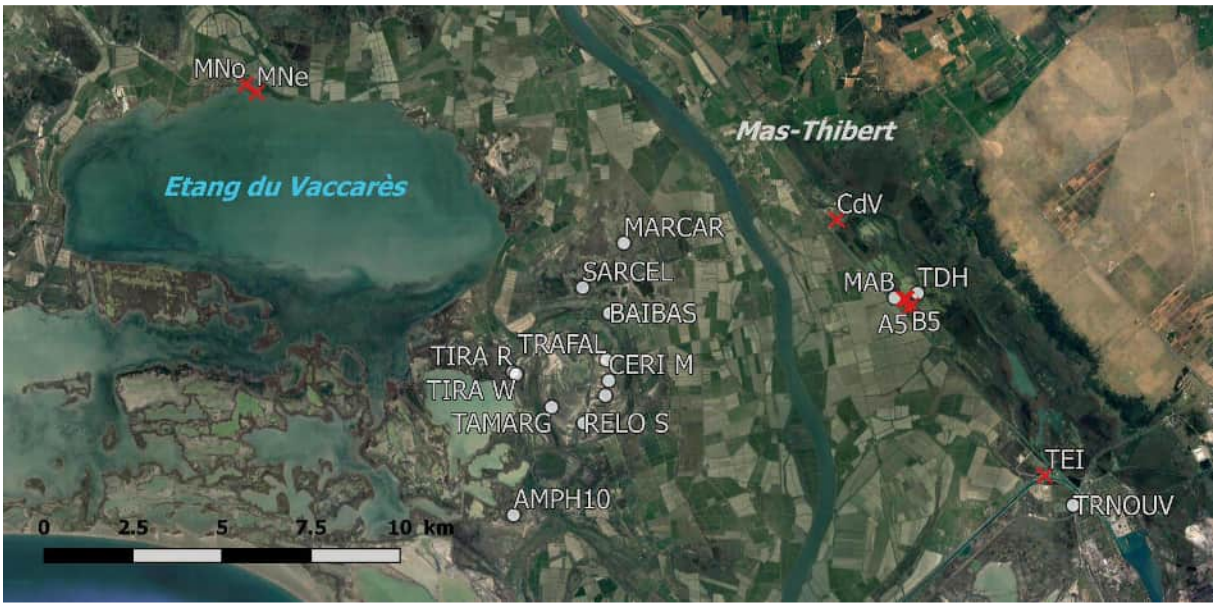


Figure 1. Distribution des mares temporaires méditerranéennes recréées dans le cadre du programme SNB (croix rouges) et des mares temporaires de références dans lesquelles *Lestes macrostigma* s'est reproduit avec succès en 2014 (disques gris) (Fond de carte : © Google™ Earth ; réalisé avec QGIS®).

Elles sont distribuées sur la Réserve naturelle nationale de Camargue (Amphise n°10 [AMPH10]), sur la RN régionale de la Tour du Valat (Baisse basse [BAIBAS], Cerisières moyennes [CERI M], Cerisières sud [CERI S], Mare du carnage [MARCAR], Relongues sud [RELO S], Sarcelles [SARCEL], Tamarguiron [TAMARG], Tirasses en bord de route [TIRA R], Tirasses 1er emprunt à l'ouest [TIRA W], Emprunt de Trafalgar [TRAFAL]), sur la RNN des Marais du Vigueirat (Mare à bouc [MAB], Trou du héron [TDH]) et à proximité du complexe industrialo-portuaire du Grand port maritime de Marseille (Trou nouveau [TRNOUV]).

2.1 – Creusement des mares SNB et planification de l'inventaire

Au total, huit mares ont été creusées à partir du quatrième trimestre 2013 jusqu'au troisième trimestre 2015 (Tableau 1, Figure 1).

- 20 septembre 2013 : Vigueirat, mares pâturée (MP) et non pâturée (MnP) ;
- 02 octobre 2013 : Mas Neuf, mares A5 et B5 ;
- 29 juillet 2014 : Vigueirat, mare du Clos des vaches (CdV) ;
- 17 octobre 2014 : Mas Neuf, mares est (MNe) et ouest (MNo) ;
- 31 juillet 2015 : GPMM, mare du terrain d'entrainement incendie (TEI).

Le protocole du programme SNB prévoyait d'étudier les processus de colonisation dans 6 des mares recréées : A5, B5, CdV, MNo, MNe et TEI. Nous avons cependant ajouté la plupart du temps la mare MP en raison du succès de reproduction de *L. macrostigma* dans cette mare en 2016 (Lambret, 2017).
Les sessions d'inventaires ont été planifiées afin de correspondre à l'étude de référence. Aussi, le zooplancton a-t-il été échantillonné le 30 mars 2017 (du 18 au 24 mars 2014 pour les mares de référence) et le macro-benthos les 26, 27 et 28 avril (*vs* du 10 au 25 avril 2014 pour les mares de référence). Les nombres d'animaux échantillonnés nous paraissant relativement faibles en avril 2017, une session supplémentaire d'échantillonnage a été réalisée le 25 mai 2017 dans les mares dont les communautés zoobenthiques étaient les plus diversifiées, à savoir A5, B5, CdV et MNe.

Tableau 1. Agenda des opérations de restauration des mares temporaires et du suivi de leur colonisation par la faune benthique. Cr = creusement ; Iv = inventaire.

Année	2013				2014				2015				2016				2017			
Trimestre	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
MdV																				
MP				Cr														Iv		
MnP				Cr																
A5				Cr														Iv		
B5				Cr														Iv		
CdV							Cr											Iv		
Mas Neuf																				
MNo								Cr										Iv		
MNe								Cr										Iv		
GPMM																				
TEI											Cr							Iv		

2.2 – Échantillonnage du zooplancton

Le zooplancton a été échantillonné le 30 mars 2017 en plongeant verticalement dans l'eau un cylindre en plastique de 7,4 cm de diamètre et 103 cm de haut équipé à la base d'un système de fermeture par clapet aimanté. Pour chaque mare, 8 prélèvements, dont la position dans la mare était aléatoire, ont été réalisés. À chaque prélèvement, la hauteur de la colonne d'eau a été mesurée en cm afin d'en déduire le volume échantillonné.
Les animaux prélevés ont été passés sur un tamis à maille de 160 µm (Figure 2) puis conservés dans de l'alcool à 70°. Les individus ont ensuite été examinés au laboratoire avec une loupe binoculaire et identifiés jusqu'au sous-ordre des cladocères ou des copépodes et jusqu'à la classe des ostracodes. Ils ont ensuite été dénombrés pour chacun de ces taxons afin d'évaluer leur abondance respective (i.e. leur densité par litre d'eau).



Figure 2. Récupération des animaux échantillonnés pour fixation dans l'alcool à 70° et identification ultérieure en laboratoire (© Zeppelin).

2.2 – Échantillonnage du macro-benthos

Deux méthodes ont été utilisées : le filet troubleau et les filets verveux.
La méthode du filet troubleau présente l'avantage d'être « active ». Elle permet de capturer les espèces vivant accrochées à la végétation. En revanche, elle présente deux biais potentiels : (i) les animaux détectant plus facilement notre présence peuvent prendre la fuite lors de notre arrivée dans la mare, et sont trop rapides pour pouvoir être capturés avec un filet troubleau ; (ii) les animaux qui présentent un rythme biologique nocturne plutôt que diurne peuvent échapper à cet échantillonnage.
La deuxième méthode a consisté à placer des filets verveux. Ils ont été laissés ouverts pendant 24h afin de pouvoir échantillonner les espèces concernées par les biais exposés ci-dessus.
De manière ponctuelle, certains individus ont été capturés à vue lorsqu'ils appartenaient clairement à une espèce non encore échantillonnée.

2.2.1 Troubleau

Dans chaque mare, nous avons donné 10 coups de filet en décrivant des 8 dans un plan horizontal durant 5 secondes à chaque coup (Figure 3). Les prélèvements ont été positionnés aléatoirement. Après chaque coup, la végétation contenue dans le filet a été « lavée » de sa faune puis retiré de l'échantillon ; afin de faciliter cette opération, trois tamis à maille de 10 mm, 2 mm et 0,5 mm ont été utilisés (Figure 4). Les animaux prélevés, notamment ceux appartenant à des espèces protégées (e.g. têtards), ont été identifiés et comptabilisés sur place. Les individus non identifiables directement sur le terrain ont été conservés puis identifiés et comptabilisés suivant le même procédé que pour le zooplancton.



Figure 3. Échantillonnage de la faune benthique au filet troubleau (© Zeppelin).



Figure 4. « Lavage » et tamisage de la faune échantillonnée au troubleau (© Zeppelin).

2.2.2 Verveux

Deux filets de 0,3 cm de maille, 100 cm de long et 30 cm de diamètre ont été placés dans chaque mare (Figure 5). Le jour suivant, les individus échantillonnés ont été traités suivant le même procédé que pour le filet troubleau.



Figure 5. Filet verveux laissé ouvert durant 24 heures (© P. Lambret / Tour du Valat).

2.2.3 Identification

Les adultes et les larves d'odonates ont été identifiées jusqu'à l'espèce grâce au Doucet (2010). Les adultes d'hétéroptères ont été identifiées, grâce aux travaux de Dethier (1986), Poisson (1957) et Savage (1990), jusqu'à l'espèce ou au genre seulement (en effet, la Faune de France, peu illustrée, s'appuie sur des critères dichotomiques paraissant subjectifs sans collection de référence complète, cependant que la clé couvrant le Royaume Uni, mieux illustrée, ne traite pas toutes les espèces françaises). Les adultes de coléoptères ont été identifiés jusqu'au genre ou à l'espèce grâce travaux de Friday (1988), Guignot (1947) et Richoux (1982). Les adultes d'annélides, de mollusques, d'acariens et de crustacés ainsi que les larves de tous les taxons – à l'exception des odonates – ont été identifiés jusqu'à la classe, la famille ou le genre grâce aux guides de Noars (2017) et de Tachet *et al.* (2000). Les animaux échantillonnés ont été fixés dans l'alcool à 70° et sont conservés à la Tour du Valat.

2.3 – Traitement statistique des données

La richesse taxonomique et les effectifs de chaque taxon identifié sont présentés pour chaque mare. À titre de comparaison, la richesse taxonomique ainsi que les valeurs minimales, maximales et médianes de l'abondance des mares de référence sont également présentées.
Au-delà de ces statistiques descriptives, nous avons cherché à évaluer les différences entre les communautés des mares recréées avec celles des mares de références. Pour cela, nous avons créé un tableau de contingence avec les effectifs totaux de chaque famille et de chaque mare. La variable explicative testée était le type de mare (« recréées » *vs* « de référence »). Une Analyse en Coordonnées Principales, ou PCoA (Gower, 1966), a été utilisée afin de représenter visuellement les données de la matrice de distance générée. Pour dégager les deux axes principaux expliquant la majorité de la variance observée à travers les communautés, l'indice de Bray-Curtis a été utilisé car cet indice donne du poids aux espèces abondantes plutôt qu'aux espèces rares. Ainsi, on s'affranchit du biais éventuel que ces dernières aient en réalité été sous échantillonnées pour des raisons méthodologiques. La significativité de la différence entre mares recréées et mares de références a été testée par une PERMANOVA (Legendre & Anderson, 1999). Les analyses ont été réalisées avec R 3.3.2 (R Core Team, 2016), et plus particulièrement les librairies 'vegan' (Oksanen *et al.*, 2017) et 'ade4' (Dray *et al.*, 2017).

3 – Résultats

La mare du TEI était sèche lors des sessions d'inventaire en 2017. Nous n'avons donc pas pu échantillonner le plancton ni le macrozoobenthos dans cette mare.

3.1 – Le zooplancton

Les nombres d'individus et surtout les densités observés d'une mare à l'autre sont contrastés (Tableau 1, Figure 6). Ces valeurs sont toutes en deçà des valeurs des 1er et 3e quartiles des densités observées dans les mares de référence.
La composition du zooplancton, c'est-à-dire la distribution des individus entre les trois taxons considérés est elle aussi contrastée d'une mare à l'autre (test du Chi² : $\chi^2 = 141{,}31$, $df = 12$, $p < 0{,}001$; Figure 6). Bien que la communauté zooplanctonique de la mare A5 s'approche de celles de certaines mares de référence (1er quartile), elle en demeure significativement différente ($\chi^2 = 8{,}51$, $df = 2$, $p = 0{,}014$). En revanche celle de MNe n'en est pas significativement différente ($\chi^2 = 4{,}12$, $df = 2$, $p = 0{,}128$).
Signalons enfin la présence dans la mare A5 d'un crustacé branchiopode appartenant à un autre sous-ordre que les Cladocera : un *Artemia sp*. (ss-O des Artemiina).

Tableau 1. Nombre d'individus par taxon de crustacés planctoniques et par mare inventoriée

Crustacés	A5	B5	CdV	MP	MNe	MNo	TEI
cladocères	134	-	-	24	281	-	-
copépodes	57	10	289	62	52	-	-
ostracodes	138	61	-	255	69	-	-
TOTAL	**329**	**71**	**289**	**341**	**402**	**0**	**0**

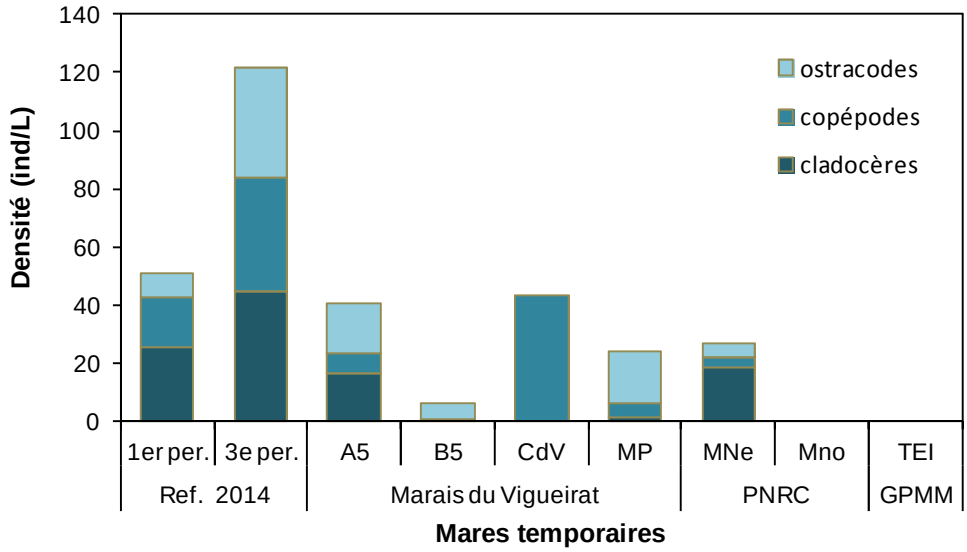


Figure 6. Densités (individus/L) par taxon de crustacés planctoniques par mare.
Les données de référence de l'étude de 2014 sont les valeurs médianes des 14 mares dans lesquelles des larves de *L. macrostigma* étaient présentes.

3.2 – Le macrozoobenthos capturé au tube

Quelques individus macrozoobenthiques ont été capturés en nombres négligeables lors de l'échantillonnage au tube à plancton. Nous mentionnons ici les taxons qui n'ont pas été échantillonnés grâce au filet troubleau et aux verveux, afin de compléter l'inventaire qualitatif de chaque mare :

- 1 adulte de *Gerris thoracicus* (hétéroptère) à CdV ;
- 1 larve de Culicidae (diptère) à MNe ;
- 1 adulte de *Berosus sp* (≠ *B. spinosus*) (coléoptère) à MNo ;
- 2 adultes d'*Hydroporus sp* (coléoptère) à MP.

Les deux premiers ont été ajoutés dans le Tableau 2 et marqués d'un astérisque car leur famille respective n'était pas représentée par ailleurs.

3.3 – Le macrozoobenthos capturé avec les filets

3.3.1 Richesse

Les mares les plus riches sont CdV et MNe avec, respectivement, 11 et 14 familles inventoriées (Tableau 3). Les moins riches sont MP et A5 avec, respectivement, 5 et 7 familles inventoriées.

Les familles inventoriées dans la quasi-totalité des mares sont des insectes hétéroptères (Corixidae et Notonectidae), des diptères (Chironomidae) et des coléoptères (Dysticidae et Hydrophilidae). Ces familles sont bien représentées dans les mares de référence. Cinq et 4 espèces de Corixidae ont été capturées dans les mares A5 et MNe tandis qu'une seule espèce l'a été dans les mares MNo et MP (Tableau 4). La richesse spécifique des coléoptères était équivalente dans les mares A5, B5, CdV et MNe : 13, 11, 15 et 14 espèces, respectivement. En revanche, seules 1 et 2 espèces de coléoptères ont été capturées dans les mares MNo et MP, respectivement (Tableau 4).

Nous avons inventoriés 2 espèces d'odonates (Lestidae et Libellulidae) cependant que ces deux familles sont le plus souvent présentes dans les mares de référence.

3.3.2 Abondance

Les mares où la faune était la plus abondante étaient A5 et B5 avec, respectivement, 2627 et 2506 individus capturés dont 82 et 73 % de Corixidae (Tableau 5). Ont été également échantillonnés 1177, 821 et 997 individus dans CdV, MNe et MNo, respectivement. Dans MNo, 40 % étaient des Gammaridae et 52 % des Chironomidae. Dans la mare MP, seuls 14 individus ont été échantillonnés, dont 71 % de Culicidae.

Tableau 2. Présence par mare des familles de vertébrés, annélides, mollusques, chélicérates, crustacés et hexapodes prélevées aux filets ou au tube planctonique (*) dans les mares restaurées. Les caractères gras indiquent le nombre total de famille(s) pour le taxon de rang supérieur considéré. La colonne « Ref. » indique pour l'ensemble des 14 mares de référence soit la fréquence de la famille (%) soit les valeurs min. et max. du nombre de famille(s) pour le taxon considéré.

Taxons	A5	B5	CdV	MNe	MNo	MP	Ref
E/ Chordés			**1**	**2**	**1**		**0 à 4**
S-Cl/ Poissons osseux					**1**		**0 à 2**
F/ Cyprinidae							21 %
F/ Gasterosteidae							21 %
F/ Poeciliidae					✓		36 %
Cl/ Amphibiens			**1**	**2**			**0 à 2**
F/ Hylidae			✓	✓			50 %
F/ Ranidae				✓			14 %
E/ Annélides					**1**		**0 à 1**
F/ Nereidae					✓		7 %
E/ Mollusques : Gastéropodes					**1**		**0 à 1**
F/ Hydrobiidae					✓		0 %
F/ Lymnaeidae							21 %
E/ Arthropodes	**7**	**8**	**10**	**12**	**6**	**5**	**7 à 10**
ss-E/ Chélicérates			**1**	**1**			**0**
F/ Hydracaridae			✓	✓			0 %
ss-E/ Crustacés					**2**		**0 à 3**
F/ Asselidae							7 %
F/ Atyidae							7 %
F/ Gammaridae					✓		14 %
F/ Cambaridae	✓				✓		21 %
ss-E/ Hexapodes	**7**	**8**	**9**	**11**	**4**	**5**	**7 à 9**
O/ Éphéméroptères				1			**0**
F/ Baetidae				✓			0 %
O/ Odonates		1	1				**1 à 2**
F/ Lestidae			✓				100 %
F/ Coenagrionidae							7 %
F/ Aeshnidae							14 %
F/ Libellulidae		✓					43 %
O/ Hétéroptères	**2**	**2**	**3**	**5**	**2**	**1**	**1 à 2**
F/ Corixidae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	93 %
F/ Gerridae			✓*	✓			0 %
F/ Naucoridae				✓			14 %
F/ Notonectidae	✓	✓	✓	✓	✓		86 %
F/ Pleidae				✓			0 %
O/ Diptères	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1 à 2**
F/ Ceratopogonidae ou Thaumaleidae		✓					0 %
F/ Chironomidae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	86 %
F/ Culicidae				✓*		✓	0 %
F/ Tabanidae							21 %
O/ Coléoptères	**4**	**3**	**4**	**3**	**1**	**2**	**1 à 3**
F/ Dytiscidae	✓	✓	✓	✓		✓	100 %
F/ Haliplidae			✓				100 %
F/ Hydraenidae	✓	✓	✓	✓			0 %
F/ Hydrophilidae	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100 %
F/ Notoneridae	✓						0 %
Nombre total de familles	**7**	**8**	**11**	**14**	**8**	**5**	**6 à 12**

Tableau 3a. Nombre d'individus par taxon de vertébrés, annélides, mollusques, chélicérates et crustacés prélevés avec le filet troubleau et les verveux dans les mares restaurées. Les nombres en caractères gras indiquent les effectifs totaux du taxon correspondant ; ceux des arthropodes tiennent donc compte des effectifs des tableaux 3b & 3c. Dans la colonne « Ref » sont indiquées les valeurs médianes, avec min. et max. entre parenthèses, des 14 mares de référence pour le taxon correspondant. Stades : Lv = larves, Ad = adultes.

Taxons	A5	B5	CdV	MNe	MNo	MP	Ref
ss-E/ Vertébrés	**0**	**0**	**8**	**5**	**1**	**0**	**3,5 (0-120)**
S-Cl/ Poissons osseux	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0,5 (0-58)**
F/ Poeciliidae : *Gambusia affinis*					1Ad		0 (0-33)
Cl/ Amphibiens	**0**	**0**	**8**	**5**	**0**	**0**	**2 (0-62)**
F/ Hylidae : *Hyla meridionalis*			8Lv	4Lv			1 (0-62)
F/ Ranidae : *Pelophylax sp*				1Ad			0 (0-2)
E/ Annélides	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**	**0 (0-12)**
Cl/ Polychètes					2		
E/ Mollusques : Cl/Gastéropodes	**0**	**0**	**0**	**0**	**33**	**0**	**0 (0-1452)**
F/ Hydrobiidae : *Hydrobia sp*					33		
E/ Arthropodes	**2627**	**2506**	**1169**	**816**	**961**	**14**	**416 (119-893)**
ss-E/ Chélicérates	**0**	**0**	**2**	**2**	**0**	**0**	0 (0-0)
ss-Cohorte/ Hydracariens			2	2			
Crustacés	**1**	**0**	**0**	**0**	**398**	**0**	0 (0-25)
F/ Gammaridae : *Dikerogammarus sp*					397		0 (0-16)
F/ Cambaridae : *Procambarus clarkii*	1				1		0 (0-25)

Tableau 3b. Nombre d'individus par taxon d'éphémères, odonates, hétéroptères et diptères prélevés avec le filet troubleau et les verveux dans les mares restaurées. Les nombres en caractères gras indiquent les effectifs totaux du taxon correspondant ; ceux des insectes tiennent donc compte des effectifs du tableau 3c. Dans la colonne « Ref » sont indiquées les valeurs médianes, avec min. et max. entre parenthèses, des 14 mares de référence pour le taxon correspondant (ou la famille correspondante s'il y a un astérisque). Stades : Lv = larves, Ln = larves ou nymphes, Ad = adultes.

E/ Arthropodes	A5	B5	CdV	MNe	MNo	MP	Ref
Cl/ Insectes	**2626**	**2506**	**1167**	**814**	**563**	**14**	**416 (99-892)**
O/ Éphéméroptères	**0**	**0**	**0**	**22**	**0**	**0**	0 (0-0)
F/ Baetidae : *Cloeon dipterum*				22Lv			
O/ Odonates	**0**	**2**	**4**	**0**	**0**	**0**	
F/ Lestidae : *Sympecma fusca*			4Lv				40 (2-239)*
F/ Libellulidae : *Sympetrum fonscolombii*		2Lv					0 (0-42)*
O/ Hétéroptères	**2162**	**1838**	**434**	**413**	**36**	**1**	**38 (1-573)**
F/ Corixidae							20 (0-444)
adultes	347	227	105	29	31	1	
Larves	1814	1606	311	330	1		
F/ Gerridae : *Gerris thoracicus*			1Ad	1Ad			0 (0-0)*
F/ Naucoridae : *Naucoris maculatus*				3Ad			0 (0-1)*
F/ Notonectidae : *Notonecta viridis*	1Lv	2Lv 3Ad	14Lv 3Ad	33Lv 2Ad	4Ad		8,5 (0-504)*
F/ Pleidae : *Plea leachi*				15Ad			0 (0-0)
O/ Diptères	**185**	**426**	**294**	**18**	**523**	**11**	**24 (1-356)**
F/ Ceratopogonidae ou Thaumaleidae		2np					
F/ Chironomidae	185Ln	424Ln	294Ln	18Ln	523Ln	1Ln	24 (0-356)
F/ Culicidae						10Lv	

Tableau 3c. Nombre d'individus par taxon de coléoptères prélevés avec le filet troubleau et les verveux dans les mares restaurées. Les nombres en caractères gras indiquent les effectifs totaux du taxon correspondant. Dans la colonne « Ref » sont indiquées les valeurs médianes, avec min. et max. entre parenthèses, des 14 mares de référence. Stades : Lv = larves, Ad = adultes.

Cl/ Insectes :	A5	B5	CdV	MNe	MNo	MP	Ref
O/ Coléoptères	**279**	**240**	**435**	**361**	**4**	**2**	**105 (6-244)**
F/ Haliplidae	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**2 (0-70)**
Haliplus sp			1Ad				
F/ Hydraenidae	**47**	**33**	**1**	**2**	**0**	**0**	
Ochthebius sp1	44Ad	32Ad		1Ad			
Ochthebius sp2	2Ad	1Ad		1Ad			
Ochthebius sp3	1Ad		1Ad				
F/ Hydrophilidae	**202**	**68**	**23**	**10**	**4**	**1**	**16 (0-45)**
ss-F/ Hydrochinae	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	
Hydrochus angustatus	1Ad						
ss-F/ Hydrophilinae	**194**	**67**	**22**	**6**	**4**	**1**	
Berosus spinosus	100Ad	6Ad	4Ad	1Ad	4Ad		
Berosus sp2	3Ad						
Berosus sp	80Lv	41Lv	9Lv	2Lv		1Lv	
Enochrus cf bicolor	3Lv 8Ad	6Lv 14Ad		1Ad			
Hydrophilus flavipes			3Ad				
larves (sp)			6Lv	2Lv			
ss-F/ Helophorinae	**7**	**1**	**1**	**4**			
Helophorus sp	7Ad	1Ad	1Ad	4Ad			
F/ Notoneridae	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	
Noterus clavicornis	1Ad						
F/ Dytiscidae	**29**	**139**	**410**	**349**	**0**	**1**	**72 (6-234)**
ss-F/ Colymbetinae	**22**	**55**	**255**	**217**	**0**	**0**	
Agabus sp	3Ad	1Lv 7Ad	8Ad	1Ad			
Colymbetes fuscus		2Ad	2Ad	2Ad			
Rhantus pulverosus	2Ad	2Ad	10Ad	3Ad			
Rhantus sp				1Ad			
larves (sp)	17Lv	43Lv	235Lv	210Lv			
ss-F/ Dytiscinae	**0**	**0**	**24**	**12**	**0**	**0**	
Cybister lateromarginalis			1Ad				
Dytiscus sp			14Lv	4Lv			
Graphoderus austriacus			5Ad	3Ad			
Graphoderus cinereus			2Ad	2Ad			
Graphoderus sp			2Lv	3Lv			
ss-F/ Hydroporinae	**7**	**83**	**124**	**106**	**0**	**1**	
larves (sp)	4Lv	70Lv	119Lv	101Lv			
Hydroglyphus pusillus	2Ad	5Ad	1Ad				
Hydroporus sp						1Lv	
Hygrotus cf parallelogrammus	1Ad	1Lv 7Ad	4Ad	5Ad			
ss-F/ Laccophilinae	**0**	**1**	**7**	**14**	**0**	**0**	
Laccophilus minutus		1Ad	7Ad	14Ad			
Nombre d'espèces	**13**	**11**	**15**	**14**	**1**	**2**	

Tableau 4. Nombre d'individus mâles par espèce de Corixidae (hétéroptères) prélevés avec le filet troubleau et les verveux dans les mares restaurées.

	A5	B5	CdV	MNe	MNo	MP	Fréquence
Espèces	**5**	**3**	**2**	**4**	**1**	**1**	
Cymatia rogenhoferi	3	8		3	15		19 %
Sigara cf lateralis	9	10		3		1	15 %
Sigara sp a	32		5	5			27 %
Sigara sp b	1						1 %
cf Sigara sp	2	22	32	3			38 %
Total ind.	**47**	**40**	**37**	**14**	**15**	**1**	**154**

3.3.3 Biodiversité : analyse des communautés

Les communautés animales des mares recréées (échantillonnées en 2017) sont significativement différentes de celles des mares de référence (échantillonnées en 2014) (PERMANOVA : F = 4,3039 ; p = 0,001).
Les mares se discriminent dans un espace euclidien selon deux axes orthogonaux qui expliquent 38,1 % de la variance contenue dans les données (22,6 % selon l'axe principal [horizontal] et 15,5 % selon le second [vertical]) (Figure 7). La ségrégation de deux « nuages » suivant l'axe horizontal indique une forte différence entre les communautés de référence et celles des mares recréées (comme indiqué par la forte significativité de la PERMANOVA). L'axe vertical en revanche ne discrimine pas les types de communautés mais reflète probablement des conditions environnementales qui les structurent. Parmi les communautés des mares recréées, on notera celles qui sont proches selon les deux axes soit (i) les unes des autres soit (ii) des communautés de mares de référence : (i) celles des mares A5, B5 et CdV ; (ii) celles de la mare MNe et de Trafalgar (RNR de la Tour du Valat), et celles de MP et de l'emprunt des Tirasses en bord de route (RNR TdV). Enfin, la communauté de MNo est relativement isolée.

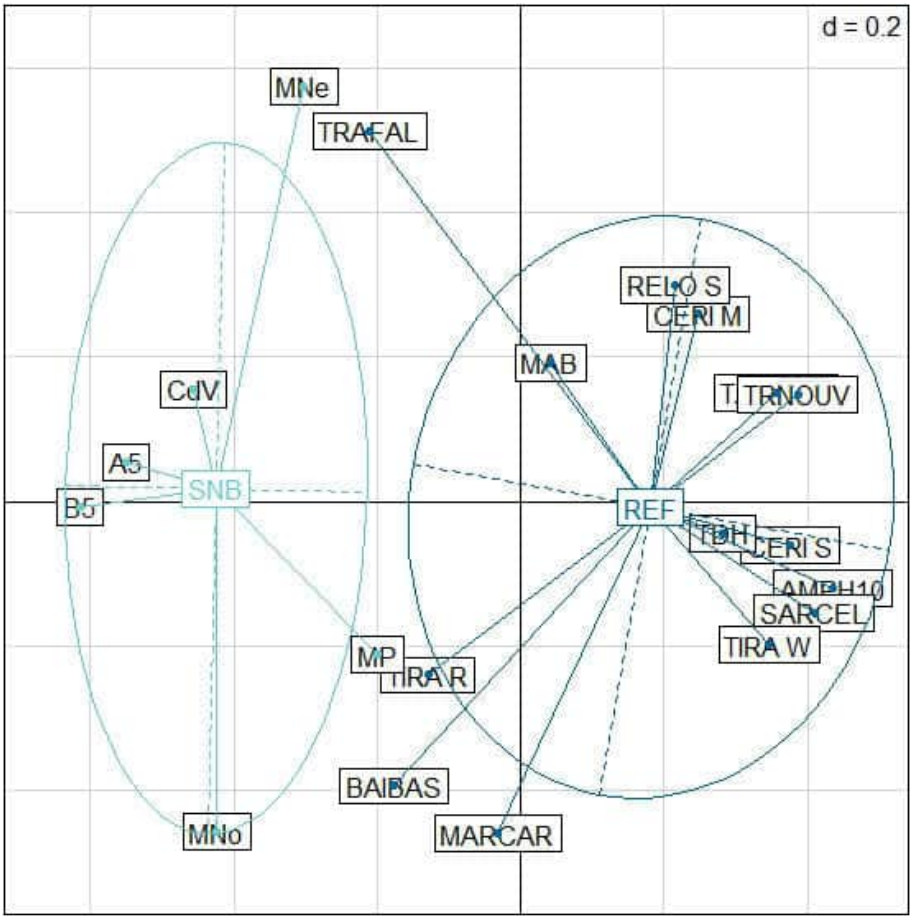


Figure 7. Graphique d'analyse multivariée représentant les deux principaux axes qui maximisent la variance observée à travers les communautés animales benthiques des mares recréées (SNB) et des mares de référence (REF) à partir d'une matrice de distance réalisée grâce à l'indice de Bray Curtis.

3.4 – Végétation observée dans les mares

La nature et l'abondance de la végétation sont différentes d'une mare recréée à l'autre (Tableau 5 ; Figure 9). Les mares A5 et B5 sont colonisées par des algues et des characées. Dans les mares MP et MnP, ces algues se développent fortement au cours du printemps, particulièrement en surface, ce qui laisse peu d'eau libre. Le développement des plantes vasculaires est plus manifeste dans les mares MNe et CdV avec, en sus d'algues et de characées, des renoncules, auxquelles s'ajoute le phragmite dans CdV. La mare MNo semble dépourvue de toute végétation.

Tableau 5. Végétation observée dans les mares recréées durant l'échantillonnage du zoobenthos en 2017 : + rare, ++ abondant, +++ très abondant.

	A5	B5	CdV	MNe	MNo	MP	MnP
Algues	++	++	+	+		+++	+++
Characées	++	++	++	++		+	+
Renoncules			++	+++			
Phragmite			+				

4 – Discussion

4.1 – Écologie des mares recréées

4.1.1 Fonctionnement hydraulique (d'après Lambret, 2017)

Le fonctionnement hydrologique diffère selon les mares recréées. Celui des mares MP et MnP s'approche des objectifs du projet SNB (fonctionnement semblable à celui des mares de référence) cependant que celui des mares A5, B5, CdV et MNe est caractérisé par des assecs dont la durée est plus courte que celle fixée par lesdits objectifs. Quant à celui des mares MNo et TEI, l'assec est quasi inexistant pour la première, alors que la deuxième ne connait que de brèves et intermittentes mises en eau au cours de l'année (Figure 8). En ce qui concerne la salinité des mares recréées, les faibles différences entre les conductivités mesurées et les objectifs fixés ne semblaient par problématiques.



Figure 8. Lorsque la mare du TEI est mise en eau, les faibles niveaux n'offrent que peu de possibilités aux organismes aquatiques de la colonisé de manière durable (en haut : septembre 20155 ; en bas : avril 2016).

4.1.2 Végétation aquatique

Boutron *et al*. (2016) ont montré que le développement des plantes aquatiques, particulièrement des hélophytes, était encore limité dans les mares recréées. En 2017, ce constat était toujours de mise mais avec des différences entre les mares plus prononcées (Tableau 5 ; Figure 9). La biodiversité des plantes est un des facteurs majeurs qui structure les communautés d'arthropodes (e.g. Batzer & Wissinger, 1996 ; Schaffers *et al*., 2008). Les différences de végétation observées entre les mares recréées expliquent certainement une grande part des différences observées entre leurs communautés zoobenthiques.



Figure 9. État au printemps 2017 des différentes végétations dans les mares temporaires méditerranéennes recréées dans le cadre du programme SNB : (a) MNo, (b) B5 (semblable à A5), MP (semblable à MnP) en mars (c) puis en avril (d), (e) MNe et (f) CdV.

Le degré de développement de la végétation influence la turbidité de l'eau, une végétation abondante « stabilisant » le milieu. L'eau est alors plus transparente et la lumière y pénètre mieux.

4.2 – Nature des taxons prélevés

4.2.1 Ensemble des mares recréées

Environ 94 % des macro-invertébrés composant les communautés benthiques des mares recréées sont des hétéroptères, des diptères ou des coléoptères (Tableau 4b). Ce ratio n'est que de 53 % pour les communautés des mares de référence. Pour ces dernières, il atteint 78 % lorsque l'on ajoute les odonates. Tous ces insectes sont de bons voiliers et ont un fort pouvoir de colonisation. Lambret (2017) a montré en utilisant l'échantillonnage des exuvies et non des larves au troubleau et aux verveux que les Coenagrionidae et les Libellulidae avaient colonisé avec succès A5, B5, CdV, MNe et MP. Or les méthodes des filets troubleau et verveux sont des méthodes efficaces pour l'échantillonnage des larves d'odonates, comme le montrent les résultats rappelés ici (Tableau 4b) de l'étude de 2014. On peut donc noter la sous représentation des odonates dans les échantillons des mares recréées. Ces éléments suggèrent que les larves d'odonates sont présentes mais à des densités inférieures au seuil de détectabilité des techniques d'échantillonnage utilisées. En d'autres termes, leurs effectifs dans les mares recréées sont très faibles et confirme que leur colonisation de celles-ci n'est qu'amorcée (Lambret, 2017).

4.2.2 Différences entre les mares recréées

Les mares MNe et CdV, dont le fonctionnement hydraulique est comparable à celui de références et où la végétation aquatique est la plus développée (Figure 9), sont les mares les plus riches (Tableau 4c). Cependant, leurs communautés présentent des différences entre-elles, celle de CdV étant plus proche de celles d'A5 et B5 que de celle de MNe (Figure 8). Les mares A5, B5 et CdV sont situées aux Marais du Vigueirat (Plan du Bourg) tandis que MNe se situe au nord de l'étang du Vaccarès (ile de Camargue). Cette autocorrélation spatiale (Figure 1) se traduit par le fait que des mares proches ont plus de chances d'être colonisées par des espèces similaires que des mares distantes, d'où la similarité ou non de leurs communautés. En effet, la nature et la distance des milieux voisins depuis lesquels les organismes colonisateurs proviennent varient d'une mare à l'autre. Cependant, cette proximité géographique ne peut expliquer à elle seule la structuration des communautés zoobenthiques. Les communautés des mares MNo et MNe sont diamétralement opposées (Figure 8) cependant qu'elles ne sont distantes que de 450 m environ et qu'elles ont été creusées au même moment.
La communauté de la mare MP semble singulière, comme celle de MNo. MP se caractérise par un fort développement algal. Ces algues limitent la manœuvrabilité du filet troubleau mais pas la pose des verveux. Elles limitent également la quantité d'eau libre et par conséquent l'espace disponible pour les organismes benthiques. Ceci explique vraisemblablement les plus faibles richesse taxonomique et abondance (biomasse animale). Quant à MNo, sa communauté est largement dominée par les Gammadidae (crustacés) et les Chironomidae (diptères) (Tableau 4). Cette communauté est certainement influencée par la longue hydropériode de la mare et par l'absence apparente de végétation (caractéristiques qui paraissent contradictoires), les facteurs physiques et biotiques jouant un rôle majeur sur le façonnage des communautés animales aquatiques (e.g. Wellborn *et al*., 1996).
D'autres facteurs peuvent expliquer les différences observées entre ces nouvelles mares. Tout d'abord celles-ci ont été recréées sur des terres marquées par une

anthropisation passée. L'usage qui en a été fait précédemment a contribué à définir les banques de graines qui étaient contenues dans leurs sols. Par ailleurs, certains organismes ayant des capacités de dispersions moindres que les insectes volant (e.g. crustacés, hydracariens) ont certainement des vitesses de colonisation plus lentes et seront peut-être représentés dans les mares recréées de manière plus homogène.

4.2.3 Effets du zooplancton en tant que ressource trophique

Les Corixidae (hétéroptère) et les Dytiscidae (coléoptères), qui composent la plus grande partie de la macro-faune benthique prélevée dans les mares recréées, sont des prédateurs (les Corixidae peuvent aussi se nourrir de végétaux). Or les communautés zooplanctoniques, ressource trophique de ces prédateurs, diffèrent de façon importantes entre les mares (Tableau 1 ; Figure 6). Le fait qu'aucun micro-crustacé n'a été échantillonné dans MP et MNo est à mettre en lien d'une part avec la richesse taxonomique et l'abondance plus faibles dans la mare MP, et, d'autre part, la nature détritivore de la communauté de MNo (Gammaridae et larves de Chironomidae). En revanche, il est plus difficile d'établir un lien entre les communautés zooplanctoniques d'A5 et de B5, qui sont différentes, et la proximité de leurs communautés de macro-invertébrés.

4.3 – Évolutions attendues

La différence significative entre les communautés des mares recréées et des mares de référence pourrait en partie s'expliquer par le fait que ces mares n'ont pas été échantillonnées la même année (2017 *vs* 2014). Toutefois, les mares n'ont été recréées qu'il y a 1,5 à 3,5 ans et il est très peu probable que leurs communautés aient atteint un équilibre. Celles-ci vont donc encore évoluer, notamment avec le développement de la végétation, qui devrait être plus rapide dans les mares CdV et MNe, puis A5, B5 et enfin MnP, MP et MNo le temps que le milieu se stabilise.

Cette végétation pourra être utilisée par les odonates à ponte endophyte, c'est-à-dire qui déposent leurs œufs dans des plantes vasculaires immergés ou émergées, et peuvent ainsi coloniser les mares recréées puis s'y maintenir. Les odonates rencontrés dans les mares de référence sont d'ailleurs pour beaucoup des espèces à ponte endophyte (Lestidae, Coenagrionidae et Aeshnidae). Or les odonates sont des prédateurs opportunistes (à large spectre trophique) qui exercent une grande pression sur les taxons leur servant de proie. Ainsi, ils contribuent fortement à structurer les communautés d'invertébrés benthiques (e.g. Larson & House, 1990).

Le programme SNB « *restauration de mares temporaires méditerranéennes* » avait parmi ses principaux objectifs de recréer des habitats favorables à la reproduction de *L. macrostigma*. À ce titre, le projet avait reçu le soutien de la DREAL Nord-Pas-de-Calais, coordinatrice du Plan national d'actions en faveur des Odonates. Quelques années après le creusement des mares, le zooplancton (ressource trophique) et des communautés macrozoobenthiques se sont installées dans la plupart des mares recréées. Cependant, les odonates à ponte endophyte (dont *L. macrostigma*) ne sont que peu installés, faute de végétation hôte de ponte et non des capacités de dispersion des adultes. La colonisation des habitats recréés par les organismes cibles semble être un processus aléatoire (certaines mares n'ayant pas de plantes

vasculaires 3 ans après leur creusement) et plus lent que les pas de temps des politiques publiques de conservation de la nature. Une restauration active de la végétation aurait sans doute permis d'atteindre certains objectifs du projet plus rapidement.

5 – Conclusions et perspective

1. Les communautés zooplanctoniques (crustacés ostracodes, cladocères et copépodes) des mares recréées diffèrent fortement non seulement d'une mare à l'autre mais aussi de celles des mares de référence. Les communautés zooplanctoniques de la mare est du Mas Neuf (MNe) et de la mare A5 (MdV) s'approchent le plus de celles des mares de référence. Les crustacés planctoniques n'ont pas été détectés dans la mare ouest du Mas Neuf (MNo) ni dans la mare pâturée (MP) des Marais du Vigueirat. Les différences entre les mares recréées peuvent s'expliquer par, au-delà de facteurs physiques, les différences de végétation (banques de graines), la distance géographique les unes des autres, la nature et la distance d'autres milieux aquatiques d'où peuvent provenir les organismes colonisateurs.
2. Les communautés macrozoobenthiques consistent essentiellement en des insectes dont les adultes sont de bons voiliers : Chironomidae (larves détritivores), Hydrophilidae (herbivores), Corixidae (omnivores) et Dytiscidae (carnivores). Les odonates Lestidae (carnivores) sont peu abondants (par rapport aux objectifs du projet) en raison de la faible disponibilité de leurs plantes hôtes de ponte.
3. La communauté macrozoobenthique de la mare MP est peu diversifiée (richesse taxonomique et biomasse), vraisemblablement en raison du développement important des algues durant le printemps qui limite l'accès à l'eau libre et l'espace libre le long de la colonne d'eau. La communauté macrozoobenthique de la mare MNo est peu diversifiée et consiste en des espèces détritivores – Gammaridae (crustacés) et larves de Chironomidae (insectes diptères) – très vraisemblablement en raison de l'absence de végétation vasculaire. Les communautés macrozoobenthique des mares A5, B5 et Clos des Vaches sont relativement similaires, principalement composées de Corixidae, Chironomidae et Dytiscidae. La communauté de la mare est du Mas Neuf (MNe) se compose également de ces principaux taxons mais se distingue de celles des autres mares recréées, vraisemblablement en raison de son éloignement géographique par rapport à A5, B5 et CdV. Les richesses taxonomique et abondance de ces communautés sont à mettre en lien avec la présence de plantes vasculaires, particulièrement pour les mares CdV et MNe où la végétation aquatique est la plus développée.
4. La végétation devrait poursuivre son développement dans les années à venir et permettre l'évolution de la structure des communautés zoobenthiques, notamment à travers une plus grande colonisation par les libellules (insectes odonates). Afin d'écourter la phase de mise en place des communautés zoobenthiques, voire de permettre la mise en place des communautés visées, une restauration active de la végétation devrait être envisagée dans les futures opérations de restauration d'habitat.

6 – Bibliographie

Batzer D.P. & Wissinger S.A., 1996. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual Review of Entomology* 41 : 75-100.

Beja P. & Alcazar R., 2003. Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification: an evaluation using amphibians. *Biological Conservation*, 114: 317-326 <doi:10.1016/S0006-3207(03)00051-X>.

Bence S. & Tranchant Y., 2015. *Le Leste à grands ptérostigmas*. *In* : Tranchan Y. & Delauge J. (coord). *Schéma régional de cohérence écologique, cahier 6 – Fiches synthétiques relatives aux traits de vie des espèces animales de cohérence nationale TVB retenues en Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Conservatoire d'espaces naturels PACA, Aqua-Logiq et Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement PACA, Aix-en-Provence : 159-160.

Boutron O., Chauvelon P., Lambret P., Yavercovski N., Willm L. & Mesléard F., 2016. *Restauration de mares temporaires méditerranéennes – Suivi de la végétation, hydrologie, colonisation des milieux restaurés par les odonates*. Rapport non publié, Tour du Valat, Le Sambuc, Arles, 63 pp.

Conseil de l'Europe, 1992. *Directive Habitat. Directive n° 92/43/CEE du Conseil de l'Europe du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages*. Conseil de l'Europe, Strasbourg, JO L 206 du 22-VII-1992: 7.

Dethier M., 1986. *Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises, 6-7 : Héteroptères aquatiques et ripicoles*. Association française de limnologie, Thonon-les-Bains, 53 pp.

Doucet G., 2010. *Clé de détermination des exuvies des Odonates de France*. Société française d'Odonatologie, Bois-d'Arcy, France, 64pp.

Dray S., Dufour A.-B. & Thioulouse J., 2017. Analysis of ecological data: exploratory and euclidean methods in environmental sciences. Package R version 1.7-8 <https://cran.r-project.org/web/packages/ade4/index.html>

Dupont, P. (coord.), 2010. *Plan national d'actions en faveur des Odonates*. Office pour les insectes et leur environnement / Société Française d'Odonatologie – Ministère de Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, 170 pp.

Friday L. E., 1988. A key to the adults of British water beetles. *Field studies* 7 (1) : 1-151.

Gower J. C., 1966. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika* 53 : 325-338.

Grillas P., Gauthier P, Yavercovski N. & Perennou C., 2004a. *Les mares temporaires méditerranéennes – Vol. 1 : Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion*. Station biologique de la Tour du Valat, Arles, France, 121 pp <http://tourduvalat .org/sites/default/files/guide_gestion_vol1_0_0.pdf>.

Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N. & Perennou C., 2004b. *Les mares temporaires méditerranéennes – Vol. 2 : Fiches espèces*. Station biologique de la Tour du

Valat, Arles, France, 130 pp <http://www.tourduvalat.org/sites/default/files/guide_gestion_vol2.pdf>.

Grillas P. & Roché J., 1997. *Végétation des marais temporaires : écologie et gestion*. *In* : Crivelli A. J. & Jalbert J. (eds) *Conservation des zones humides méditerranéennes*, 8. Station biologique de la Tour du Valat, Arles, France, 86 pp <http://medwet.org/publications/vegetation-of-temporary-marshes-ecology-and-management/>.

Guignot F., 1947. *Coléoptères hydrocanthares*. Éd. Lechevalier (coll. Faune de France, n°48), Paris, 286 pp.

Lambret P. (coord.), 2011. *Plan Régional d'Actions en faveur des Odonates de Provence-Alpes-Côte d'Azur (2011-2015) – Version technique au 28 nov. 2011*. Amis des Marais du Vigueirat, Arles, 86 pp.

Lambret P., 2017. *État en 2016 de la colonisation par les odonates des mares du programme SNB « restauration de mares temporaires méditerranéennes »*. Institut de recherche de la Tour du Valat, Le Sambuc, Arles, 24 pages.

Lambret P., Cohez D. & Janczak A., 2009. *Lestes macrostigma* (Eversmann, 1836) en Camargue et en Crau (Département des Bouches-du-Rhône) (Odonata, Zygoptera, Lestidae). *Martinia* 25(2): 51-65. + Erratum, *Martinia* 25(3) : 115.

Larson D.J. & House N.L., 1990. Insect communities of Newfoundland bog pools with emphasis on the Odonata. *The Canadian Entomologist* 122(3) : 469-501.

Legendre P. & Anderson M.J., 1999. Distance-based redundancy analysis: Testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69 :1-24.

Noars F., 2017. *Perla – Détermination des invertébrés d'eau douce (version 3)*. DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, Clermont-Ferrand <http://www.perla.developpement-durable.gouv.fr/index.php/arbre/>.

Oksanen J., Blanchet F.G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlinn D., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G. L., Solymos P., Stevens M.H.H., Szoecs E. & Wagner H., 2017. Community ecology package. Package R version 2.4-5 <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>.

Poisson R., 1957. *Héteroptères aquatiques*. Éd. Lechevalier (coll. Faune de France, n°61), Paris, 261 pp.

R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing <http://www.R-project.org/>.

Rhazi L., Grillas P., Mounirou Touré A. & Tan Ham L., 2001. Impact of land use in catchment and human activities on water, sediment and vegetation of Mediterranean temporay polls. C.R. Académie des sciences Paries Série III *Science & Vie*, 324: 165-177.

Richoux P., 1982. *Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises, 2 : Coléoptères aquatiques*. Association française de limnologie, Thonon-les-Bains, 44 pp.

Savage A.A.,1990. A key to the adults of British lesser water boatmen (Corixidae). *Field Studies* 7 : 485-515.

Schaffers A.P., Raemakers I.P., Sýkora K.V. & ter Braak C.J.F., 2008. Arthropod assemblages are best predicted by plant species composition. *Ecology* 89 : 782–794.

Serrano La. & Serrano Lu. 1996 Influence of groundwater exploitation for urban water supply on temporary ponds from the Doñana National park. *Journal of Environmental Management*, 46 : 229-238

Tachet H., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. (2000) *Invertébrés d'eau douce – systématique, biologie, écologie.* CNRS Éd., Paris, 588 pp.

Tamisier A., 1991. *The camargue: a model of environnemental decline – Managing Mediterranean wetlands and their birds*. *In* : Finlayson M., Hollis T. & Davis T. (eds.). Proceedings of IWRB international symposium, Grado, Italy. Slimbridge, IWRB special publication, 20 : 106-108.

Vilain A., 2014. Effet des facteurs biotiques et abiotiques sur la présence ou l'absence des larves de Lestes macrostigma. Rapport de stage, Université de Pau et des Pays de l'Adour – Tour du Valat, Le Sambuc, Arles, 19 pp + Ann.

Waterkeyn A., Vanschoenwinkel B., Grillas P. & Brendonck L., 2010. Effect of salinity on seasonal community patterns of Mediterranean temporary wetland crustaceans: A mesocosm study. *Limnology and Oceanography*, 55 : 1712-1722 <doi:10.4319/lo.2010.55.4.1712>.

Wellborn G.A., Skelly D.K. & Werner E.E. (1996) Structure across a freshwater habitat gradient. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27 : 337-363.

Williams D.D., 1998. The role of dormancy in the evolution and structure of temporary water invertebrate communities. *Archive für Hydrobiologie – Advances in Limnology*, 52 : 109-124.

Zacharias I. & Zamparas M., 2010. Mediterranean temporary ponds. A disappearing ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 19: 3827-3834.

Zedler P.H., Frazier C.R. & Black C., 1993. *Habitat creation as a strategy in ecosystem preservation: an example from vernal pools in San Diego County. In Interface between ecology and land development in California*. J.E.Keeley (ed). Southern California Academy of Sciences, Los Angeles, USA, 239-247.



Tour du Valat

Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes

FONDATION RECONNUE D'UTILITE PUBLIQUE

Tour du Valat - Le Sambuc 13200 Arles – France I Tel : +33 (0)4 90 97 20 13 I www.tourduvalat.org