État en 2016 de la colonisation des mares du programme SNB « restauration de mares temporaires méditerranéennes » par les odonates



Rédaction : Philippe Lambret

Inventeurs des données : Jean-Christophe Bartolucci, Philippe Lambret & Alexandre Vilain

Citation recommandée : 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.

Photos de couverture : émergence de *Sympetrum fonscolombii* dans la mare du Clos des vaches (Marais du Vigueirat) en 2016 (© P. Lambret / TdV).

Remerciements : Nous remercions Jean-Christophe Bartolucci des Amis des Marais du Vigueirat ainsi que Laëtitia Poulet du Parc Naturel Régional de Camargue pour la transmission des données hydrologiques et odonatologiques de leurs sites respectifs. Nous remercions également Stéphane Bence du CEN-PACA ainsi que Yoann Blanchon de la délégation PACA de la Société française d'Odonatologie pour la consultation des bases de données Silene et SfO (observations de Christiane Jakob et de Sylvain Ceyte ayant servi à la discussion).

Sommaire

1 – Introduction 1

2 – Matériel et méthode 2

2.1 – Creusement des mares et planification des inventaires 2
2.2 – Suivis hydrologiques des mares restaurées 2
2.3 – Relevés odonatologiques 4
2.3.1 Larves 4
2.3.2 Adultes 4
2.3.3 Exuvies 5
2.4 – Effet du pastoralisme sur les plantes hôtes de la ponte de *Lestes macrostigma* et sur ses populations 5

3 – Résultats 6

3.1 – Caractéristiques hydrologiques des mares restaurées 6
3.1.1 Niveaux d'eau 6
3.1.2 Conductivités 10
3.1.3 Pluviométrie 14
3.1.4 Conformité avec les objectifs établis 14
3.2 – Odonatofaune 15

4 – Discussion 18

4.1 – Écologie des mares restaurées 18
4.2 – Patrimonialité du cortège odonatologique autochtone 19
4.3 – Dynamique de colonisation par les odonates 19
4.4 – Adéquation avec le cortège odonatologique visé 20
4.5 – Limitation de la colonisation par les odonates 20

5 – Conclusions et perspective 21

6 – Bibliographie 22

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). Les mares temporaires du Sud de la France présentent une grande richesse spécifique (Grillas *et al.*, 2004a, 2004b). La valeur patrimoniale des mares temporaires 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). 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).

Le Leste à grands stigmas, *Lestes macrostigma* (Odonata : Zygoptera), est une espèce caractéristique des milieux temporaires saumâtres (Lambret *et al.*, 2009). Bien que les femelles puissent déposer leurs œufs dans plusieurs espèces de plantes, elles ont une préférence pour le Scirpe maritime *Boloboschoenus maritimus* (Lambret *et al*., 2015a, 2015b ; Matushkina *et al*., 2016). Le risque d'extinction de *L. macrostigma* est intimement lié au degré de menace qui pèse sur son habitat ; il est considéré par les listes rouges UICN comme « Quasi menacé » dans le bassin Méditerranéen, « Vulnérable » en Europe et « En danger » en France et en PACA (Kalkman *et al*., 2010 ; Riservato *et al*., 2009 ; Bence *et al*., 2011, UICN *et al*., 2016). L'espèce est concernée par le Plan National d'Actions en faveur des Odonates (Dupont, 2010) et une des espèces déterminantes de la Trame Verte et Bleue en région PACA (Bence & Tranchant, 2015). Par conséquent, *L. macrostigma* apparait comme une espèce parapluie pour les mares temporaires.

En termes de conservation, la création ou la recréation de mares temporaires et considérée comme une des stratégies à privilégier (Zelder *et al.*, 1993). Dans le cadre de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité, 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). Le fonctionnement hydrologique visé pour ces mares était uniquement en lien avec les précipitations ; leur colonisation par la flore et la faune laissé à la dynamique naturelle.

Afin d'évaluer l'efficacité de ce programme de restauration d'habitat, un suivi des espèces clés colonisant les milieux restaurés, notamment les plantes et les odonates a été mis en place par la Tour du Valat. Une attention particulière a été portée à *L. macrostigma* en tant qu'espèce indicatrice du fonctionnement hydrologique des mares et de leur bon état de conservation. Un des volets de ce suivi consistait à

évaluer l'impact du pastoralisme sur ses plantes hôtes de ponte. Nous présentons ici un état des lieux en 2016.

2 – Matériel et méthode

2.1 – Creusement des mares et planification des inventaires

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

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

De ce fait, nous savions qu'en inventoriant les mares durant une année donnée les odonates n'auraient pas disposé du même temps pour les coloniser. L'effet de ce biais est susceptible de diminuer avec le temps et ne sera certainement plus perceptible à long terme. Cependant, notre suivi a été réalisé juste après les opérations de restauration. Aussi, nous avons choisi de n'inventorier que les adultes en 2015 et d'inventorier les exuvies en 2016.
Seul l'inventaire de ces dernières permet de dresser la liste des espèces ayant réussi leur reproduction dans les mares restaurées, attestant de la colonisation effective par les espèces concernées.

Tableau 1. Agenda des opérations de restauration des mares temporaires et du suivi de leur colonisation par les odonates. Cr = creusement, Lv = inventaire des larves, Ad = inventaire des adultes, Ex = inventaire des exuvies.

Année	2013				2014				2015				2016			
Trimestre	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
MdV																
Mare pâturée				Cr						Ad				Ex, Ad		
Mare non pâturée				Cr						Ad				Ex, Ad		
Mare A5				Cr		Lv				Ad				Ex, Ad		
Mare B5				Cr		Lv				Ad				Ex, Ad		
Clos des vaches							Cr			Ad				Ex, Ad		
Mas Neuf																
Mare ouest								Cr		Ad				Ex, Ad		
Mare est								Cr		Ad				Ex, Ad		
GPMM																
Mare du TEI											Cr			Lv		

2.2 – Suivis hydrologiques des mares restaurées

Les niveaux d'eau et la conductivité – en tant qu'approximation de la salinité (Waterkeyn *et al.*, 2010) – de chaque mare restaurée ont été suivis. Pour ce faire, deux méthodes ont été utilisées : (1) l'enregistrement automatique par des sondes OTT® CTD (Aix-en-Provence, France) et télétransmission ou téléchargement sur ordinateur portable sur le terrain ; (2) la lecture directe des niveaux sur une règle

limnimétrique installée dans la mare et lecture de la conductivité à l'aide d'une sonde (plongée à quelques centimètres sous la surface de l'eau) reliée à un conductimètre portable WTW® Cond 315i (Weilheim-in-Oberbayern, Allemagne). Afin de vérifier leur adéquation avec le fonctionnement hydrologique visé, nous avons utilisé comme référence une mare temporaire où *L. macrostigma* se reproduit avec succès chaque année, mare ayant servi de modèle au programme de restauration : le Trou du Héron (Marais du Vigueirat). Les objectifs de niveaux ont été établis en calculant les écarts types autour des valeurs moyennes de cette mare de 1996 à 2016 inclus ($n_{mesures}$ = 1065 ; Figure 1). Disposant de moins de mesures pour les conductivités de 2000 à 2016 (médiane $n_{mesures\ mensuelles}$ =11 ; $n_{mesures}$ = 109), les objectifs de conductivités ont été établis quant à eux en utilisant les valeurs minimales et maximales (Figure 2). Puis ces valeurs ont été « lissées » afin de définir les gammes de hauteur d'eau et de conductivité visées (voir résultats).
Le volume des précipitations a été suivi grâce à un pluviomètre installé sur le domaine de Ligagneau aux Marais du Vigueirat (43,50101°N / 4.79078°E) à lecture manuelle et relevé quotidiennement lors des épisodes de pluies. Les données ont ensuite été sommées par semaine.

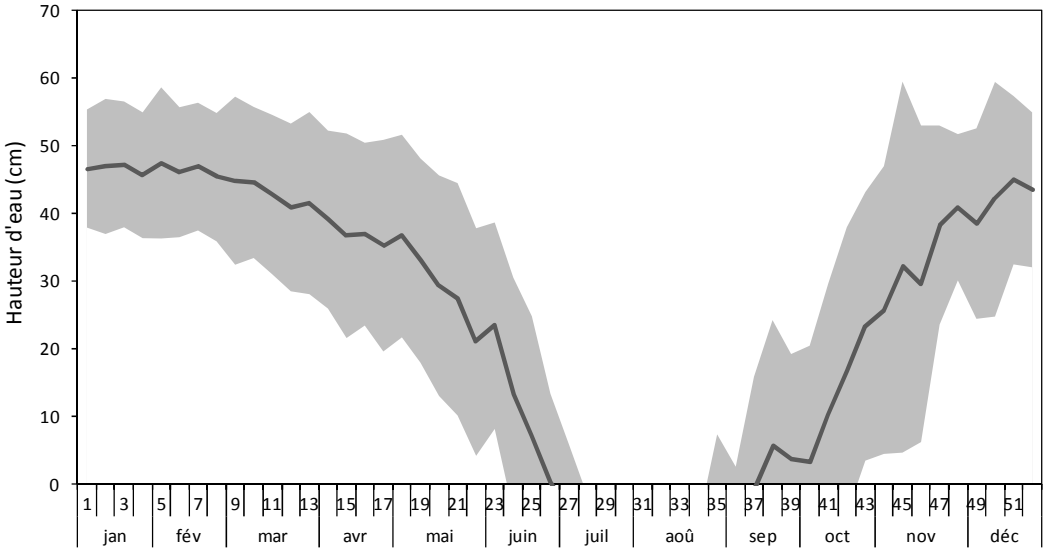


Figure 1. Hauteurs d'eau moyennes (trait plein) de la mare du Trou du héron (Marais du Vigueirat) de 1996 à 2016. La bande grise indique les écart-types (données : Amis des Marais du Vigueirat).

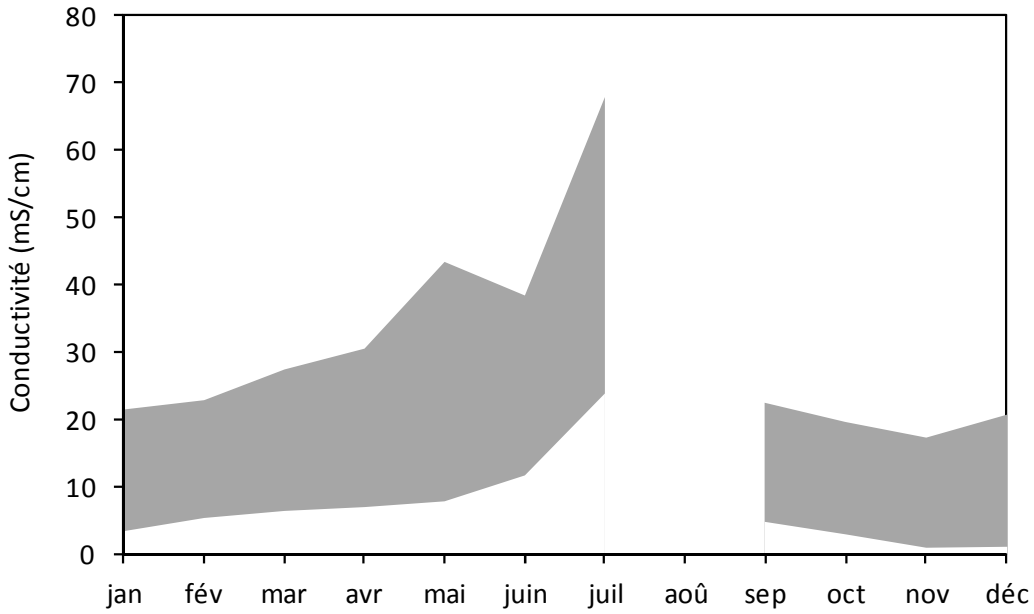


Figure 2. Intervalle entre les conductivités minimales et maximales enregistrées à la mare du Trou du héron (Marais du Vigueirat) de 2000 à 2016 ; la mare est toujours sèche au mois d'août, d'où l'absence de données (données : Amis des Marais du Vigueirat).

2.3 – Relevés odonatologiques

2.3.1 Larves

Les larves ont été recherchées uniquement dans le cadre d'une étude menée en 2014 sur la sélection d'habitat par *Lestes macrostigma* (Vilain, 2014). Seules les mares A5 et B5 (creusées en 2013) faisaient partie des 36 sites concernés pas cette étude. Dans chacune de ces deux mares, dix coups de filet troubleau ont été donnés en décrivant des ∞ dans un plan horizontal durant cinq secondes. Ensuite, deux filets verveux de 0,3 cm de maille, 100 cm de long et 30 cm de diamètre ont été placés sur chaque site pendant 24 h. Les larves capturées et non identifiables directement sur le terrain ont été conservées en alcool à 70° pour identification en laboratoire sous loupe binoculaire (guide d'identification, Doucet, 2010). Des larves ont également été récoltées le 14 avril 2016, lors d'une session d'inventaire des odonates du PGEN (*i.e.* couronne agri-environnementale du GPMM), la mare du TEI était presque complètement asséchée ; nous avons donc récolté quelques larves qui étaient encore présentes.

2.3.2 Adultes

Les adultes ont été identifiés à distance avec une paire de jumelles à mise au point rapprochée ou après capture au filet à insectes en cas de doute. Dans ce dernier cas, une littérature spécifique a été utilisée : les ouvrages de Wendler & Nüß (1997) et de Dijkstra (2007). Une attention particulière a été portée aux comportements de reproduction des espèces afin d'établir leur statut d'autochtonie. Les tandems, accouplements et pontes ont été traduits en indices de reproduction tandis que les observations d'exuvies, d'émergences et d'adultes ténéraux (adultes dont la cuticule est encore souple et se déplacent très peu, stade durant quelques heures après l'émergence) ont été traduits en preuves de reproduction réussie.

2.3.3 Exuvies

Les exuvies ont été récoltées et stockées dans des flacons puis identifiées sous loupe binoculaire grâce à l'ouvrage de Doucet (2010).

2.4 – Effet du pastoralisme sur les plantes hôtes de la ponte de *Lestes macrostigma* et sur ses populations

La double mare des Friches B7 aux Marais du Vigueirat a été nommée ainsi car l'une est en zone non pâturée et l'autre, distante de 20 m, est dans une zone pâturée par des bovins et des équins. Elles possèdent par ailleurs les mêmes caractéristiques. Le développement de la végétation devait être suivi grâce à des quadrats fixes et mis en relation avec la colonisation et l'abondance de *Lestes macrostigma*. Ces suivis devaient mettre en évidence l'effet du pastoralisme sur les plantes utilisées par *L. macrostigma* lors de la ponte, notamment le Scirpe maritime et le Jonc maritime. Toutefois, ce suivi n'a pas été possible en raison de l'absence du développement de ces plantes hôtes (voir § 4.4).

3 – Résultats

3.1 – Caractéristiques hydrologiques des mares restaurées

3.1.1 Niveaux d'eau

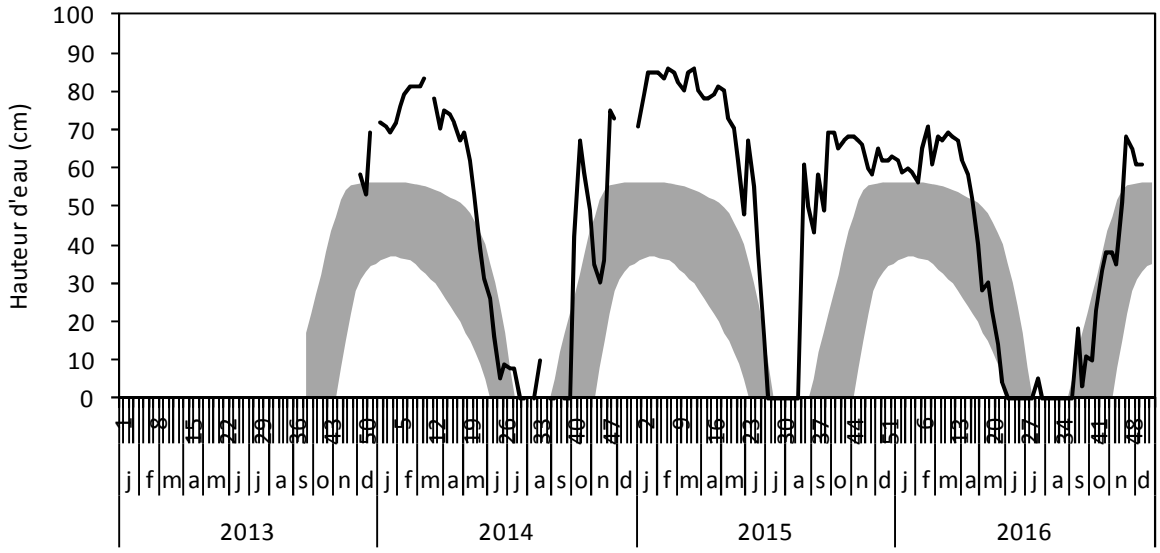


Figure 3. Hauteurs d'eau observées dans la mare jumelle pâturée depuis son creusement en 2013 ; la bande grise indique la gamme visée.

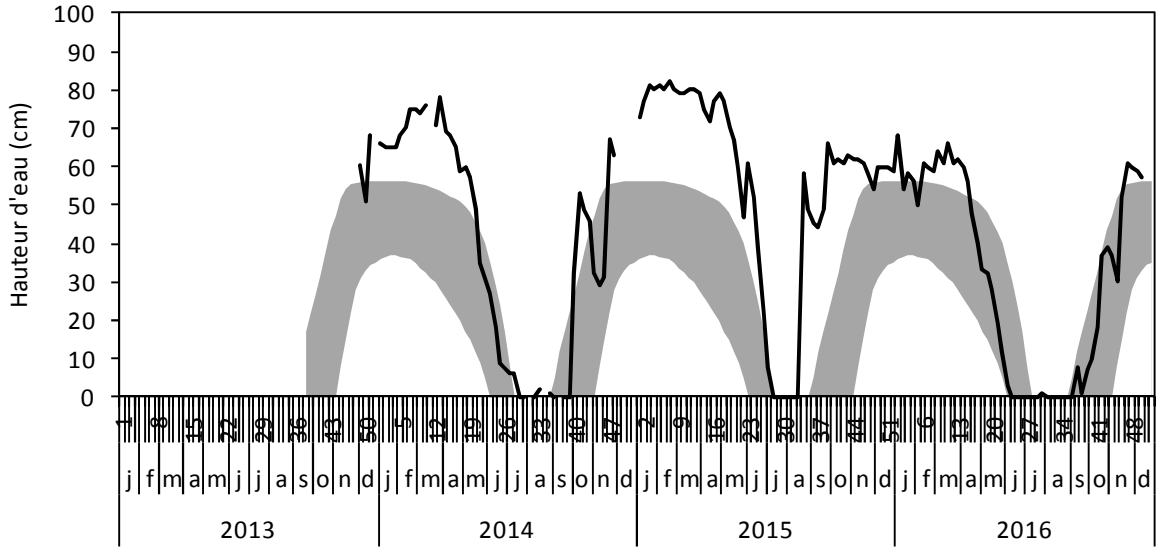


Figure 4. Hauteurs d'eau observées dans la mare jumelle non pâturée depuis son creusement en 2013 ; la bande grise indique la gamme visée.

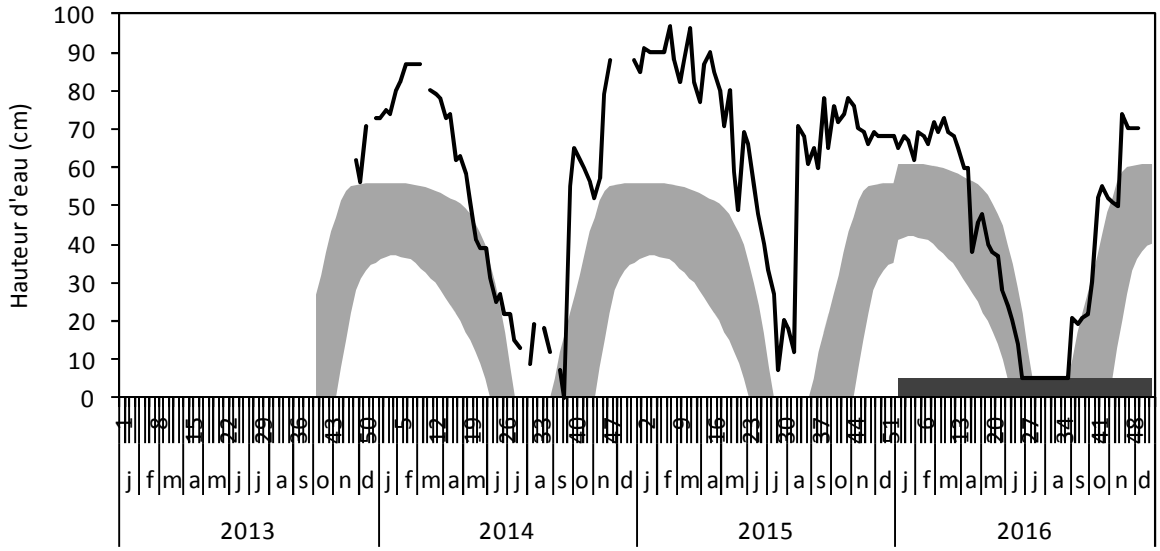


Figure 5. Hauteurs d'eau observées dans la mare A5 depuis son creusement en 2013 ; les bandes gris clair et gris foncé indiquent, respectivement, la gamme visée et le niveau d'assec (qui évolue à mesure de la sédimentation).

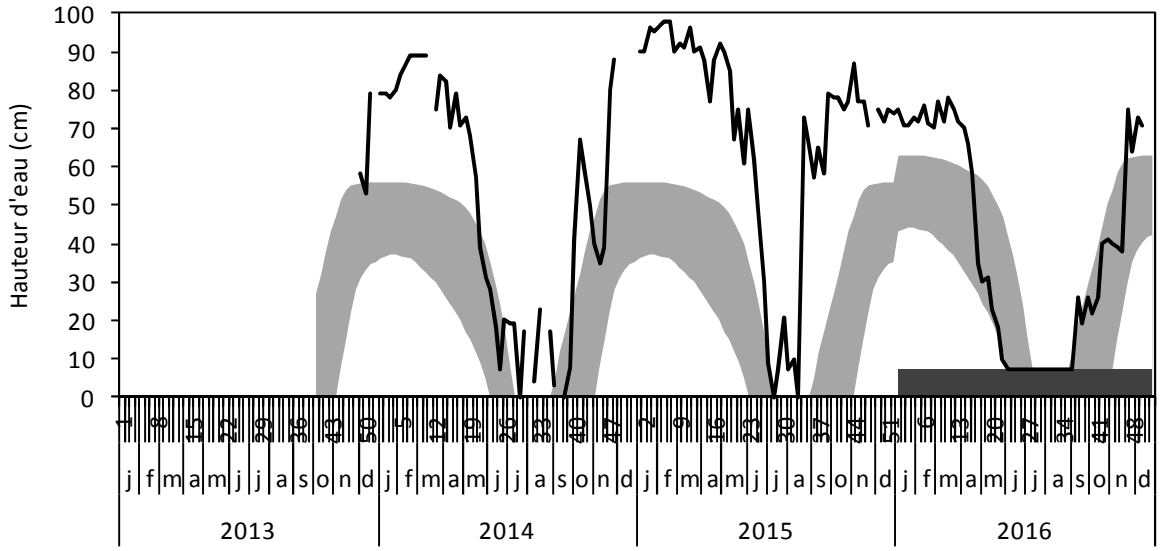


Figure 6. Hauteurs d'eau observées dans la mare B5 depuis son creusement en 2013 ; les bandes gris clair et gris foncé indiquent, respectivement, la gamme visée et le niveau d'assec (qui évolue à mesure de la sédimentation).

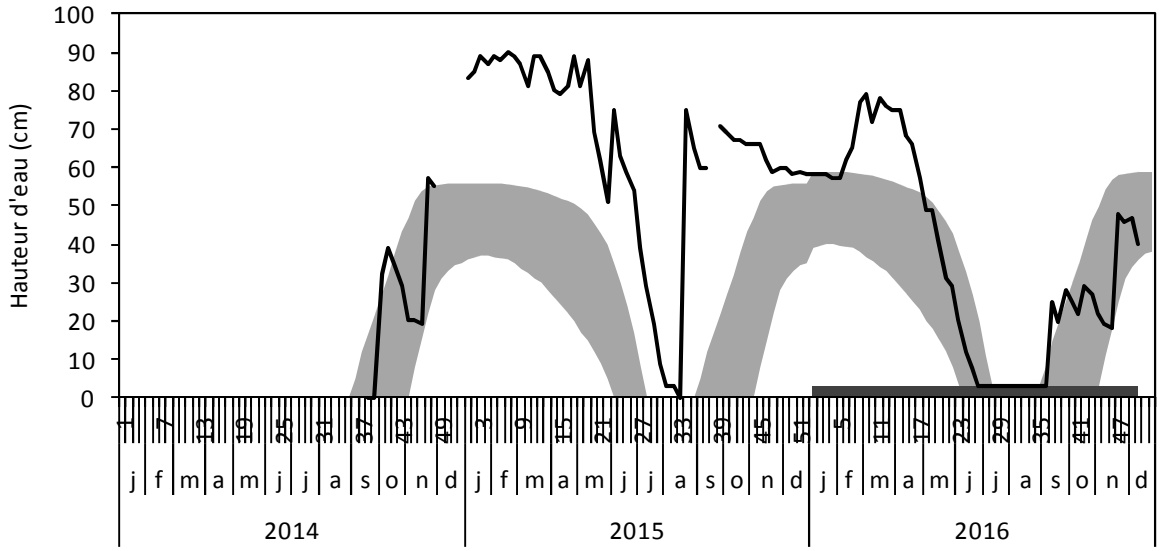


Figure 7. Hauteurs d'eau observées dans la mare du Clos des vaches depuis son creusement en 2014 ; les bandes gris clair et gris foncé indiquent, respectivement, la gamme visée et le niveau d'assec (qui évolue à mesure de la sédimentation).

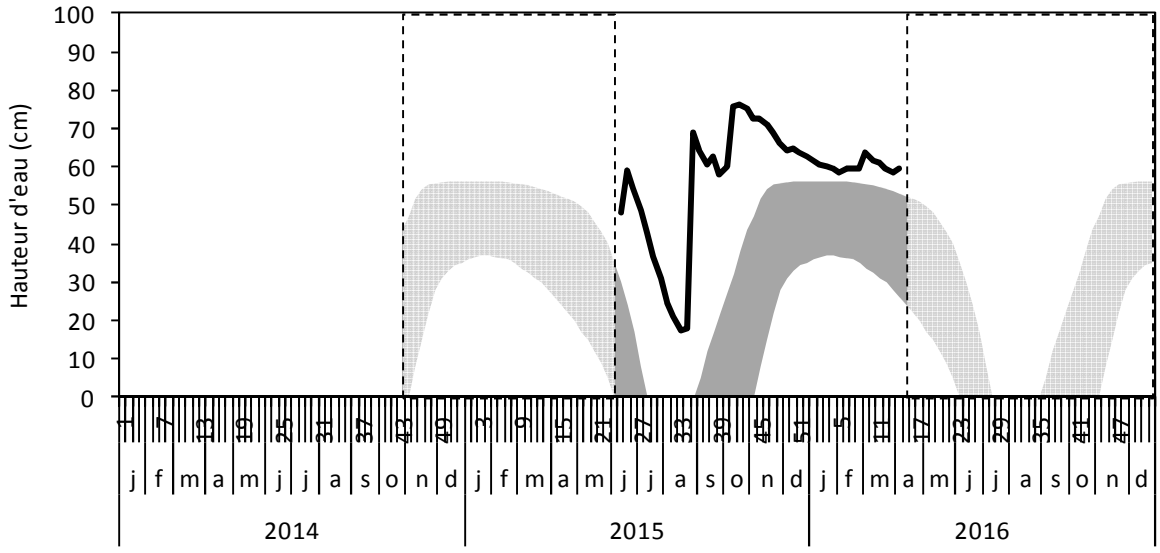


Figure 8. Hauteurs d'eau observées dans la mare ouest du Mas Neuf depuis son creusement en 2014 ; la bande grise indique la gamme visée. Durant les périodes comprises entre les pointillés les données sont perdues ou manquantes en raison d'un problème d'alimentation des sondes.

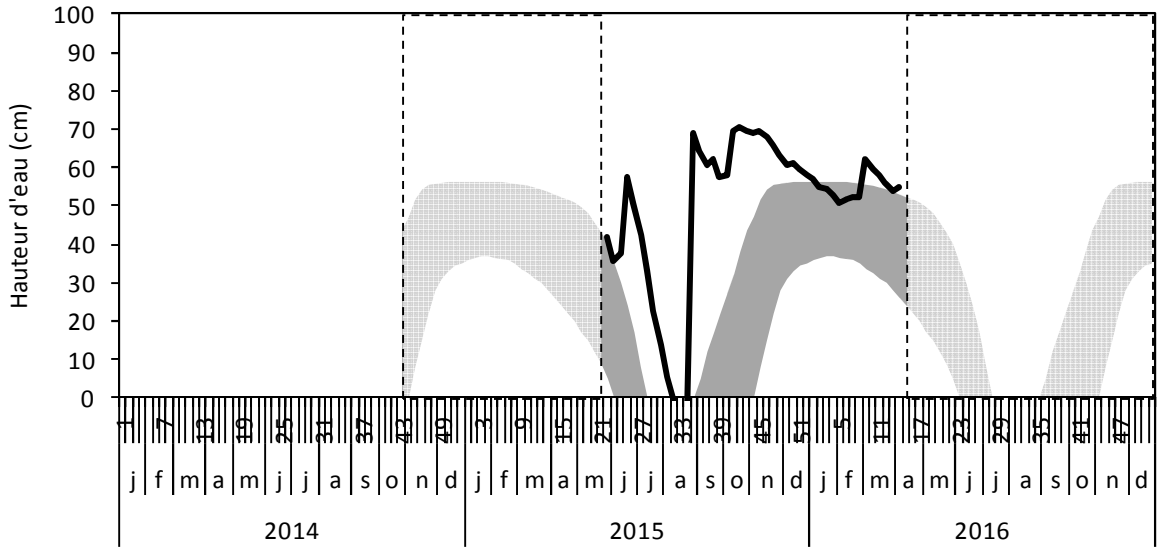


Figure 9. Hauteurs d'eau observées dans la mare est du Mas Neuf depuis son creusement en 2014 ; la bande grise indique la gamme visée. Durant les périodes comprises entre les pointillés les données sont perdues ou manquantes en raison d'un problème d'alimentation des sondes.

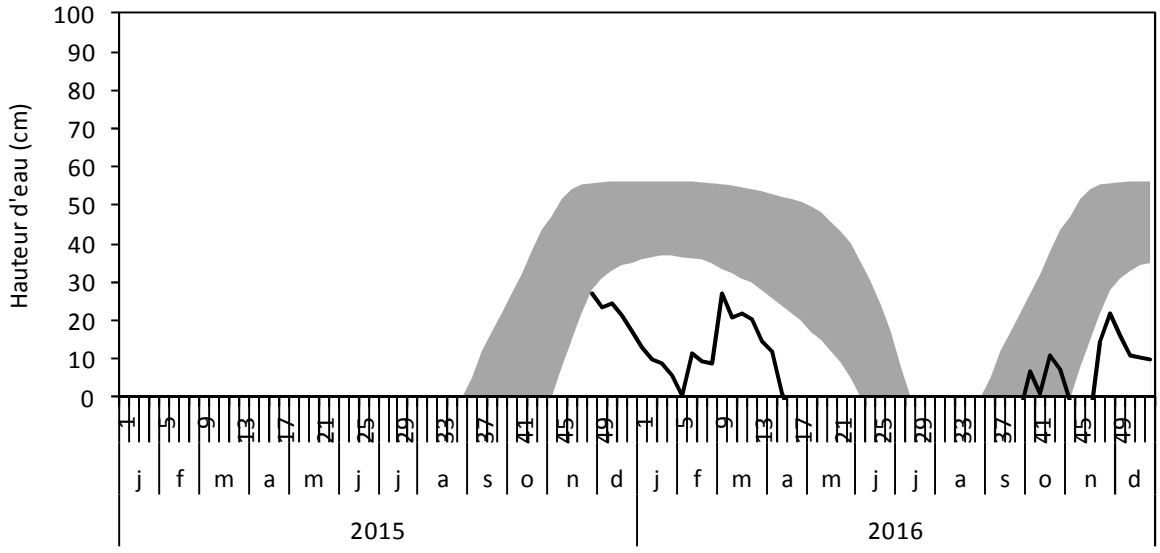


Figure 10. Hauteurs d'eau observées dans la mare du TEI (GPMM) depuis son creusement en 2015 ; la bande grise indique la gamme visée. .

3.1.2 Conductivités

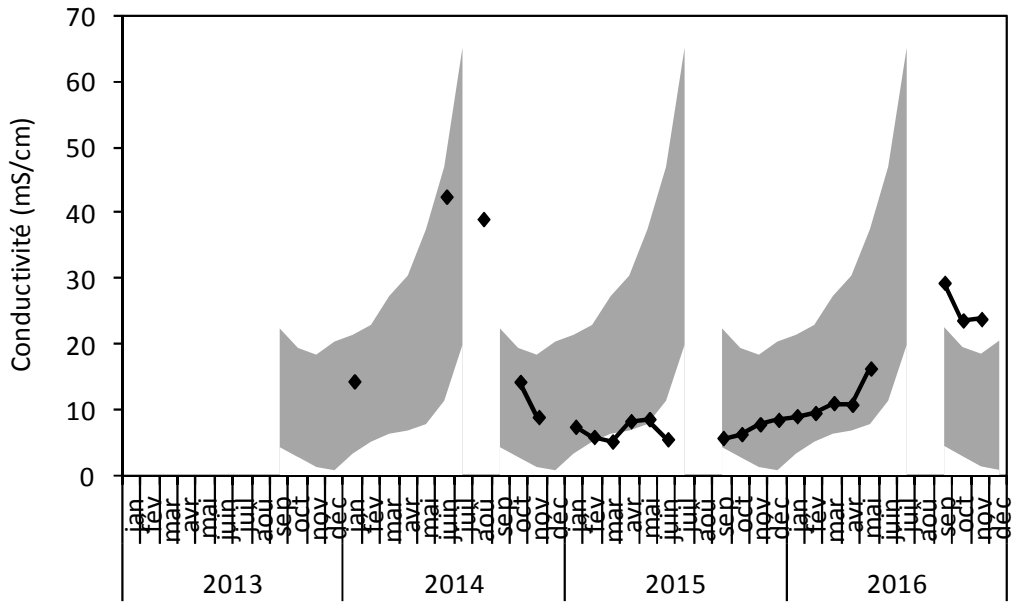


Figure 11. Conductivités mensuelles enregistrées dans la mare jumelle pâturée depuis son creusement en 2013 ; la bande grise indique la gamme visée.

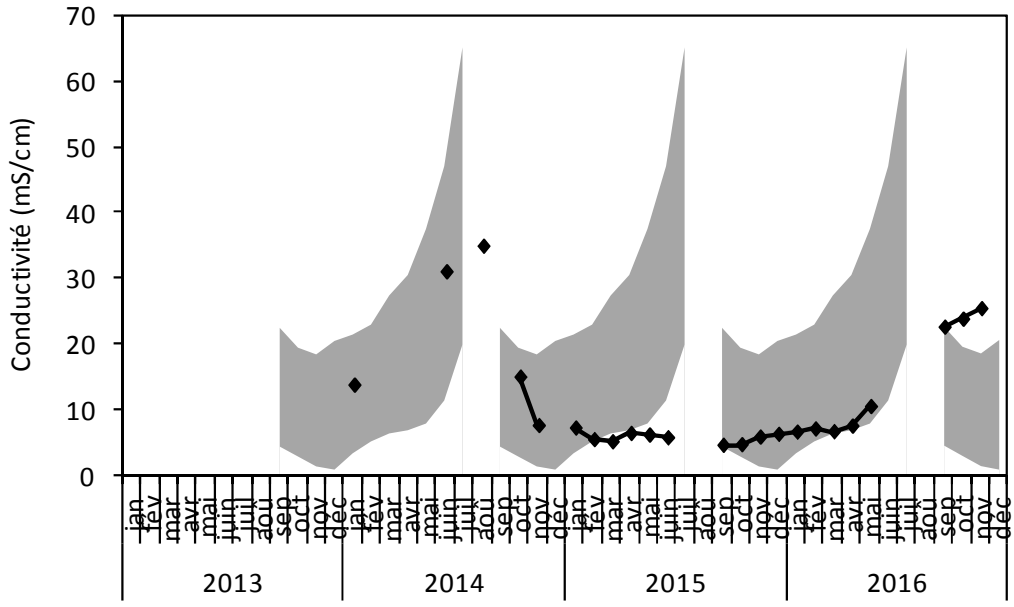


Figure 12. Conductivités mensuelles enregistrées dans la mare jumelle non pâturée depuis son creusement en 2013 ; la bande grise indique la gamme visée.

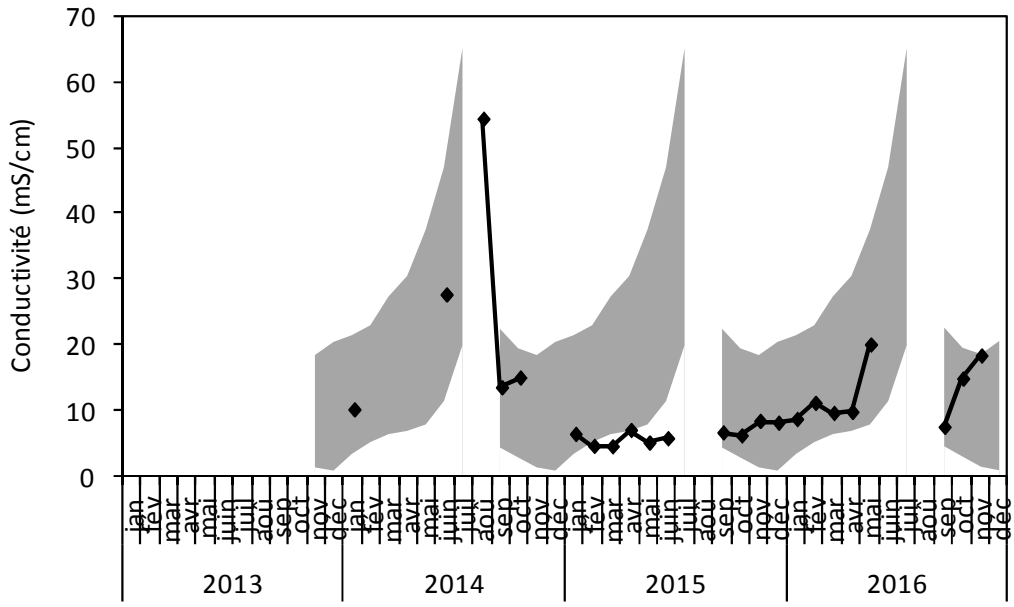


Figure 13. Conductivités mensuelles enregistrées dans la mare A5 depuis son creusement en 2013 ; la bande grise indique la gamme visée.

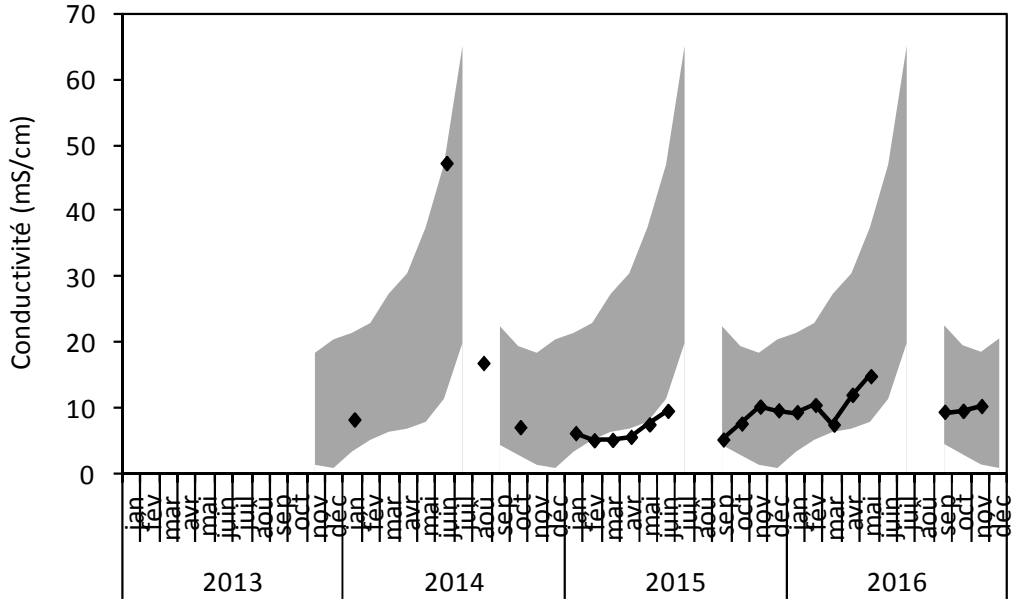


Figure 14. Conductivités mensuelles enregistrées dans la mare B5 depuis son creusement en 2013 ; la bande grise indique la gamme visée.

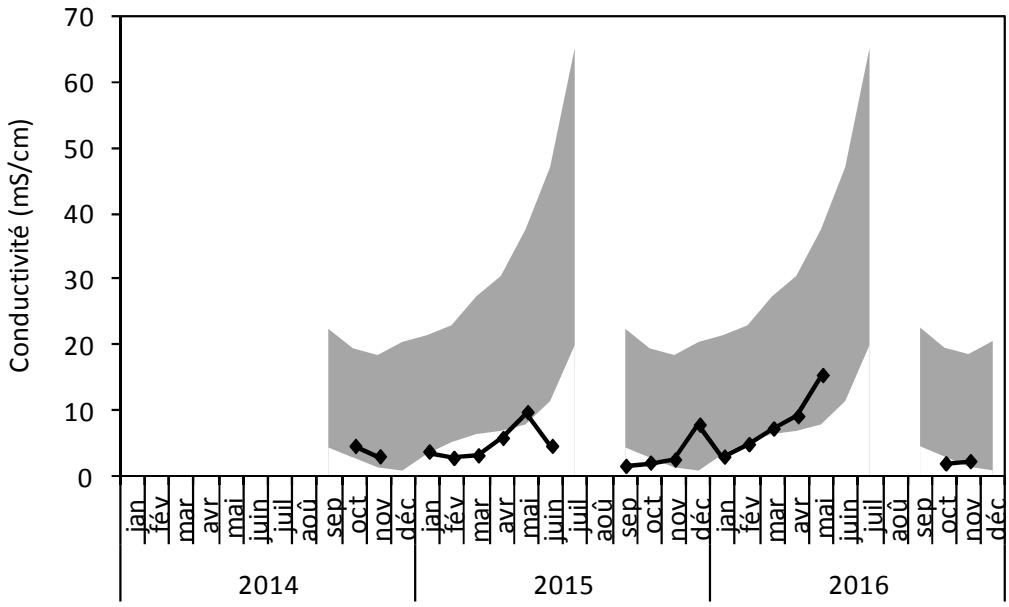


Figure 15. Conductivités mensuelles enregistrées dans la mare du Clos des vaches depuis son creusement en 2014 ; la bande grise indique la gamme visée.

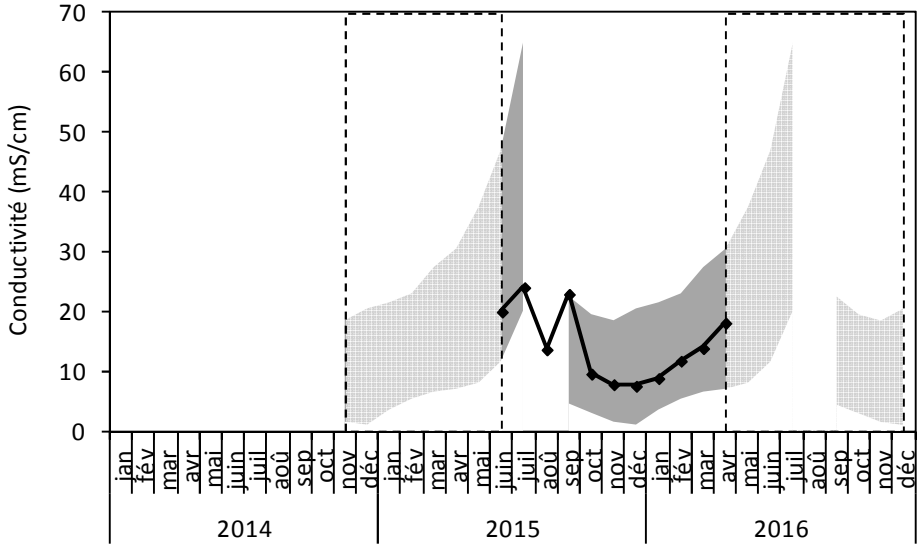


Figure 16. Conductivités mensuelles enregistrées dans la mare ouest du Mas Neuf depuis son creusement en 2014 ; la bande grise indique la gamme visée. Durant les périodes comprises entre les pointillés les données sont perdues ou manquantes en raison d'un problème d'alimentation des sondes.

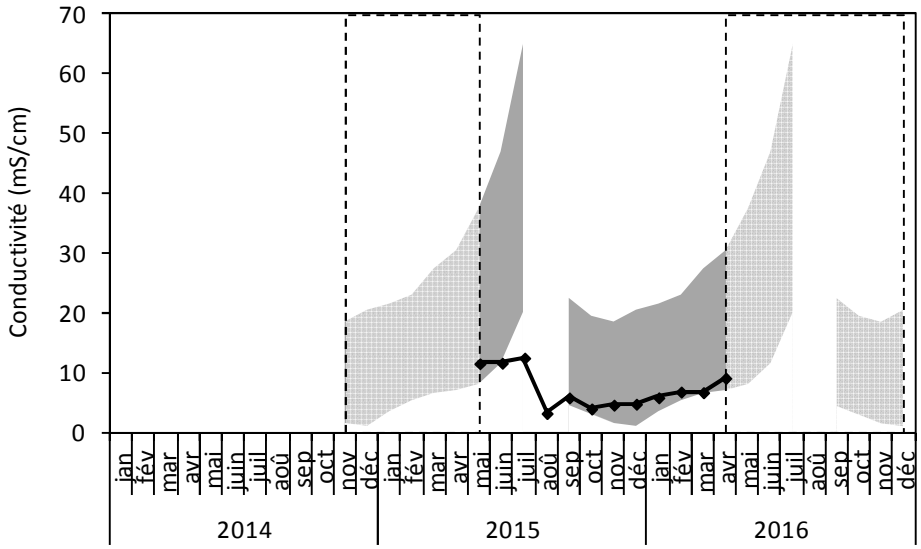


Figure 17. Conductivités mensuelles enregistrées dans la mare est du Mas Neuf depuis son creusement en 2014 ; la bande grise indique la gamme visée. Durant les périodes comprises entre les pointillés les données sont perdues ou manquantes en raison d'un problème d'alimentation des sondes.

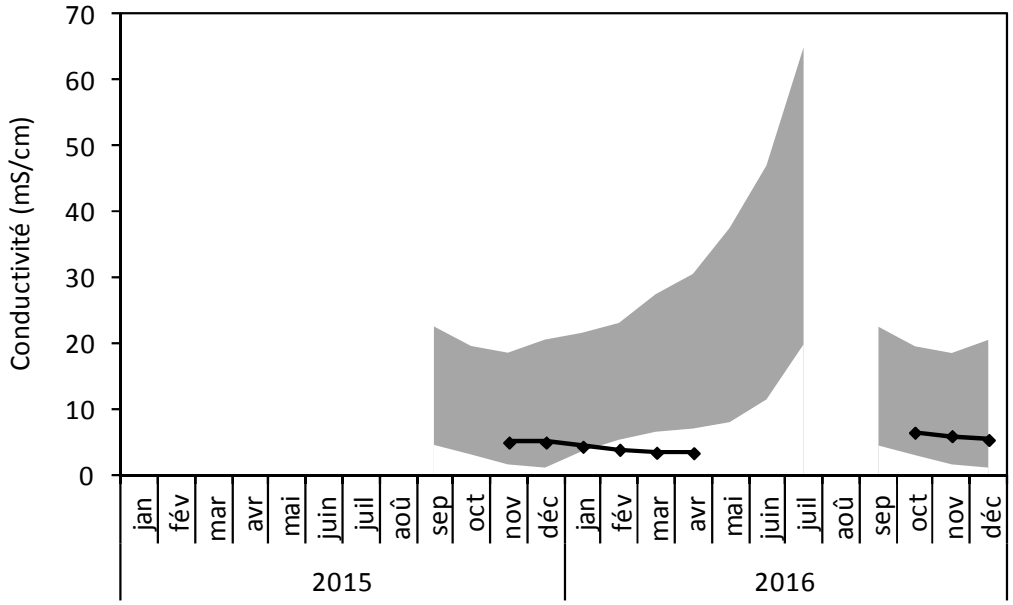


Figure 18. Conductivités mensuelles enregistrées dans la mare du TEI (GPMM) depuis son creusement en 2015 ; la bande grise indique la gamme visée.

3.1.3 Pluviométrie

Avec un cumul annuel de précipitations inférieur à 600 mm, les années hydrologiques 2013/14 et 2015/16 apparaissent plutôt sèches ; l'hiver 2015/16 a été particulièrement sec (Figure 19). Au contraire, 2014/2015 a été très humide (831 mm au total). Le seuil des 600 mm a même été atteint en cumulant les précipitations de novembre 2014 à avril 2015. Les cumuls de novembre à avril sont de 408 mm et de 192 mm pour les années hydrologiques 2013/14 et 2015/16, respectivement.

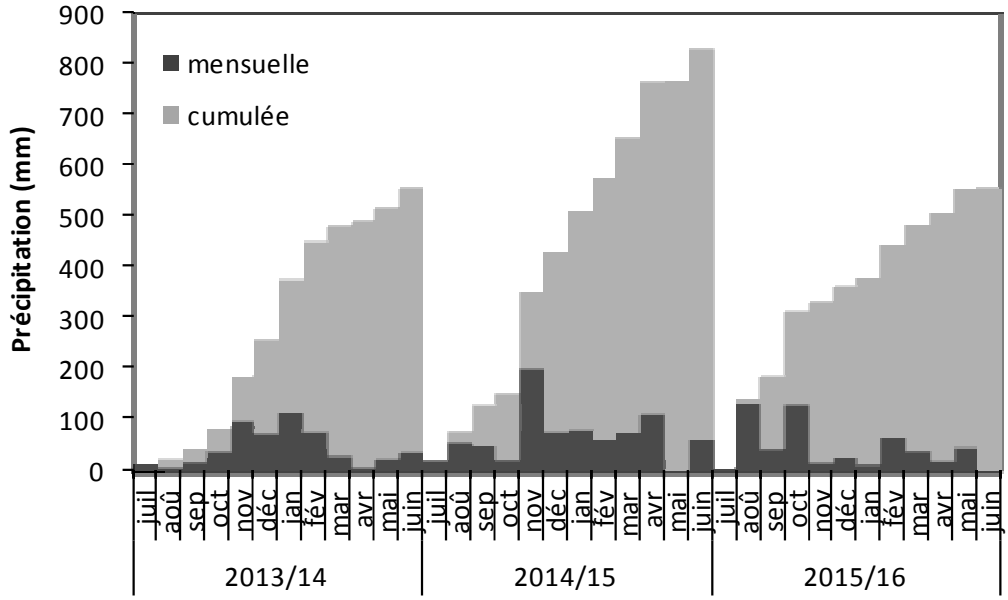


Figure 19. Pluviométrie mensuelles par année hydrologique (de juillet à juin selon le cycle de reproduction de *Lestes macrostigma*) au Ligagneau depuis 2013, année de creusement de la première mare restaurée du programme SNB (données : Amis des Marais du Vigueirat).

3.1.4 Conformité avec les objectifs établis

L'hydropériode s'est approchée de son profil de référence seulement durant l'année 2016, suite aux hiver et printemps particulièrement secs de l'année hydrologique 2015/16. Les autres années civiles (2014 et 2015) sont caractérisées par une phase d'assec estival trop courte (Tableau 2 ; Figures 3 à 10). Ceci est certainement la conséquence des fortes précipitations de l'année hydrologique 2014/15. Ces volumes pourraient également expliquer les valeurs de conductivité observées (Figures 11 à 18), relativement faibles, par effet de « dilution ». Les profils hydrologiques sont globalement plus en conformité avec les objectifs durant l'année 2016, cependant que l'hiver et le printemps 2015/16 ont connu un relatif déficit hydrique (voir plus haut).

Tableau 2. Synthèse des paramètres hydrologiques observés et comparaison par rapport aux objectifs fixés : durée de l'assec théorique = 8 à 21 semaines ; hauteurs d'eau = fréquence des semaines au cours desquelles les objectifs n'ont pas été atteints ou dépassés ; conductivités = fréquence des mois au cours desquels les objectifs n'ont pas été atteints ou dépassés

Sites	Assec	Hauteur d'eau		Conductivité	
		non atteinte	dépassée	non atteinte	dépassée
MdV					
Mare pâturée	7 à 13	1 %	63 %	9 %	14 %
Mare non pâturée	6 à 12	0 %	61 %	31 %	23 %
Mare A5	0 à 10	0 %	79 %	17 %	0 %
Mare B5	1 à 14	1 %	70 %	18 %	5 %
Clos des vaches	1 à 11	0 %	69 %	47 %	0 %
Mas Neuf					
Mare ouest	0	0 %	100 %	0 %	9 %
Mare est	3	7 %	78 %	8 %	0 %
GPMM					
Mare du TEI	27	100 %	0 %	33 %	0 %

3.2 – Odonatofaune

Neuf espèces ont été recensées lors de notre inventaire (Tableau 3a, b). Cependant, la reproduction réussie n'est prouvée que pour cinq d'entre elles. Il s'agit de *L. macrostigma*, *I. elegans*, *A. parthenope*, *S. fonscolombii* et de *S. striolatum* (Figure 20). La colonisation de *S. meridionale* ne peut être exclue en raison de l'impossibilité de distinguer ses exuvies de celles de *S. striolatum* ; toutefois aucun adulte ou ténéral de cette espèce n'a été observé.

Tableau 3a. Espèces de demoiselles (Zygoptères) inventoriées sur les mares restaurées avec leur stade de développement et leur comportement. Stades : Lv = larves, Ad = adultes, Ex = exuvies, Em = émergences, Te = ténéraux. Comportements : tdm = tandem, acc = accouplement, pte = ponte. Les zones grisées indiquent les années durant lesquelles les sites étaient « disponibles » à une colonisation par les odonates en fonction de leur phénologie.

Familles et espèces	Sites	2014	2015	2016
Lestidae				
Lestes macrostigma	Clos des vaches		Ad (pte)	
	Mare A5		Ad (pte)	
	Mare B5		Ad (pte)	
	Mare non pâturée	Ad	Ad (pte)	Ex, Ad (tdm)
	Mare pâturée		Ad (pte)	
Lestes sponsa	Mare B5	Lv*		
Coenagrionidae				
Ishnura elegans	Clos des vaches		pte	Ex, Ad
	Mare A5		pte	Ex, Em
	Mare B5		Ad (acc)	Ex
	Mare non pâturée		pte	Ex
	Mare pâturée		pte	Ex, Te, Ad
	Mare est		pte	Ex, Em, Ad (pte)
	Mare du TEI		pte	Lv

Tableau 3b. Espèces de libellules (Anisoptères) inventoriées sur les mares restaurées avec leur stade de développement et leur comportement. Stades : Lv = larves, Ad = adultes, Ex = exuvies, Em = émergences, Te = ténéraux. Comportements : tdm = tandem, acc = accouplement, pte = ponte. Les zones grisées indiquent les années durant lesquelles les sites étaient « disponibles » à une colonisation par les odonates en fonction de leur phénologie.

Familles et espèces	Sites	2014	2015	2016
Aeshnidae				
Anax parthenope	Clos des vaches			Ex
	Mare A5			Ad
Hemianax ephippiger	Clos des vaches			Ad
Libellulidae				
Crocothemis erythraea	Mare B5		Ad	
	Mare non pâturée			Ad
Orthetrum cf. cancellatum[1]	Mare du TEI		pte	Lv
Sympetrum fonscolombii	Clos des vaches		pte	Ex, Ad
	Mare B5		Ad	Ex
	Mare pâturée		Ad (pte)	Ex, Ad
	Mare est		pte	Ex
	Mare du TEI		pte	Lv
Sympetrum striolatum	Clos des vaches			Ex[2]
	Mare A5		pte	Ex[2]
	Mare B5	Lv	pte	Ex[2]
	Mare pâturée	pte	Ex*	Ex[2], Em
	Mare non pâturée			Ex[2]
	Mare du TEI		pte	Lv

[1] ou *O. albistylum*, quoique qu'il soit moins abondant en Camargue.
[2] Les exuvies de *S. striolatum* sont indiscernables de celles de *S. meridionale.*

Le succès de colonisation effective des mares par les odonates est contrasté (Tableau 4). *Lestes macrostigma* (Figures 21 & 22) et *A. parthenope* ne se sont reproduit avec succès que dans une mare chacun. La mare ouest du Mas Neuf et la mare du TEI n'ont vu aucune espèce d'odonate boucler son cycle avec succès.

Tableau 4. Espèces d'odonates s'étant reproduites avec succès au moins une fois par mare restaurée.

Sites	*Lestes macrostigma*	*Ishnura elegans*	*Anax parthenope*	*Sympetrum fonscolombii*	*Sympetrum striolatum*	Total
MdV						
Clos des vaches		X	X	X	X	**4**
Mare A5		X			X	**2**
Mare B5		X		X	X	**3**
Mare non pâturée	X	X			X	**3**
Mare pâturée		X		X	X	**3**
Mas Neuf						
Mare ouest						**0**
Mare est		X		X		**2**
GPMM						
Mare du TEI						**0**



Figure 20. Émergence de *Sympetrum striolatum*, une observation attestant de la reproduction réussie de l'espèce dans la mare d'où elle émerge et donc de sa colonisation effective.



Figure 21. Tentative de colonisation en 2015 de plusieurs mares par les adultes de *Lestes macrostigma*, comme en atteste l'observation directe de comportements de ponte (à gauche) ou des cicatrices de pontes laissées par l'ovipositeur des femelles dans les tiges de Jonc maritime (à droite).



Figure 22. Unique exuvie de *Lestes macrostigma* (flèche) trouvée en 2016, à la mare non pâturée, attestant de la capacité de l'espèce à pouvoir coloniser rapidement une mare restaurée.

4 – Discussion

4.1 – Écologie des mares restaurées

Nous avons peu de recul sur le fonctionnement hydraulique des mares restaurées. À ce jour, la durée de l'assec des mares jumelles pâturée / non pâturée s'approche de celle fixée par les objectifs du projet SNB (Tableau 2). En revanche, celle des mares A5, B5, du Clos des vaches et du Mas Neuf est plus courte que celle fixée par lesdits objectifs. À l'avenir, la durée des assecs pourrait réduire encore dans la mesure où les infiltrations d'eau – et donc les « pertes » – ont tendances à diminuer au fur et à mesure qu'une mare recréée se stabilise. La poursuite du suivi hydrologique de ces mares est nécessaire afin d'évaluer la variabilité de la durée des assecs et si leur caractère court est exceptionnel ou récurrent. Dans ce dernier cas, une réduction de la taille de leur bassin versant devrait être envisagée. Pour la mare du TEI, le constat et les perspectives qu'il entraîne sont complètement inverses : les assèchements sont précoces et récurrents. Ici, l'augmentation de la superficie du bassin versant est à envisager.
En ce qui concerne la salinité des mares, les légères différences entre les conductivités mesurées et les objectifs fixés ne semblent par problématiques.
Le développement des plantes aquatiques, particulièrement des hélophytes, est encore limité dans les mares restaurées (Boutron *et al*., 2016). Par ailleurs, on note le développent dans la plupart des mares d'une grande quantité d'algues (Figure 23). Les algues filamenteuses sont naturellement présentes dans nombre de milieux aquatiques en bon état de conservation. Cependant, certains blooms saisonniers peuvent être bioindicateurs de déséquilibres écologiques, voire d'une situation d'eutrophisation. Notre hypothèse est que l'ampleur de ce développement est due à la quantité de matières trophiques qui étaient contenues dans le sol et libérées par le creusement des mares. Ceci devrait se stabiliser avec le temps et les eaux devraient devenir à terme oligo-mésotrophes. La récolte manuelle et l'export de ces algues pourrait accélérer cette dynamique.

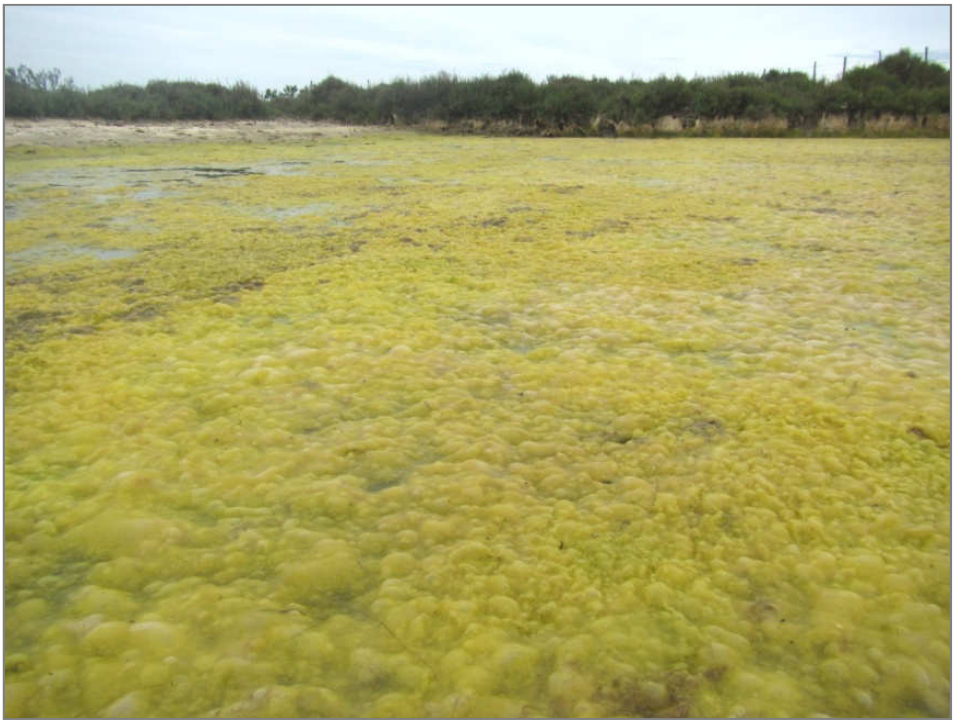


Figure 23. Développement algal, encore important en 2016, constituant une couche quasi-uniforme à la surface des mares pâturée et non pâturée.

4.2 – Patrimonialité du cortège odonatologique autochtone

Parmi les espèces ayant colonisé de manière effective au moins une des mares restaurées, *L. macrostigma* est la seule présentant un enjeu de conservation ; il est classé EN « En danger » selon les critères de l'UICN, que ce soit à l'échelle nationale ou régionale (*op cit.*). *Ishnura elegans*, *S. fonscolombii* et *S. striolatum* sont pour leur part classé en catégorie LC = « Préoccupation mineure » (UICN France *et al.*, 2016 ; Bence *et al.*, 2011) quelle que soit l'échelle géographique considérée.

4.3 – Dynamique de colonisation par les odonates

Une larve de *L. sponsa* a été observée dès 2014 dans la mare B5. Cependant, compte tenu de la date de creusement de cette mare (2 octobre 2013) et de la phénologie de *L. sponsa* (période de vol en Camargue de début à début août), il est impossible que des adultes y aient pondu. Cette observation est donc accidentelle et résulte possiblement du transfert d'une ponte ou de la larve depuis un autre site, voire d'un nettoyage imparfait de notre matériel après avoir échantillonné la mare précédente ou encore d'une erreur d'étiquetage.
En revanche, plusieurs espèces sont capables de coloniser rapidement les milieux pionniers. La mare du TEI a été creusée le 31 juillet 2015. La période de vol d'*I. elegans* s'étend de mi-mars à fin octobre, en plusieurs générations. Si une ponte début 2015 est improbable compte tenu de la taille de la larve trouvée le 14 avril et du temps nécessaire à la maturation des adultes et au développement embryonnaire, une ponte en automne 2014 dans de la végétation flottante en décomposition est possible. Nous pouvons retenir le même scénario pour *O. cf cancellatum* qui peut voler jusque fin octobre (SfO PACA, com. pers.).

Sympetrum striolatum est également une espèce pouvant coloniser d'emblée les milieux pionniers : l'observation d'une exuvie dans la mare pâturée en 2015 implique une ponte en 2014. Plus rapide encore : volant jusqu'en janvier lors des hivers cléments, une ponte automnale en 2013 dans la mare B5 expliquerait, compte tenu de la période de mise en eau en 2013 (Figure 6), la présence de sa larve en 2014. L'observation de même nature dans la mare du TEI atteste de sa capacité de colonisation rapide. La colonisation effective rapide par *S. fonscolombii* est également prouvée, et pourrait également l'être dès la première année – ce qui est plausible mais non démontré ici.
Ces observations sont en accord avec celles de Suhling *et al.* (2004) qui ont déjà montré ce comportement reproducteur pionnier chez *C. erythraea*, *S. fonscolombii* et une espèce congénérique d'*O. cancellatum* (à savoir *O. chrysostigma*).

4.4 – Adéquation avec le cortège odonatologique visé

En considérant l'ensemble des sites de Camargue d'où *L. macrostigma* est autochtone, les espèces – également autochtones – possiblement compagnes de celui-ci sont : *L. barbarus*, *L. sponsa*, *Sympecma fusca*, *I. elegans*, *I. pumilio*, *A. parthenope*, *H. ephippiger*, *Aeshna affinis*, *A. isoceles*, *A. mixta*, *C. erythraea*, *O. albistylum*, *O. cancellatum*, *S. fonscolombii*, *S. meridionale* et *S. striolatum*. (Merlet, 2011 ; P. Lambret, obs. pers.). Toutefois, toutes ces espèces ne se rencontrent jamais sur un même site. La surface du site, son hydropériode et sa salinité sont des facteurs qui déterminent le cortège odonatologique. Merlet (2011) souligne notamment que dans les mares temporaires « naturelles » de la Tour du Valat (*i.e.* formées par le retrait du Rhône et non une opération de creusement) et dont le fonctionnement hydrologique est uniquement lié aux précipitations, le cortège odonatologique se limite à *L. barbarus* et *L. macrostigma*. D'autres espèces s'ajoutant à ce cortège seraient alors le signe d'une hydropériode plus longue, avec des assecs plus courts.
Compte tenu des caractéristiques des mares restaurées dans le cadre du programme SNB, le cortège attendu se composait de : *L. barbarus*, *L. macrostigma*, *I. elegans*, *S. fonscolombii*, et *S. striolatum*, auxquels peuvent s'ajouter occasionnellement : *L. sponsa*, *Sympecma fusca*, *I. pumilio*, *Aeshna affinis*, *A. mixta* et *S. meridionale*. Si l'on considère les mares dans leur globalité, on constate donc que le cortège observé un à trois ans après opération de restauration montre une bonne correspondance avec le cortège attendu ; manque *L. barbarus*, espèce classée NT « Quasi menacée » au niveau régional (Bence *et al.*, 2011).

4.5 – Limitation de la colonisation par les odonates

En ce qui concerne l'abondance des espèces ayant réussi à coloniser de manière effective certaines des mares restaurées, *I. elegans*, *S. fonscolombii* et *S. striolatum* sont de loin les plus abondantes avec parfois des dizaines d'exuvies récoltées par mare et par passage. À l'inverse, seule une exuvie de *L. macrostigma* a été observée en 2016 et nous ne pouvons donc raisonnablement pas parler de colonisation effective des mares restaurées par l'espèce. Pourtant, les niveaux d'eau au moment des émergences début mai permettaient encore le développement larvaire et les valeurs de conductivité étaient compatibles avec celui-ci (voir § 3.1.1 et 3.1.2). Un ou plusieurs autres facteurs ont donc été défavorables à *L. macrostigma*.

Les longues hydropériodes observées, et surtout la précocité des remises en eau, pourraient être problématiques pour le développement de *L. barbarus* et *L. macrostigma*, espèces visées par le projet de restauration, dont le développement larvaire se déroule au printemps (Merlet, 2011). En effet, une des hypothèses de recherche actuellement formulée afin d'expliquer leur sténoécie serait la compétition avec et la prédation par des larves d'autres espèces d'odonates dont les œufs sont pondus durant l'automne précédent et dont le développement larvaire débute peu après. A contrario, les assèchements précoces et récurrents de la mare du TEI ne permettent pas aux larves d'achever leur développement. La durée des périodes d'assec limite aussi la fréquentation de cette mare par des adultes qui viendraient pondre leurs œufs

Par ailleurs, la ponte chez la plupart des Anisoptères s'effectue en déposant les œufs directement à la surface de l'eau. Aussi, les milieux sont-ils « colonisables » dès leur mise en eau. En revanche, la présence de plantes hôtes est un facteur clé pour la colonisation de nouveau milieux par les Zygoptères (Khelifa & Mellal, 2016) et les Aeshidae (Anisoptères) dont la ponte est endophytique (les femelles déposent leurs œufs dans les tissus végétaux, morts ou vivants). Le développement encore limité à ce jour des plantes aquatiques dans les mares restaurées a pour effet de n'offrir que très peu de supports de ponte. Par exemple, les centaines d'œufs pondus par *L. macrostigma* en 2015 ont été déposés dans des scirpes maritimes et des joncs maritimes présents à la périphérie des mares restaurées et non sur leurs pentes douces. De ce fait, très peu de pontes ont dû être mises en eau, alors que les œufs ont besoin d'être submergés pour éclore. Bien que des adultes présents sur la mare non pâturée aient été vus en comportement de reproduction en 2016, la pérennité de la « population » est douteuse à ce stade de la colonisation par la végétation.

Un autre effet de l'absence d'hélophytes dans les mares restaurées est le manque de supports disponibles lorsque les larves veulent accéder à l'air afin de se métamorphoser. En témoigne le fait d'avoir récolté le plus souvent les exuvies sur les installations en bois et en grillage destinées à protéger les piézomètres. Signalons également que la couche d'algues qui se développent dans la plupart des mares restaurées est un facteur qui, compte tenu de sa densité, limite vraisemblablement l'activité du benthos.

Pour autant, l'ensemble de ces facteurs limitant n'expliquent par pourquoi aucune exuvie n'a été trouvée dans la mare ouest du Mas Neuf.

5 – Conclusions et perspective

1. L'écologie des mares restaurées n'est pas encore stabilisée. Notamment, leur fonctionnement hydraulique n'est pas optimal, si ce n'est celui des mares jumelles pâturée / non pâturée. La durée des assecs des mares A5, B5, du Clos des vaches et du Mas Neuf est plus courte que celle fixée par les objectifs du projet SNB, ce qui pourrait ne pas être favorable aux espèces visées par le projet. Pour la mare du TEI, les assecs sont au contraire trop longs et pluriannuels, ce qui est défavorable aux odonates. La poursuite du suivi hydrologique sur les mares restaurées est nécessaire afin d'évaluer si ces disfonctionnements sont exceptionnels ou récurrents. Dans ce dernier cas, une modification de la superficie de leur bassin versant (réduction ou augmentation selon le cas) serait à envisager.

2. Cinq espèces d'odonates se sont reproduites avec succès au moins une fois sur au moins une des mares restaurées : *L. macrostigma*, *I. elegans*, *A. parthenope*, *S. fonscolombii* et de *S. striolatum*. Cependant, la colonisation n'est véritablement effective que pour *I. elegans*, *S. fonscolombii* et de *S. striolatum*. *Lestes macrostigma* et *A. parthenope* manquent – pour l'instant – d'hélophytes qui puissent être utilisés lors de leur ponte endophytique.

3. Les futures actions de recréation d'habitat favorable à *L. macrostigma* devraient, pour une colonisation plus rapide et effective, intégrer un volet de restauration active de la végétation hélophyte. Il serait intéressant de mener en 2017 une transplantation expérimentale de Scirpe maritime dans les mares jumelles pâturée / non pâturée afin de tester la faisabilité d'un tel volet. En cas de succès, cela permettrait à terme de tester, tel que cela était prévu dans le programme SNB, l'effet du pâturage sur les populations de *L. macrostigma*.

6 – Bibliographie

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.

Bence S., Blanchon Y., Braud Y., Deliry C., Durand E. & Lambret P., 2011. Liste Rouge des Odonates de Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Martinia* 27 (2) : 123-133.

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.

Dijkstra K.-D. B. & Lewigton R., 2007. *Guide des libellules de France et d'Europe*. Delachaux et Niestlé, 320 pp.

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

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.

Grillas P., Gauthier P, Yaverkovski 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/>.

Kalkman V.J., Boudot J.-P., Bernard R., Conze K.-J., De Knijf G., Dyatlova E., Ferreira S., Jović M., Ott J., Riservato E. & Sahlén G., 2010. *European Red List of Dragonflies*. IUCN Red List of Threatened Species, Regional Assessments series. IUCN, Gland, Switzerland & Cambridge, United-Kingdom & Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 28 pp.

Khelifa R. & Mellal M. K., 2016. Host-plant-based restoration as a potential tool to improve conservation status of odonate specialists. *Insect Conservation and Diversity* : DOI: 10.1111/icad.12212.

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., A Besnard A. & Matushkina N., 2015a. Initial preference for plant species and state during oviposition site selection by an odonate. *Entomological Science* 18 : 377-382.

Lambret P., A Besnard A. & Matushkina N., 2015b. Plant preference during oviposition in the endangered dragonfly *Lestes macrostigma* (Odonata: Zygoptera) and consequences for its conservation. *Journal of Insect Conservation* 19 : 741-752.

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.

Matushkina N., Lambret P. & Gorb S., 2016. Keeping the Golden Mean: plant stiffness and anatomy as proximal factors driving endophytic oviposition site selection in a dragonfly. *Zoology* 119 : 474-480.

Merlet F., 2011. *Étude des peuplements d'odonates et d'orthoptères des principaux milieux à enjeux de la RNR de la Tour du Valat*. Rapport de Master 2 IEGB, Université de Montpellier 2 – Tour du Valat, Le Sambuc, Arles, 20 pp.

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.

Riservato E., J.P. Boudot, S. Ferreira, M. Jović, V.J. Kalkman, W. Schneider, B. Samraoui & A. Cuttelod, 2009. *The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin*. IUCN Red List of Threatened Species, Regional Assessments series. IUCN, Gland, Switzerland & Malaga, Spain, vii + 33 pp.

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

Suhling F., Schenk K., Padeffke T. & Martens A., 2004. A field study of larval development in a dragonfly assemblage in African desert ponds (Odonata). *Hydrobiologia*, 528 : 75. <doi:10.1007/s10750-004-3047-8>.

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, Italie. Slimbridge, IWRB special publication, 20 : 106-108.

UICN France, MNHN, OPIE & SFO, 2016. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Libellules de France métropolitaine*. UICN France, Paris, 12 pp.

Vilain A., 2014. *Effet des facteurs biotiques et abiotiques sur la présence ou l'absence des larves de* Lestes macrostigma. Rapport de licence professionnelle « Espaces naturels » option « Biologie appliquée aux écosystèmes exploités », UFR Sciences & Techniques de la côte Basque, Université de Pau et des Pays de l'Adour – Tour du Valat, Le Sambuc, Arles, 19 pp.

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>.

Wendler A. & Nüß J.-H., 1997. *Libellules. Guide d'identification des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale.* Société française d'Odonatologie, Bois-d'Arcy, 130 pp.

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.

Zelder 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.



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 -