

COLLÈGE SCIENCES ET TECHNOLOGIES POUR L'ÉNERGIE ET L'ENVIRONNEMENT DE LA CÔTE BASQUE

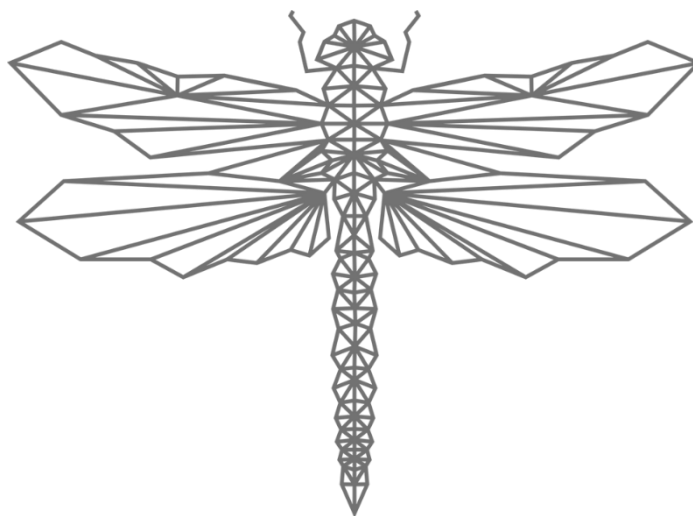
UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

LICENCE PROFESSIONNELLE MÉTIERS DE LA PROTECTION ET DE LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION BIOLOGIE APPLIQUÉE AUX ÉCOSYSTÈMES EXPLOITÉS

ÉVALUATION DE L'ÉTAT DE CONSERVATION DES HABITATS PAR LA CARACTÉRISATION DES PEUPELEMENTS D'ODONATES DU LITTORAL MÉDITERRANÉEN OCCIDENTAL

ÉTAT INITIAL POUR UN SUIVI À LONG TERME



MAËLLIE HINGRAT

STAGE EFFECTUÉ DU 1^{ER} AVRIL AU 31 AOÛT 2021 AU CONSERVATOIRE D'ESPACES NATURELS D'OCCITANIE SOUS

LA DIRECTION SCIENTIFIQUE DE M. CYRIL MARMOEX





RÉSUMÉ

Pour l'évaluation de l'état de conservation des espaces naturels, une caractérisation des peuplements d'Odonates sur plusieurs sites contigus a été réalisée : la réserve de l'Estagnol, le site protégé des Salines de Villeneuve, le canal de la Bouffie et la source de la Madeleine (Hérault – 34). Un ajustement des protocoles existants a permis la mise-en-place d'un suivi des imagos et de prospections par rapport aux critères d'autochtonie. Ces protocoles ont permis d'apprécier les variations de cortèges odonatologiques inter et intra-sites et de mettre à jour la responsabilité des sites quant aux espèces d'intérêt patrimonial. Les similarités et dissemblances de communautés s'expliquent principalement par la nature de la zone humide (temporalité de l'assec, salinité, absence/présence de végétations aquatiques et riveraines, qualité de l'eau) et par des corridors écologiques plus ou moins fonctionnels entre les sites. Presque la moitié des espèces rencontrées sont autochtones sur le complexe et utilisent les habitats pendant l'intégralité de leur cycle de vie : développement larvaire, maturation, dispersion, chasse, reproduction. Cet état initial des communautés, bien qu'influencé par des conditions météorologiques particulières (assec prolongé) fera office d'élément de comparaison pour les autres années du suivi. Des gestions conservatoires adaptées seront entreprises pour la préservation des espèces et de leurs habitats à l'échelle du bassin versant.

Mots clés : État de conservation – Odonates – Zone humide – Littoral méditerranéen – Échantillonnage



REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements au Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie pour m'avoir accueillie durant ces cinq mois et permis de réaliser un stage passionnant sur un taxon que j'affectionne tout particulièrement. Je remercie l'équipe de l'antenne de Montpellier pour l'ambiance chaleureuse et leur bienveillance.

Je tiens à remercier mon maître de stage, Cyril Marmoex, conservateur de la RNN de l'Estagnol, qui m'a permis de réaliser ce stage et qui a su être présent du début à la fin. Ses conseils, son aide, sa patience et sa disponibilité quotidienne ont été précieux pour l'accomplissement de cette étude. Je le remercie pour tout ce qu'il a su me transmettre et pour sa confiance infaillible sur le terrain. Je remercie aussi Ludovic Foulc, responsable de l'espace naturel protégé des Salines de Villeneuve, pour son entière confiance pour la mise-en-place de l'étude sur ce site. Merci à Héloïse Durand, technicienne de gestion à l'ENP des Salines de Villeneuve, pour ses conseils pour l'application des protocoles sur les Salines.

Un grand merci à Bastien Louboutin, naturaliste-entomologiste à l'Office Pour les Insectes et leur Environnement et Philippe Lambret, chef de projet conservation des Odonates à la Tour du Valat, pour m'avoir aiguillée et conseillée lors de mes nombreuses interrogations pour la création des protocoles et pour la relecture de ce rapport.

Je remercie l'intégralité de l'équipe des Salines pour la logistique, leur convivialité et tous les moments amicaux passés ensemble.

Mes pensées vont à l'ambiance chaleureuse montpelliéraine et cévenole, aux ami.e.s rencontré.e.s pendant ces cinq mois et à toutes ces journées passées à découvrir l'Hérault.

Enfin, merci à toutes les personnes qui ont, d'une façon ou d'une autre, contribué à la réussite de ce stage.



TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction	1
2	Matériels et méthodes	4
2.1	Sites d'étude	4
2.1.1	Contexte géographique	4
2.1.2	Localisation des sites potentiels.....	4
2.1.3	Dérangement	6
2.2	Autochtonie des odonates.....	6
2.2.1	Recherche des exuvies des anisoptères.....	7
2.2.2	Recherche des ténéraux des zygoptères.....	7
2.3	Abondance des odonates	7
2.3.1	Caractérisation des transects de suivi.....	7
2.3.2	Échantillonnage des imagos.....	9
2.4	Hiérarchisation et évaluation.....	10
3	Résultats.....	11
3.1	Autochtonie des odonates.....	11
3.1.1	Habitats aquatiques potentiels	11
3.1.2	Autochtonie	12
3.2	Abondance des odonates	12
3.2.1	Généralités du complexe par zone	13
3.2.2	Caractérisation des populations au sein des habitats	15
3.3	Hiérarchisation et évaluation.....	17
4	Discussion.....	20
5	Conclusion.....	23
6	Références bibliographiques	24
	Annexes.....	



TABLE DES ILLUSTRATIONS

↳ Tableaux

Tableau A. Contexte de mise-en-place du suivi des Odonates.....	2
Tableau B. Habitats sélectionnés et espèces végétales dominantes pour le suivi des imagos des Odonates.....	8
Tableau C. Conditions optimales de suivi des Odonates pour un échantillonnages (SFO and MNHN, 2012)	9
Tableau D. Résultats de la prospection des exuvies sur la zone d'étude.....	12
Tableau E. Résultats de la prospection des ténéraux sur la zone d'étude.....	12
Tableau F. Résultats de l'abondance des Odonates sur la RNN de l'Estagnol	13
Tableau G. Indices de diversité des populations d'Odonates de la RNN de l'Estagnol	13
Tableau H. Résultats de l'abondance des Odonates sur l'ENP des Salines, du canal de la Bouffie et de la source Madeleine.....	14
Tableau I. Indices de diversité des populations d'Odonates de l'ENP des Salines, du canal de la Bouffie et de la source de la Madeleine.....	14
Tableau J. Correspondance des habitats pour l'ACP	15
Tableau K. Hiérarchisation et responsabilité des Odonates de la RNN de l'Estagnol	18
Tableau L. Hiérarchisation et responsabilité des Odonates de l'ENP des Salines de Villeneuve	18
Tableau M. Hiérarchisation et responsabilité des Odonates du canal de la Bouffie	19
Tableau N. Hiérarchisation et responsabilité des Odonates de la source de la Madeleine.....	19

↳ Figures

Figure 1. Périmètre d'étude	4
Figure 2. Pré-étude des paramètres abiotiques pour la localisation des sites potentiels de développement larvaire	5
Figure 3. Position des transects pour la recherche des critères d'autochtonie.....	6
Figure 4. Position des transects pour l'échantillonnage des imagos	8
Figure 5. Variation de la hauteur d'eau au centre de la réserve de l'Estagnol	11
Figure 6. Diagramme des valeurs propres de l'ACP.....	15
Figure 7. Structuration des données par l'ACP avec cercle de corrélation.....	16
Figure 8. Nombre de cluster optimal d'après la corrélation de Mantel	16
Figure 9. Répartition des données par l'ACP	17



1 INTRODUCTION

Lors de la mise-en-place d'une gestion sur un milieu naturel protégé, l'utilisation d'indicateurs de conservation est essentielle pour répondre au besoin d'évaluation de l'impact des actions de gestion. Liés aux hydrosystèmes lenticques et lotiques, les Odonates jouent dans ces milieux à la fois le rôle de proies et de prédateurs, contribuant ainsi à leur régulation et leur maintien (D'Aguilar and Dommanget, 1995). La dégradation et la modification des zones humides par comblement, pollution chimique et organique, démoustication ou par présence d'espèces exogènes (ragondins, écrevisses américaines, gambusies...) influencent la composition des cortèges odonatologiques (D'Amico et al., 2004; Jakob and Poulin, 2016) entraînant une régression des populations du quart des espèces européennes, dont 15% sont actuellement menacées (Kalkman et al., 2010). Inexorablement, les espèces sténotopiques (sensibles aux modifications du milieu dont elles sont inféodées) sont plus affectées par les changements globaux et se révèlent être de bons indicateurs des zones humides dont elles dépendent, rendant l'évaluation plus fiable (Samways, 1993; Schindler et al., 2003). Les populations d'Odonates sont cependant sujettes à de grandes variations interannuelles selon les milieux et les conditions climatiques. Une évaluation des mesures de gestion sur les zones humides à l'échelle de l'espèce et non d'un cortège serait biaisée et peu fiable (Dommanget, 2003). De plus, les Odonates étant aériens à l'état imaginal, leur mobilité limite l'évaluation de la qualité des habitats aquatiques. Ils utilisent en effet une large diversité d'habitats pour la maturation, la chasse, la dispersion ou encore la recherche des femelles (Boudot et al., 2017), sans forcément s'y reproduire. En revanche, les larves sont intégralement dépendantes des hydrosystèmes et occupent les milieux sur une période généralement plus longue que les imagos (Corbet, 1993). Ainsi, afin d'évaluer l'état de conservation d'une zone humide, un suivi des Odonates avec un échantillonnage par intermittence des imagos et une recherche des exuvies semblerait fournir assez d'informations et de résultats (richesse spécifique et tendance) pour évaluer la qualité des habitats sur le long terme (Dolný et al., 2021).

Le littoral méditerranéen occidental se caractérise par un climat alternant entre les hivers doux, les sécheresses estivales et les fortes précipitations automnales. Les habitats adaptés à ces conditions induisent des cortèges odonatologiques caractéristiques, que ce soit par l'abondance ou la richesse spécifique. Une population adaptée à un biotope en sera influencée sur sa taille et ses interactions interspécifiques, ce qui caractérisera la communauté (Samways, 1993). La raréfaction des populations d'Odonates est causée principalement par la disparition et la dégradation des zones humides, surtout dans le bassin méditerranéen (Riservato et al., 2009). En effet, le littoral subit depuis de nombreux siècles une anthropisation croissante exerçant une pression sur les zones humides, les habitats naturels et la biodiversité qui s'y trouvent. De fait, une mauvaise gestion de ces milieux peut réduire à 50% la richesse spécifique d'Odonates (Fry and Lonsdale, 1991), pouvant même aller jusqu'à la disparition si les impacts sont prolongés sur une zone précise. Une



diversité importante d'habitats à différents stades de successions chronologiques favorise la survie des communautés de libellules (Lenz, 1991). Les populations de petite taille semblent se maintenir sur de petites surfaces à condition qu'il existe une connexion entre elles car l'absence de sites tremplins favorables ne permet pas les échanges entre les populations (Purse et al., 2003). Bien que la moyenne des déplacements pour l'ensemble des espèces atteigne les 4,5 kilomètres, il semble que la distance entre stations ne doit pas excéder 1 kilomètre pour que les échanges soient optimaux pour l'intégralité d'un cortège (Watts et al., 2006). L'utilisation des Odonates comme indicateur de l'évaluation de l'état de conservation induit de concevoir le suivi au sein d'un complexe de zones humides afin de mieux comprendre les variations des populations sur le long terme.

La Réserve Naturelle Nationale de L'Estagnol et l'Espace Naturel Protégé des Salines de Villeneuve sont alimentés en eaux douces par les pluies et des résurgences dont la source de la Madeleine pour les Salines. Ils forment un complexe de zones humides reliées par des canaux dont la Bouffie, des fossés et des petites mares dégradées et déconnectées sur un bassin versant d'environ 1500 ha. La mise-en-place d'un suivi des Odonates s'inscrit dans les plans de gestion respectifs de ces deux sites dans le cadre de l'amélioration des connaissances sur les invertébrés aquatiques et de l'évaluation des actions de gestions conservatives et des changements globaux (Tableau A) (BRL Ingénierie and P2A Développement, 2012; Marmoex et al., 2018). Une hiérarchisation à l'échelle du littoral méditerranéen français des espèces contactées à partir de la liste rouge d'Occitanie 2018 permettra d'actualiser la responsabilité de la zone d'étude par espèce pour leur préservation.

Tableau A. Contexte de mise-en-place du suivi des Odonates

Vision – Enjeux		But	Suivis indicateurs
Conservation des milieux et des espèces associées	« Étang »	Améliorer leur état de conservation et offrir une mosaïque d'habitats	Réaliser un suivi des populations d'odonates, indicateur biologique des zones humides
	« Prairies humides »		
Amélioration des connaissances		Améliorer la gestion des différents sites	

Dans un premier temps, l'étude porte sur l'échantillonnage des imagos d'Odonates sur les habitats naturels (aquatiques et terrestres adjacents) afin d'apprécier de possibles variations de cortèges en fonction des habitats de chasse et/ou de refuge avec une prise en compte des paramètres biotiques et abiotiques. Les résultats sont remis dans le contexte des conditions climatiques de l'année t du suivi dû à la forte variation interannuelle. Le protocole est basé sur la méthode STELI (SFO and MNHN, 2012), la boîte à outil RhoMeo (Pont et al., 2014) ainsi que sur d'autres études réalisées sur des milieux naturels similaires. Les résultats sont comparables intra-sites mais inter-sites ils seront à nuancer du fait de la démoustication au *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) réalisée sur les sites des Salines, de la Bouffie et de la Madeleine. Il semblerait que ce « bioinsecticide » ait un impact significatif sur l'abondance ainsi que la richesse spécifique des Odonates (Brühl et al., 2020; Jakob and Poulin, 2016). L'étude porte ensuite sur une prospection calibrée et périodique des



critères d'autochtonie des Odonates sur les différents sites, méthode inspirée d'études déjà réalisées (D'Amico et al., 2004; Louboutin et al., 2012). Pour les Anisoptères il s'agit d'une recherche de leurs exuvies et pour les Zygoptères, il s'agit d'une recherche des individus ténéraux, imagos fraîchement émergés encore mous et brillants, peu mobiles et plus faciles à localiser que leurs exuvies (Ruffoni and Barbotte, 2018). L'utilisation d'un « placebo », milieu naturel de référence sans perturbation, étant indispensable dans l'utilisation de bioindication (Chovanec and Raab, 1997) mais impossible dans ce cas de figure, une liste d'espèces potentiellement attendues sur les sites, basée sur des expériences de biotopes de même type, est possible. Pour ce faire, nous nous servons des bases de données de la boîte à outils RhoMeo avec les espèces inféodées aux habitats odonatologiques rencontrés sur les sites et de la liste rouge Occitanie 2018 (Annexe III). Après comparaison des espèces autochtones, en maturation et anecdotiques attendues et observées, l'absence ou la présence ainsi que l'abondance de ces dernières sont corrélées à l'état de conservation global des sites. Sur le long terme, le suivi Odonates permettra d'apprécier les possibles variations de populations et de l'état de conservation des sites en fonction des gestions conservatoires qui pourront être ajustées.



2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Sites d'étude

2.1.1 Contexte géographique

La Réserve Naturelle Nationale de L'Estagnol, l'Espace Naturel Protégé des Salines de Villeneuve, la source de la Madeleine et le canal de la Bouffie forment un complexe de zones humides sur un bassin versant d'environ 1500 ha sur la commune de Villeneuve-lès-Maguelone (Figure 1). Au cœur du littoral Héraultais et à 30 minutes de Montpellier et de Sète, le site se caractérise comme un espace naturel protégé ceinturé par un important bassin démographique et urbain.



Figure 1. Périmètre d'étude

Note. RNN de l'Estagnol, Salines de Villeneuve, Source de La Madeleine, Canal de la Bouffie

2.1.2 Localisation des sites potentiels

Les zones humides du complexe sont hétérogènes tant par leurs caractéristiques biotiques qu'abiotiques. La liaison avec la mer Méditerranée induit une salinité plus ou moins élevée en fonction de la saison, des embruns, de l'ensoleillement, de la pluviométrie et du ruissellement. C'est le cas au sud du complexe, où la salinité avoisine les 40 g/L (Figure 2). L'eau douce provient principalement du ruissellement qui démarre à l'isohypse (limite altitudinale du bassin versant) et des résurgences dues à la formation karstique, dont la Madeleine, un des exutoires de l'aquifère de la Gardiole. Le Lido des Aresquiers, limite sud des Salines, abritent des lettres arrière-dunaire qui pourraient être favorables à certaines espèces mais la salinité trop élevée avorte sûrement toute colonisation (36,7 g/L le 28/04). Les grandes variations de salinité et d'hydrologie impliquent des populations d'Odonates avec des phases larvaires plus ou moins courtes. En effet, les Odonates ne tolèrent que des eaux oligohalines et mésohalines (Boudot et al., 2017). La survie des libellules à un assec est hétérogène en fonction de l'espèce, comme par exemple la larve de *Sympetrum meridionale* qui peut survivre plusieurs jours sans eau avant d'émerger ou encore *Hemianax ephippiger*, pour qui la phase larvaire ne peut durer que 3 ou 4 semaines (Boudot et al., 2017). La connaissance de la temporalité des zones humides est primordiale pour la caractérisation des peuplements d'Odonates. Les sites potentiels pour l'emplacement du suivi sont l'ouest des Salines et l'intégralité de l'Estagnol, de la source de la Madeleine et du canal de la Bouffie, pour un total de 170 hectares d'habitats potentiels échantillonnables.



Réalisation, HINGRAT Maëllie (Août 2021). Source, IGN BD ORTHO 2018, RNN de l'Estagnol et ENP des Salines de Villeneuve

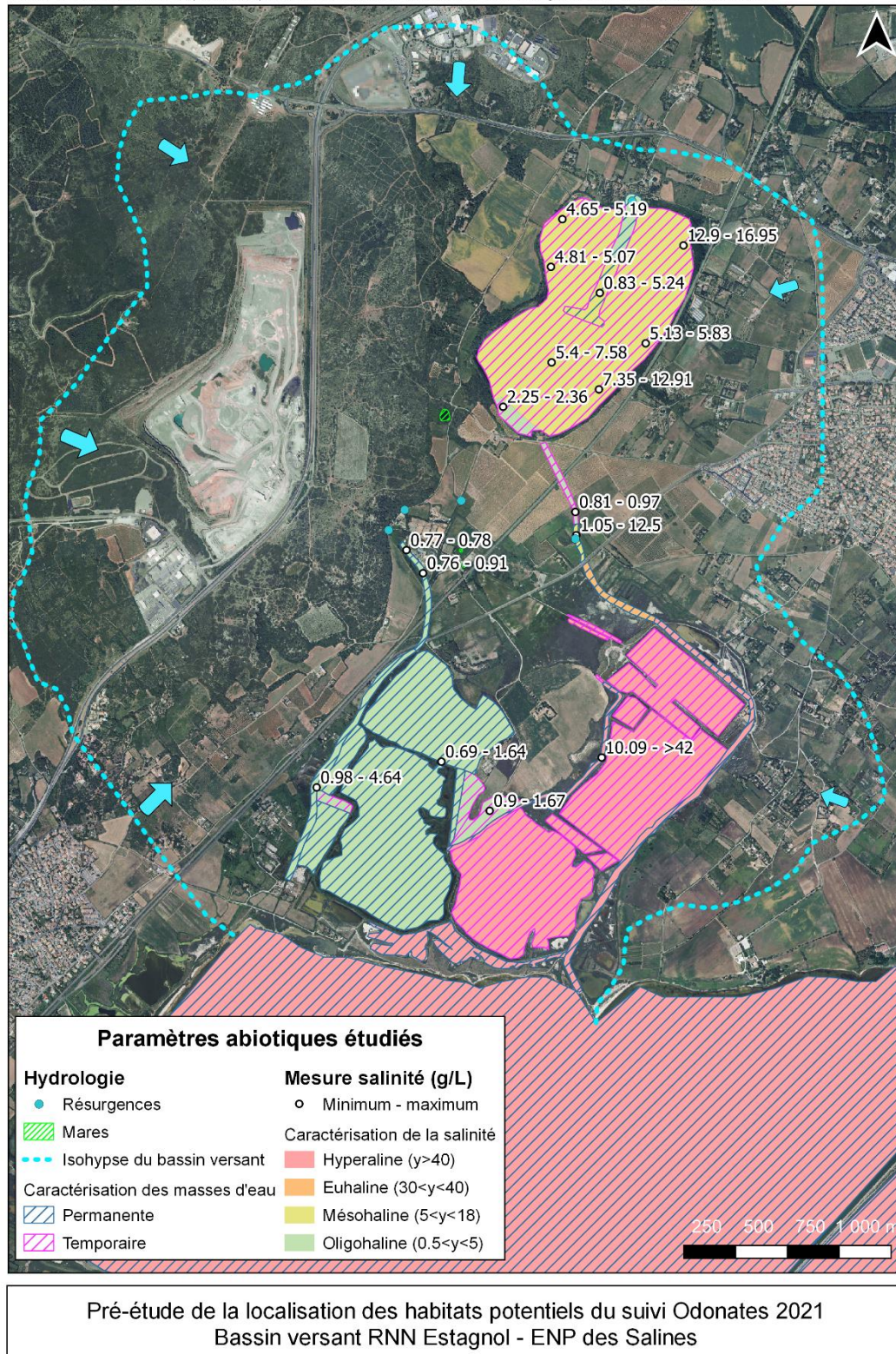


Figure 2. Pré-étude des paramètres abiotiques pour la localisation des sites potentiels de développement larvaire



2.1.3 Dérangement

La RNN de l'Estagnol et l'ENP des Salines de Villeneuve étant des sites de repos et de reproduction pour de nombreuses espèces à enjeux d'intérêt patrimonial, la réalisation de protocoles avec une périodicité importante nécessite la prise-en-compte des dérangements potentiels.

Pour l'ensemble des sites, l'observateur ne doit pas stationner physiquement plus de 10 minutes et évite les heures de fortes chaleurs. Sur le site des Salines de Villeneuve, le périmètre échantillonné est interdit au public. Pour les zones à vigilance forte, il se peut que le passage soit impossible au cours de la saison pour la recherche des ténéraux et l'abondance, si la nidification des Laridés et des Limicoles est importante sur les îlots. Quant à la recherche des exuvies sur cette zone, le canal étant en contrebas, le passage est possible car non visible par les oiseaux d'eau. Sur le site de l'Estagnol, fermé au public, une vigilance accrue est faite sur l'ensemble de la phragmitaie et sa périphérie. Les canaux centraux sont des zones sensibles mais potentielles pour les émergences des Anisoptères. Une réalisation des recherches deux fois par mois à partir de mi-mai est le maximum possible pour minimiser la perturbation des populations. Quant aux sites de la source de la Madeleine et du canal de la Bouffie, une attention particulière est accordée à toutes espèces nidificatrices sur site, peu documentées aujourd'hui suite à une absence de gestion.

2.2 Autochtonie des odonates

Par la surface importante des sites sujets à la caractérisation des peuplements d'Odonates, les recherches de critères d'autochtonie s'effectuent sous la forme de transects autant pour les Anisoptères que pour les Zygoptères. Ces derniers sont accolés aux masses d'eau avec une salinité inférieure à 16 g/L, seuil légal des larves d'odonates (Boudot et al., 2017). Pour les exuvies des anisoptères, la recherche se fait principalement dans les canaux navigables des sites, sauf pour le canal de la Bouffie et de la Madeleine. En effet, la fermeture et la densité de la végétation implique une recherche à pied uniquement dans les zones atteignables avec une distance de prospection de deux mètres par rapport à l'eau.

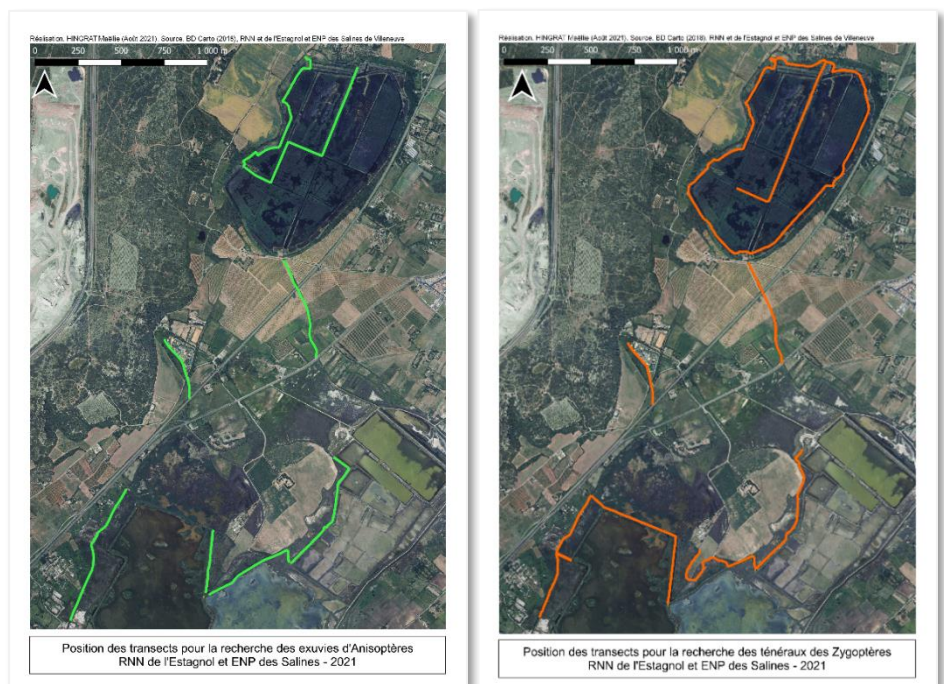


Figure 3. Position des transects pour la recherche des critères d'autochtonie



2.2.1 Recherche des exuvies des anisoptères

La recherche d'exuvies étant fastidieuse et chronophage, il est important d'optimiser au maximum le temps consacré à la phase terrain. La collecte s'effectue en canoë ou à l'aide d'une planche flottante (planche à voile, surf, paddle...) sur les 2 kilomètres de berges à l'Estagnol et sur les 2,5 kilomètres de berges aux Salines (Figure 3). Pour avoir le même effort d'échantillonnage sur ces sites, l'observateur progresse à une vitesse d'environ 1 – 2 km/h à chaque prospection. Pour la Bouffie et la Madeleine, une recherche à pied sur les endroits accessibles est effectuée. Un passage prend au total deux jours pour couvrir l'intégralité des sites. La périodicité est d'un passage toutes les deux semaines de mai à août pour espérer avoir l'intégralité des émergences du cortège des Anisoptères. Parce qu'il s'agit de données de présence – absence, il n'est pas utile de collecter plusieurs fois la même espèce au sein d'un même site la même année sauf si un « hot-spot » d'émergence est détecté pour une possible cartographie des habitats aquatiques les plus favorables pour la vie larvaire. Si la diagnose n'est pas possible directement sur le terrain avec une loupe, l'individu est identifié au laboratoire avec une loupe binoculaire. Chaque exuvie collectée est géoréférencée à l'aide d'un GPS (*Garmin GPSmap 62s*) et mise dans une boîte avec la date et le point GPS affilié.

2.2.2 Recherche des ténéraux des zygoptères

La recherche des ténéraux s'effectue à pied le long des canaux favorables à la vie larvaire sur environ 4 kilomètres pour les Salines et l'Estagnol, 600 mètres pour la Bouffie et 400 mètres pour la Madeleine afin de contacter le maximum d'espèces sur le site (Figure 3). Le cheminement juxtapose les habitats aquatiques favorables à la vie larvaire et traverse les transects liés à l'abondance des Odonates pour optimiser le temps consacré à l'échantillonnage. L'observateur marche à une vitesse constante, environ 2 km/h, et identifie l'ensemble des Zygoptères ténéraux. La diagnose se fait au maximum à vue à l'aide de jumelles mais il est possible qu'une capture soit envisageable pour la faciliter. Une manipulation peut être létale pour les demoiselles à ce stade car l'ensemble du corps et des ailes n'est pas « sec » et risque d'être détérioré. Les données sont recueillies directement sur une base de données sur téléphone. Un maximum de passage a été effectué pendant la période de pic d'émergence de mai à fin juillet ce qui représente 9 passages de deux jours consécutifs sur l'ensemble des sites d'étude.

2.3 Abondance des odonates

2.3.1 Caractérisation des transects de suivi

Le périmètre de suivi étant important et comportant un grand panel d'habitats naturels diversifiés, cela représente de nombreuses heures de prospection. Pour réduire l'effort d'échantillonnage, 9 habitats homogènes sans effet de lisière, juxtaposés à des cours d'eau avec une salinité inférieure à 16 mg/L et représentatifs des sites sont définis sur un critère de dominance végétale significative (Tableau B). Autre critère



de sélection, le milieu doit être sujet à une pression anthropique nulle à modérée (fréquentation contrôlée, pas de surpâturage, pas de fauchage).

Tableau B. Habitats sélectionnés et espèces végétales dominantes pour le suivi des imagos des Odonates

RNN de l'Estagnol	Salines de Villeneuve	Canal de la Bouffie	Source de la Madeleine
15.5 – Prés salés méditerranéens	53.1 – Roselières	89 – Canaux à ronciers	44.6 – Forêts méditerranéennes de Peupliers, d'Ormes et de Frênes
53.1 – Roselières			
44.813 – Fourrés de Tamaris	15.58 – Prés salés à <i>Juncus subulatus</i>		
37 – Mégaphorbiaies			

Note. Code CORINE biotopes (Bissardon and Guibal, 1997)

Deux échantillons distants de plusieurs centaines de mètres (suivant la possibilité) sont réalisés dans chaque habitat pour augmenter le nombre de répliques biologiques. Conjointement, les échantillons sont répartis sur l'ensemble des sites, avec une distance maximale de 30 mètres de l'eau, permettant de détecter des espèces en transit qui ne seraient pas autochtones sur le périmètre concerné.

Concernant la méthodologie d'échantillonnage, la végétation haute de certains habitats comme les mégaphorbiaies et les roselières exige la réalisation de transects pour améliorer la visibilité sur les 2,5 mètres de chaque côté de l'observateur. La mise-en-place de points d'observation ne permettrait pas de contacter les espèces peu mobiles cachées dans la végétation. De plus, le risque de sur-comptage serait accru par la stabilité de l'observateur (Pont et al., 2014).

Pour l'abondance des Odonates, la réalisation de tests de puissance par l'estimateur de Chao (Chao, 1987; Palmer, 1990) sur les données antérieures issues de suivi temporel par transect (STELI) n'indique pas une sous-estimation de la richesse spécifique avec des transects de 60 mètres sur 5 mètres de large avec une durée de prospection de 30 minutes (stage inventaire Odonates 2018). Les graphiques obtenus reflètent un pallier de diversité avec 9 passages par échantillon (Annexe II). Une durée de prospection de 20 minutes suffirait et éviterait le risque de sur-comptage, ce qui nous permettrait d'augmenter le nombre

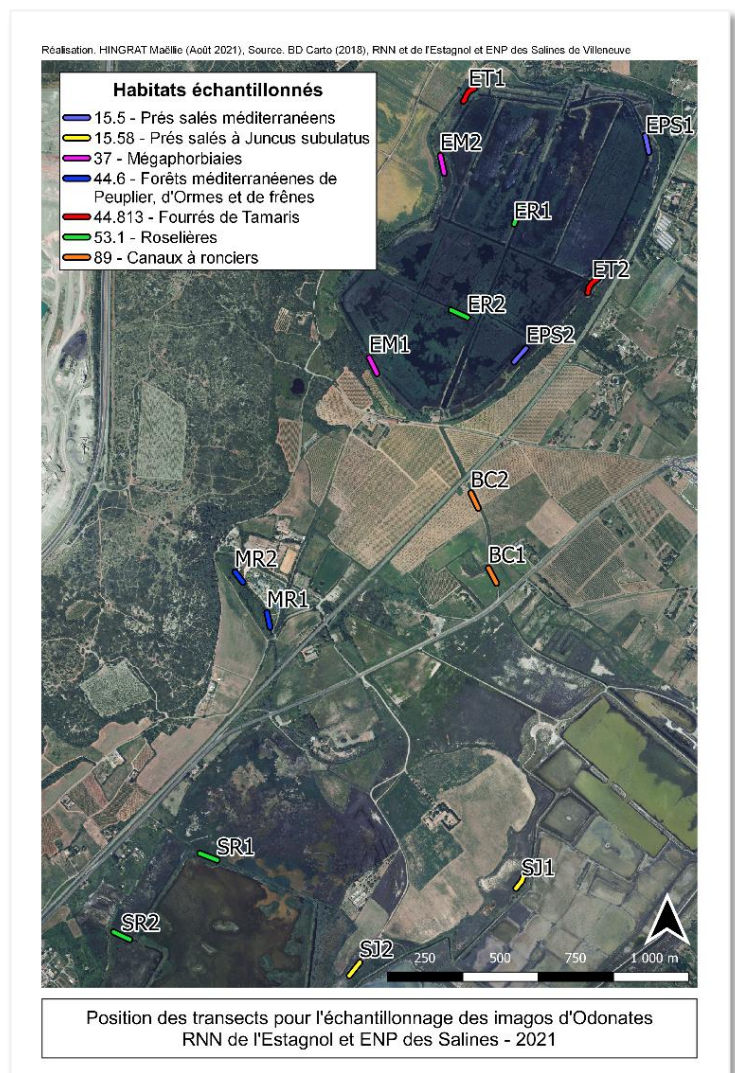


Figure 4. Position des transects pour l'échantillonnage des imagos



d'échantillon dans le temps imparti (com. pers. Louboutin). Cinq mois sont consacrés au suivi des odonates avec une phase terrain allant de mai à début août, période de présence d'une majorité d'espèces d'Odonates dans ces milieux.

18 transects sont répartis sur les 9 habitats sélectionnés des quatre sites (Figure 4).

Afin d'optimiser la détection des Odonates pendant leur pic d'activité, la réalisation d'un échantillonnage sur ce taxon implique la nécessité d'avoir des conditions optimales de suivi pour les phases terrain (Tableau C). Les journées consacrées au protocole sont en fonction des conditions climatiques sachant que les transects d'un même site doivent être réalisés dans un même laps de temps pour optimiser l'analyse comparative intra-site. Deux réplicats sont espacés de 7 à 14 jours maximum.

Tableau C. Conditions optimales de suivi des Odonates pour un échantillonnage (SFO and MNHN, 2012)

		Température			
		< 17 °C	17 °C – 25 °C	25 °C – 30 °C	> 30 °C
Nébulosité	> 75 %	Non	Oui		
	< 75 %	Oui			
Vent	> 30 km/h	Non			
	< 30 km/h	Oui			
Pluie		Non			
Heure		10 – 16 heures	10 – 16 heures	10 – 17 heures	9 – 18 heures

2.3.2 Échantillonnage des imagos

Avant la mise-en place de chaque transect, une mesure de la hauteur d'eau, des paramètres physico-chimiques et climatiques sont réalisées pour apprécier les variations pluriannuelles sur la masse d'eau adjacente à l'habitat échantillonné. Le point de mesure est géoréférencé avec un GPS et doit être le même pour chaque transect. L'intégralité des données est enregistrée à l'aide d'un dictaphone.

1. Mention de la **date** et l'**heure** de début de prospection
2. Mesure du **vent** avec un anémomètre (km/h) et de la **couverture nuageuse** (0 % - 25 % - 50 % - 75 % - 100 %)
3. Mention de la **température** ambiante (°C) par la station météorologique des Salines
4. Mesure de la **salinité** (g/L) et de la **conductivité** (mS/cm) avec une sonde (CDC401 *Hach*)
5. Mesure de la **hauteur d'eau** avec une échelle limnimétrique (NGF) si possible ou avec un bâton témoin d'un mètre marqué centimètre par centimètre.

La durée d'un transect étant de 20 minutes, l'observateur progresse à une vitesse constante de 3 mètres par minute. Des piquets au début et à la fin de chaque transect sont installés par géolocalisation.

Pour la prospection des Odonates, l'échantillonnage se fait par identification visuelle à l'aide de jumelles et/ou par la capture des individus avec un « filet à papillons ». Le chronomètre est arrêté pour chaque diagnose.



Si cette dernière s'avère délicate, l'individu est prélevé à l'aide de boîtes spécifiques et étudié sous loupe binoculaire en laboratoire puis relâché au même endroit que sa capture. Chaque individu est accompagné de son nom d'espèce, son abondance et si possible son sexe, son statut de développement (ténéral, immature, adulte, défraîchi) ainsi que son comportement s'il apporte des informations sur son autochtonie (tandem, ponte, cœur copulatoire).

À la suite de l'échantillonnage, l'estimateur de Chao et les indices de diversité α sont calculés pour chaque habitat à l'aide du logiciel *Past* (Hammer et al., 2001) et les indices de diversités β entre habitats avec le logiciel *R* (R Core Team, 2020). Pour la caractérisation des cortèges odonatologiques des habitats, une Analyse des Composantes Principales (ACP) est calculée avec *R*.

2.4 Hiérarchisation et évaluation

En dehors de ces deux protocoles, des prospections aléatoires sont réalisées afin de contacter les espèces les plus rares et/ou discrètes probablement sous-estimées. Ces espèces, rentrées sur une base de données sur téléphone, permettent d'agrémenter la liste des espèces contactées pour la hiérarchisation. Cette dernière permet d'actualiser la responsabilité des sites de la RNN de l'Estagnol et de l'ENP des Salines de Villeneuve. Des coefficients sont attribués aux différentes utilisations des sites : 1 pour les espèces autochtones (développement larvaire complet), 1 pour les espèces en maturation (développement imaginal et comportements liés aux habitats) et 0,25 pour les espèces anecdotiques (moins de 3 contacts d'adultes lors de l'année t). Ces données seront couplées avec leur statut de conservation pour mettre-à-jour les Odonates à enjeux d'intérêt patrimonial qui sont présentes et/ou autochtones sur le périmètre d'étude (Annexe IV). Pour chaque site, la présence – absence et l'autochtonie de certaines espèces permettent d'apprécier le bon ou mauvais fonctionnement des échanges et donc des corridors écologiques.

Parallèlement, une comparaison des richesses spécifiques attendues et observées à l'aide de la liste d'espèces potentiellement attendues sur les sites réalisée au préalable, est effectuée comme préconisé par le protocole RhoMeO. Cet indicateur peut varier de 0 % (aucune espèce au rendez-vous) à 100 % (toutes les espèces attendues au rendez-vous). Dans ce protocole, il est considéré qu'un peuplement odonatologique est intègre si au moins 65 % des espèces attendues ont été observées. Ce chiffre, analysé seul, donne peu d'informations et ne doit pas être amputé de ses facteurs confondants (perturbation, conditions climatiques, effet observateur...). En revanche, de grandes variations de cet indicateur par site sur le long terme peuvent éventuellement indiquer une régression, constance ou amélioration de l'état de conservation de la zone d'étude (com. pers. Lambret).



3 RÉSULTATS

3.1 Autochtonie des odonates

3.1.1 Habitats aquatiques potentiels

Le littoral méditerranéen occidental et plus précisément la côte améthyste est sujet depuis juillet 2020 à un déficit de précipitations avec la succession d'une sécheresse estivale, d'une dessiccation hivernale et printanière (Météo France). Par conséquent, les niveaux d'eau sur la réserve de l'Estagnol sont très faibles depuis maintenant 1 an (Figure 5). Ces conditions ont entraîné un assec précoce des canaux sur l'Estagnol et de certains habitats aux Salines ainsi qu'une forte augmentation de la salinité en 2021. Bien que la réserve n'ait jamais dépassé les 16 g/L avant de s'assécher, le canal accolé au transect SJ1 aux Salines en revanche est devenu défavorable à la vie larvaire en atteignant 40 g/L à partir de juin. 160 ha du complexe sont des habitats aquatiques potentiels pour la vie larvaire dont 75 ha sont des zones humides temporaires en 2021 (Figure 2).

En effet, la RNN de l'Estagnol est une zone humide quasi-entièrement temporaire cette année, à l'exception de la résurgence au Nord. Les Salines de Villeneuve accueillent des zones humides permanentes et temporaires, approvisionnées à l'est en eau douce par la source de la Madeleine qui est un cours d'eau permanent. Quant au Canal de la Bouffie, source en eau salée de la réserve, sa configuration (plus élevée que l'Estagnol) entraîne une fragmentation et un assèchement de certaines parties (BC1) en saison sèche et il ne lie plus les Salines à l'Estagnol. Les variations d'espèces autochtones selon les sites peuvent ainsi s'expliquer en partie par leur tolérance à la salinité et la temporalité de la zone humide étudiée. La présence ou non de végétation aquatique est aussi un facteur explicatif de la reproduction ou non des libellules. Le développement d'importantes quantités de Characées, de renoncules et de potamots est favorisé par la minéralisation du sol lors de l'assec estival ainsi que par la hauteur d'eau et la qualité des eaux. Les Odonates dont la ponte est endophyte pourront donc être plus présents sur l'Estagnol.

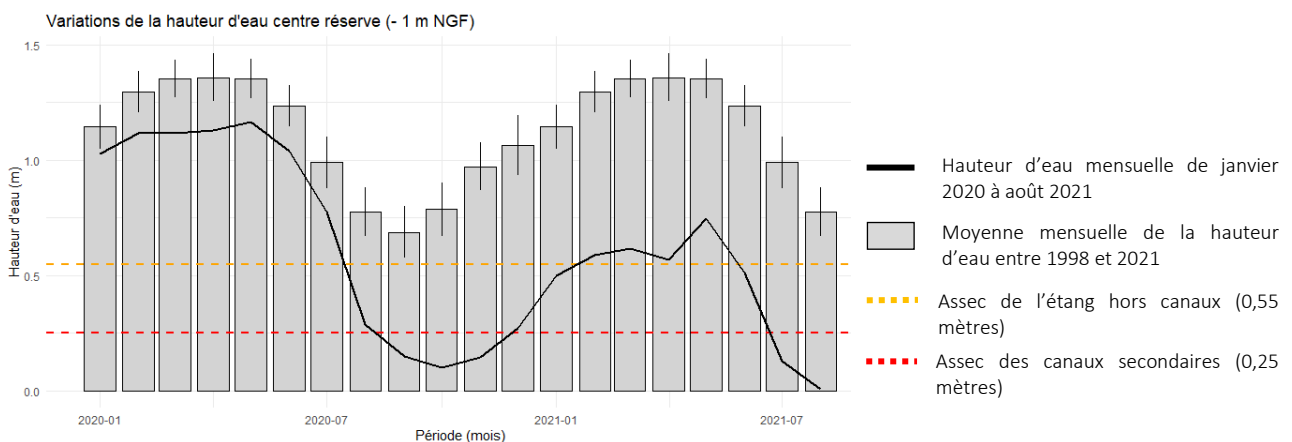


Figure 5. Variation de la hauteur d'eau au centre de la réserve de l'Estagnol



3.1.2 Autochtonie

↳ Exuvies

La prospection des exuvies a été réalisée en 4 passages. 52 exuvies ont été collectées pour un total de 6 espèces autochtones qui ont pu être identifiées (Tableau D). Durant la prospection, 5 Zygoptères ont été trouvés. Sur l'Estagnol, la moyenne est de 16 exuvies / kilomètre et pour les Salines 8 exuvies / kilomètre. Aucune exuvie n'a été collectée sur le canal traversant les Salines dont la salinité est devenue supérieure à 16 g/L au cours de la saison, sur le canal de la Bouffie et sur la source de la Madeleine.

Tableau D. Résultats de la prospection des exuvies sur la zone d'étude

	RNN de l'Estagnol	ENP des Salines de Villeneuve
<i>Anisoptera</i> (Selys, 1854)	0	1
<i>Hemianax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	0	1
<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	0	1
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	6	11
<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	4	0
<i>Sympetrum C (meridionale / striolatum)</i>	14	4
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	10	0
<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	0	2
<i>Sympetrum</i> (Newman, 1833)	1	2
Somme	35	22

↳ Ténéraux des Zygoptères

La prospection des ténéraux a été réalisée en 9 passages par présence – absence. Au total, il y a 5 espèces autochtones sur le complexe (Tableau E). Il peut être noté la différence d'espèces entre les sites, avec 3 espèces à l'Estagnol dont deux sont différentes de celles des Salines. Plusieurs hot-spots d'émergences de *Lestes barbarus* ont été détectés aux Salines dans les roselières en eau et les prés salés à *Juncus subulatus* immergés (50 à 200 individus). *Lestes sponsa* est uniquement autochtone sur la Madeleine alors que présent sur l'Estagnol et les Salines. Aucun ténéral n'a été contacté sur le canal de la Bouffie.

Tableau E. Résultats de la prospection des ténéraux sur la zone d'étude

	RNN de l'Estagnol	ENP des Salines de Villeneuve	Source de la Madeleine
<i>Erythromma viridulum</i> (Charpentier, 1840)	1	0	0
<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	1	1	0
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	0	1	0
<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	0	0	1
<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	1	0	0
Nombre d'espèces	3	2	1

3.2 Abondance des odonates

Par l'utilisation du Bti sur l'ENP des Salines, le canal de la Bouffie et de la Madeleine ainsi que les grandes différences de conditions hydrologiques de ces sites avec la RNN de l'Estagnol (assec quasi-total), les résultats de chaque site ne peuvent pas être analysés globalement. Pour l'analyse statistique des indices de diversité, les résultats des Odonates de l'Estagnol seront séparés du reste du complexe pour éviter les biais.



3.2.1 Généralités du complexe par zone

↳ RNN de l'Estagnol

Tableau F. Résultats de l'abondance des Odonates sur la RNN de l'Estagnol

	Mégaphorbiaies	Prés salés	Roselières	Tamaris
<i>Aeshna affinis</i> (Vander Linden, 1820)	1	7	5	3
<i>Aeshna mixta</i> (Latreille, 1805)	2	2	2	1
<i>Anax imperator</i> (Leach, 1815)	0	2	1	1
<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	0	2	2	1
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	2	8	7	2
<i>Erythromma viridulum</i> (Charpentier, 1840)	0	18	11	15
<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	8	20	25	6
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	5	2	0	0
<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	0	0	1	0
<i>Orthetrum brunneum</i> (Boyer de Fonscolombe, 1837)	0	0	0	1
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	6	5	19	19
<i>Sympetma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	2	19	3	17
<i>Sympetrum</i> (Newman, 1833)	0	2	0	0
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	1	5	2	8
<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	11	29	8	14
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	1	0	1	0

Au cours des 9 passages, **335** individus ont été contactés pour un total de **15** espèces différentes. D'après l'estimateur de Chao, il n'y a pas eu de sous-estimation de la richesse spécifique lors de l'échantillonnage sauf pour les fourrés de Tamaris où elle serait de 15 au lieu de 12. Cette sous-estimation peut être due à un remplacement d'espèces pendant la saison et à la présence d'espèces rare et/ou discrètes.

Trois indices de diversité α de chaque typologie d'habitat ont été calculés (Tableau G). L'abondance des Odonates est hétérogène suivant les habitats : elle passe du simple au double voire au triple lors de la comparaison des mégaphorbiaies avec le reste. La richesse spécifique (S), l'indice de Shannon (H) et l'équitabilité de Pielou (J) sont relativement constants en fonction des populations des quatre habitats. La population des mégaphorbiaies, bien qu'elle soit la moins diversifiée, est la plus équitable entre ces espèces. Dans l'ensemble, les populations de chaque habitat sont équitables avec une diversité moyenne.

Tableau G. Indices de diversité des populations d'Odonates de la RNN de l'Estagnol

	Mégaphorbiaies	Prés salés	Roselières	Tamaris
Richesse spécifique (S)	10	12	13	12
Individus	39	119	87	88
Shannon	1.97	2.11	2.07	2.05
Équitabilité (J)	0.86	0.85	0.81	0.82

Pour la diversité β , deux indices sont calculés : β -Sorensen et β -Simpson (Annexe V). Dans l'ensemble, il y a une faible diversité β au sein de la RNN de l'Estagnol et peu d'espèces exclusives entre les quatre habitats avec environ 90% d'espèces communes entre eux ce qui pourrait induire les mêmes cortèges. Les habitats avec l'indice de β -Sorensen le plus élevé (0,25) sont les mégaphorbiaies et les fourrés de Tamaris. Ils possèdent aussi le pourcentage d'espèces exclusives le plus haut (18 %). Cependant, lorsque l'emboîtement est isolé (β -Sorensen - β -Simpson), il semblerait que la diversité entre ces habitats, même faible, s'explique par un



remplacement des espèces surtout entre les prés salés méditerranéens et les fourrés de Tamaris. Les habitats avec les populations d'Odonates qui s'emboîment le plus sont les mégaphorbiaies et les roselières.

↳ ENP Salines – Bouffie – Madeleine

Tableau H. Résultats de l'abondance des Odonates sur l'ENP des Salines, du canal de la Bouffie et de la source Madeleine

	Bouffie	Madeleine	Salines	
	Canal à ronciers	Ripisylves	Prés salés	Roselières
<i>Aeshna affinis</i> (Vander Linden, 1820)	0	0	3	0
<i>Aeshna mixta</i> (Latreille, 1805)	0	0	3	1
<i>Anax</i> (Leach, 1815)	1	0	2	0
<i>Anax imperator</i> (Leach, 1815)	0	0	2	0
<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	2	0	2	3
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	1	0	16	25
<i>Erythromma viridulum</i> (Charpentier, 1840)	0	0	2	0
<i>Gomphidae</i> (Rambur, 1842)	0	1	0	0
<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	1	4	11	139
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	0	36	167	199
<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	0	4	21	25
<i>Lestes virens virens</i> (Charpentier, 1825)	0	6	0	1
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	0	5	2	18
<i>Orthetrum coerulescens</i> (Fabricius, 1798)	0	1	0	0
<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	0	1	3	3
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	0	0	22	8
<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	0	51	220	93
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	0	0	1	1

Au cours des 9 passages, **1107** individus ont été contactés pour un total de **16** espèces différentes. D'après l'estimateur de Chao, il n'y a pas eu de sous-estimation de la richesse spécifique lors de l'échantillonnage sauf pour les roselières où elle serait de 15 au lieu de 12. Cette sous-estimation peut être due à un remplacement d'espèces pendant la saison et la présence d'espèces rare et/ou discrètes.

Les mêmes indices de diversité α de chaque typologie d'habitat ont été réalisés que pour l'Estagnol. Le canal de la Bouffie ne peut pas être analysé avec seulement 4 individus de 3 espèces contactés. Quant à la source de la Madeleine, il y a un peu d'individus, en comparaison avec les deux habitats des Salines, une faible diversité et une équitabilité moyenne. Aux Salines, l'abondance des Odonates pendant les transects peut s'expliquer par la présence d'« hot spots » à émergence pour *Sympetrum meridionale* et *Lestes barbarus*. Ceci explique aussi la faible équitabilité entre les espèces dans ces habitats avec la présence d'espèces rares et/ou discrètes.

Tableau I. Indices de diversité des populations d'Odonates de l'ENP des Salines, du canal de la Bouffie et de la source de la Madeleine

	Bouffie	Madeleine	Salines	
	Canal à ronciers	Ripisylves	Prés salés	Roselières
Richesse spécifique (S)	3	8	14	12
Individus	4	108	475	516
Shannon	1.04	1.35	1.41	1.60
Équitabilité (J)	0.97	0.65	0.53	0.64

Les indices de diversité β pour les résultats ont été calculés (Annexe VI). Seulement 3 espèces anecdotiques ont été vues à la Bouffie donc les résultats sont peu analysables avec le reste. Dans l'ensemble, il



Il y a une diversité β moyenne indiquant des cortèges relativement différents entre les habitats, surtout entre les populations de la ripisylve et ceux des habitats des Salines, pouvant aller jusqu'à 0,42 avec les prés salés à *Juncus subulatus*. Ceci s'explique notamment par la forte part d'espèces exclusives à la source de la Madeleine (environ 20 %) par rapport aux Salines. Les prés salés à *Juncus subulatus* et les roselières sont quant à elles très semblables avec seulement 7 % d'espèces exclusives. Lorsque l'emboîtement est isolé, il semblerait que les espèces de la Bouffie soient semblables à celles des Salines. Pour la population de la source de la Madeleine, la diversité β avec les habitats des Salines s'explique à 20 % par un emboîtement des cortèges malgré leur proximité.

3.2.2 Caractérisation des populations au sein des habitats

↳ Analyse des Composantes principales (ACP)

Les données d'abondance des Odonates du complexe sont des variables quantitatives. Pour la réalisation de la caractérisation des populations, cela induit l'élaboration d'une analyse en composantes principales. Cependant, la présence de double 0 et de grandes variations d'abondances entre les espèces impliquent une transformation des données. Une méthode euclidienne permet d'avoir une abondance relative entre les habitats tout en réduisant le poids des valeurs extrêmes (hot spot) (Legendre and Gallagher, 2001). Pour ce faire, une application de la transformation d'Hellinger a été faite sur le jeu de données avant toute analyse statistique (Borcard et al., 2018,).

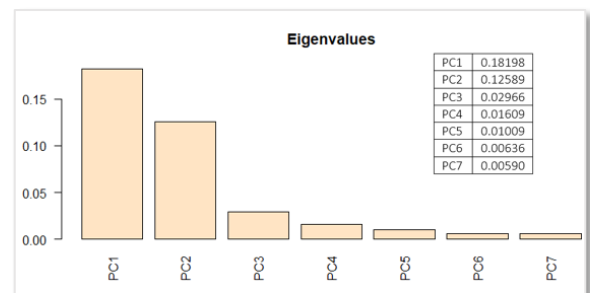


Figure 6. Diagramme des valeurs propres de l'ACP

Avant de réaliser l'ACP, la sélection des axes a été faite sur la base du critère de Kaiser-Guttman (ne retenir que les axes dont l'inertie est supérieure à la moyenne des inerties). Dans ce cas, la moyenne est de $\bar{x} = 0,03571$. Les axes 1 et 2 sont sélectionnés pour la représentation des données car ils sont supérieurs à la moyenne des inerties (Figure 6). Ils expliquent 71,6 % de l'inertie totale.

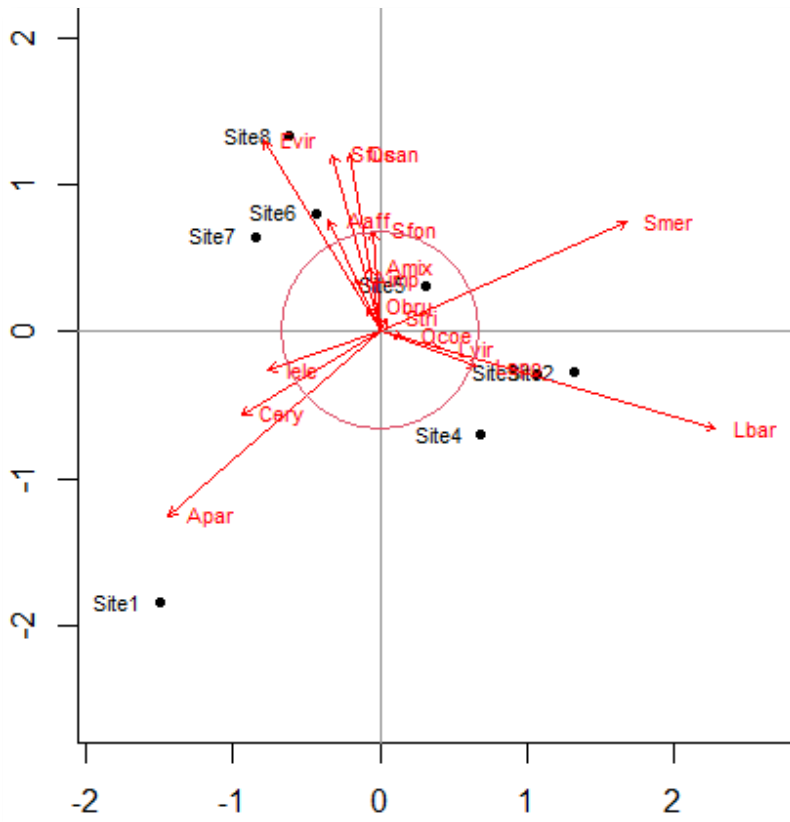
Tableau J. Correspondance des habitats pour l'ACP

Bouffie	Madeleine	Salines		Estagnol			
Canal à ronciers	Ripisylves	Prés salés à <i>Juncus subulatus</i>	Roselières	Mégaphorbiaies	Prés salés méditerranéens	Roselières	Fourrés de Tamaris
Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8

D'après le graphique avec le cercle des corrélations (Figure 7), il y a 10 variables qui ont leur vecteur plus long que le cercle, ce qui indique qu'elles ont une contribution plus élevée que la moyenne et qu'elles peuvent donc être interprétées avec confiance. Pour la variance de l'axe 1, les espèces *Sympetrum meridionale* et *Lestes barbarus* contribuent positivement, alors qu'*Anax parthenope* y contribue négativement. Quant à la



variance de l'axe 2, les espèces *Erythromma viridulum*, *Sympetrum fusca*, *Orthetrum cancellatum* et *Aeshna affinis* contribuent positivement.



Il s'avère que l'axe 1 isole le site 1 (Canal à ronciers) négativement et rassemble les sites 2, 3 et 4 (ripisylves de la Madeleine et habitats des Salines). L'axe 2 isole les sites 6, 7 et 8, respectivement les prés salés méditerranéens, les roselières et les fourrés de Tamaris de l'Estagnol.

Sur ce même graphique, quatre associations d'espèces se distinguent (Figure 7) :

- *Ischnura elegans*, *Crocothemis erythraea* et *Anax parthenope* qui sont corrélées positivement avec l'habitat canal à ronciers.

Figure 7. Structuration des données par l'ACP avec cercle de corrélation

- *Lestes barbarus* et *Lestes sponsa* qui

corrèlent positivement avec les habitats des Salines (roselières et prés salés à *Juncus subulatus*) et les ripisylves

- *Sympetrum meridionale* qui corrèle positivement avec les mégaphorbiaies (site 5)
- *Erythromma viridulum*, *Sympecma fusca*, *Orthetrum cancellatum* et *Aeshna affinis* qui corrèlent positivement avec les habitats de la RNN de l'Estagnol : roselières, fourrés de Tamaris et les prés salés méditerranéens

Afin d'expliquer et/ou confirmer la différence et la ressemblance de cortèges odonatologiques selon les habitats, une classification hiérarchique est idéale. Pour déterminer le nombre de clusters, une corrélation de Mantel a été faite sur le jeu de données (Borcard et al., 2018). Il s'avère que trois clusters permettraient d'apprécier une inertie significative pour mesurer l'intensité des regroupements entre les habitats (Figure 8).

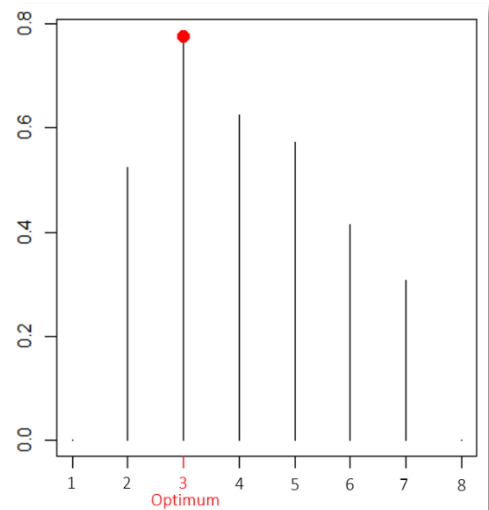


Figure 8. Nombre de cluster optimal d'après la corrélation de Mantel



Sur le graphique illustrant la répartition des données, les 3 clusters sont regroupés de part et autre des axes. Dans un premier temps, il est important de noter que la population d'Odonates du canal à roncières de la Bouffie s'oppose à celle de l'intégralité des autres habitats. Pour les populations de l'Estagnol sauf celles les mégaphorbiaies, elles forment un cluster qui s'oppose aux cortèges des deux habitats des Salines, de la ripisylve de la Madeleine et des mégaphorbiaies de la réserve. Il semblerait en effet que le cortège des mégaphorbiaies de l'Estagnol soit plus proche de celui des Salines que de celui des autres habitats de la réserve. Cependant, il est clairement visible que les cortèges de la RNN de l'Estagnol se dissemblent du reste du complexe de zones humides par leurs structurations.

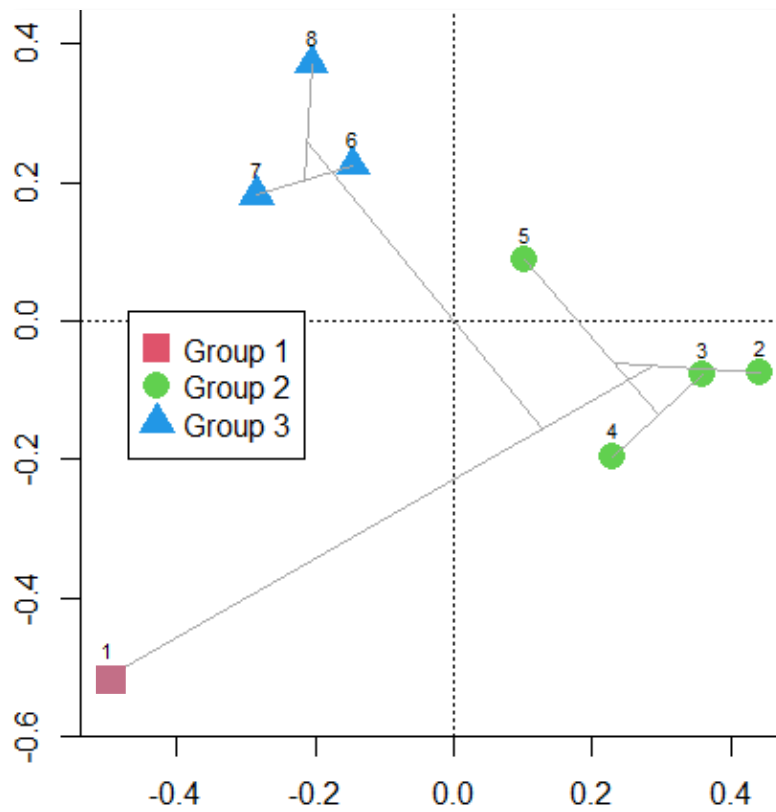


Figure 9. Répartition des données par l'ACP

3.3 Hiérarchisation et évaluation

↳ RNN de l'Estagnol

Pour la saison 2021, 18 espèces ont été contactées dont 9 sont autochtones certaines. Les exuvies collectées lors de prospections antérieures ont été ajoutées pour la hiérarchisation. Dans la liste, deux espèces sont d'intérêt patrimonial : *Lestes barbarus* et *Lestes sponsa*, qui ne sont à priori pas autochtones certaines en 2021. Sur la liste des espèces attendues effectuées au préalable, seulement **40 %** ont été au rendez-vous (18 sur 45).



Tableau K. Hiérarchisation et responsabilité des Odonates de la RNN de l'Estagnol

	Espèce	Activité sur site	Poids	LR Occitanie	Responsabilité site
Anisoptera	<i>Aeshna affinis</i> (Vander Linden, 1820)	Maturation	1	LC	
	<i>Aeshna mixta</i> (Latreille, 1805)	Autochtone	1	LC	
	<i>Anax imperator</i> (Leach, 1815)	Autochtone	1	LC	
	<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	Maturation	1	LC	
	<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	Autochtone	1	LC	
	<i>Hemianax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	Maturation	1	NA	
	<i>Libellula depressa</i> (Linnaeus, 1758)	Anecdotique	0.25	LC	
	<i>Orthetrum brunneum</i> (Boyer de Fonscolombe, 1837)	Maturation	1	LC	
	<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	Autochtone	1	LC	
	<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	Autochtone	1	LC	
	<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	Autochtone	1	LC	
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	Maturation	1	LC		
Zygoptera	<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier, 1840)	Anecdotique	0.25	LC	
	<i>Erythromma viridulum</i> (Charpentier, 1840)	Autochtone	1	LC	
	<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	Autochtone	1	LC	
	<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	Maturation	1	NT	FAIBLE
	<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	Anecdotique	0.25	EN	FAIBLE
	<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	Autochtone	1	LC	

↳ ENP des Salines de Villeneuve

Quant aux Salines, 17 espèces ont été contactées dont 6 sont autochtones certaines en 2021. Dans la liste, quatre espèces sont d'intérêt patrimonial : *Aeshna isoceles*, *Lestes virens virens*, *Lestes sponsa* et *Lestes barbarus* dont la dernière seulement est autochtone. Sur la liste des espèces attendues effectuées au préalable, seulement **41 %** ont été au rendez-vous (17 sur 42).

Tableau L. Hiérarchisation et responsabilité des Odonates de l'ENP des Salines de Villeneuve

	Espèce	Activité sur site	Poids	LR Occitanie	Responsabilité site
Anisoptera	<i>Aeshna affinis</i> (Vander Linden, 1820)	Maturation	1	LC	
	<i>Aeshna isoceles</i> (O.F. Müller, 1767)	Anecdotique	0.25	NT	FAIBLE
	<i>Aeshna mixta</i> (Latreille, 1805)	Maturation	1	LC	
	<i>Anax imperator</i> (Leach, 1815)	Maturation	1	LC	
	<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	Maturation	1	LC	
	<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	Maturation	1	LC	
	<i>Hemianax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	Autochtone	1	NA	
	<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	Autochtone	1	LC	
	<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	Maturation	1	LC	
	<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	Autochtone	1	LC	
	<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	Maturation	1	LC	
Zygoptera	<i>Erythromma viridulum</i> (Charpentier, 1840)	Maturation	1	LC	
	<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	Autochtone	1	LC	
	<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	Autochtone	1	NT	FAIBLE
	<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	Maturation	1	EN	FORT
	<i>Lestes virens virens</i> (Charpentier, 1825)	Anecdotique	0.25	NT	FAIBLE
	<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	Autochtone	1	LC	

↳ Canal de la Bouffie

Seulement 3 espèces ont été contactées sur la Bouffie dont aucune n'est autochtone certaine. Pour chaque taxon, il y a eu moins de 3 contacts ce qui ne prouve pas l'utilisation certaine du site. Sur la liste des espèces attendues effectuées au préalable, seulement **7 %** ont été au rendez-vous (3 sur 42).



Tableau M. Hiérarchisation et responsabilité des Odonates du canal de la Bouffie

		Espèce	Activité sur site	Poids	LR Occitanie	Responsabilité site
A	Z	<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	Anecdotique	0.25	LC	
		<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	Anecdotique	0.25	LC	
		<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	Anecdotique	0.25	LC	

↳ Source de la Madeleine

En 2021, 9 espèces ont été contactées sur la Madeleine dont une est autochtone certaine : *Lestes sponsa*. Sur la liste des espèces attendues effectuées au préalable, seulement 20 % ont été au rendez-vous (9 sur 46).

Tableau N. Hiérarchisation et responsabilité des Odonates de la source de la Madeleine

		Espèce	Activité sur site	Poids	LR Occitanie	Responsabilité site
Anisopte		<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	Maturation	1	LC	
		<i>Orthetrum coerulescens</i> (Fabricius, 1798)	Anecdotique	0.25	LC	
		<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	Maturation	1	LC	
		<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	Maturation	1	LC	
Zygoptera		<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	Maturation	1	LC	
		<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	Maturation	1	NT	FAIBLE
		<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	Autochtone	1	EN	FORT
		<i>Lestes virens virens</i> (Charpentier, 1825)	Maturation	0.5	NT	FAIBLE
		<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	Anecdotique	0.25	LC	

Ainsi, d'après le protocole RhoMeO, aucune des populations des sites de l'étude n'est intègre en 2021, c'est-à-dire que l'on ne peut pas dire que les communautés aient une composition biologique et une organisation fonctionnelle comparables à celles d'autres systèmes naturels « intacts » de référence (Triplet, 2021). Bien que les listes d'espèces attendues soient différentes selon les sites, force est de constater que les populations de la RNN de l'Estagnol et de l'ENP des Salines de Villeneuve semblent être cependant en meilleur état de conversation que celles de la Bouffie et de la Madeleine.



4 DISCUSSION

Ces résultats permettent d'instaurer un état initial pour le suivi des populations d'Odonates sur le périmètre d'étude. Des variations de cortèges en fonction des sites et des habitats dans le complexe sont perceptibles pour l'année 2021. La première information visible est l'importante différence d'abondance entre les sites. Avec une moyenne d'environ 84 individus par habitat à l'Estagnol, 497 aux Salines, 109 à la Madeleine et 5 à la Bouffie, ces variations peuvent avoir plusieurs explications.

↳ Variations intra-sites

Pour l'Estagnol, l'assec de la zone humide, exceptionnelle par sa durée, a dû avoir un impact sur les espèces avec un cycle larvaire supérieur à un an. Des espèces normalement abondantes sur le site n'ont d'ailleurs pas été contactées cette année : *Orthemum albistylum*, *Ischnura pumilio*, *Erythromma lindenii* et *Chalcolestes viridis*. Cela peut s'expliquer par une réduction des niches écologiques et des habitats potentiels due à l'assec et donc une augmentation de la compétition inter et intraspécifique. *I. pumilio* est sporadique et sensible à la présence de *Ischnura elegans*, abondante sur le site. L'absence de *C. viridis* peut être due au fait qu'il s'agit d'une espèce tardive car l'imago est surtout visible en août (Boudot et al., 2017). D'après l'ACP, il semblerait que les cortèges des quatre habitats soient quasi similaires et l'utilisation du site par les Odonates homogène. La différence entre les mégaphorbiaies et le reste peut s'expliquer par une diminution de la détectabilité des individus à cause de la haute végétation mais aussi peut être par une forte pression de prédation. Cet habitat est en effet très riche en diversité faunistique.

La forte abondance d'Odonates aux Salines s'explique par la présence de hot-spots d'émergence de *Sympetrum meridionale* et *Lestes barbarus* au sein des transects. De plus, les zones humides de ce site sont permanentes et faibles en salinité. L'utilisation de ces habitats peut ainsi autant être pour la chasse, la dispersion, la maturation ou la reproduction. Une nouvelle espèce d'intérêt patrimonial a été contactée une fois sur le site : *Lestes virens virens*. Les cortèges d'espèces des Prés salés à *Juncus subulatus* et des roselières se ressemblent par leur structuration. Le faible résultat d'individus à la source de la Madeleine peut s'expliquer par la difficulté de contact à cause de la densité et de la fermeture du milieu qui s'opère. De plus, le cours d'eau est par endroit très ombragé voir fermé par la végétation, ce qui est défavorable pour les Odonates. Malgré cela, trois espèces d'intérêt patrimonial ont été contactées : *Lestes barbarus*, *Lestes sponsa* et *Lestes virens virens*. Pour la Bouffie, l'absence de cortège avéré peut être due à de multiples raisons. Dans un premier temps, il s'avère que le canal est très pollué notamment par des intrants agricoles et des hydrocarbures issus du lessivage des voiries juxtaposées au cours d'eau (Preleveo, 2020). De plus, la végétation arbustive est très développée dans le canal sur toute la partie nord, ne laissant que peu de lumière passer. Il est cependant prouvé que le corridor écologique est fonctionnel car des anguilles remontent le cours d'eau, en passant des Salines à l'Estagnol et inversement. Au cours de la saison, des variations de salinité (1.05 à 12.54 g/L) ont été constatées,



sûrement liées aux manœuvres du barrage à sel aux Salines. Ces fluctuations doivent aussi influencer la colonisation des espèces plus ou moins tolérantes au sel.

↳ Variations inter-sites

Des variations inter-sites sont visibles avec les associations d'espèces qui sont pour certaines corrélées à des habitats spécifiques. Il s'avère qu'à la Madeleine et aux Salines, les cortèges sont dominés par des espèces avec une ponte de type exophyte ce qui est pertinent car les zones humides dans ces sites sont majoritairement permanentes avec moins de végétations aquatiques. Quant à l'Estagnol, il s'agit principalement d'espèces à ponte exophyte et avec un cycle larvaire court ce qui se corrèle avec le fonctionnement hydraulique naturel de la réserve. L'emboîtement des populations de certains habitats inter-sites peut indiquer des échanges entre les zones humides. Entre les Salines et la source de la Madeleine, les espèces abondantes communes comme *Sympetrum sp.* ou *Lestes sp.* doivent se disperser par le canal les reliant, prouvant l'importance d'apprécier ces zones humides comme un complexe. Par la proximité entre la RNN de l'Estagnol et des sources de la Madeleine, il se peut que certaines espèces comme *Orthetrum cancellatum* se dispersent d'une zone humide à l'autre. Certaines espèces anecdotiques comme *Aeshna isoceles* ou *Orthetrum coerulescens* doivent être venues d'autres zones humides environnantes car les individus étaient matures et seuls. La faible diversité β et le faible nombre d'espèces exclusives à un habitat induisent probablement des échanges d'individus entre habitats et/ou sites.

↳ Autochtonie

La prospection des critères d'autochtonie a prouvé l'utilisation complète des sites par certaines espèces. Dans l'ensemble, ce sont les mêmes espèces autochtones aux Salines qu'à l'Estagnol. La présence d'une exuvie d'*Hemianax ephippiger* aux Salines est notable car il s'agit d'une espèce migratrice en expansion dont la reproduction en France a été découverte récemment. Le Parc Naturel Régional de Camargue et ses annexes hébergent les seules sites permanents connus de reproduction de cette espèce (Boudot et al., 2017). Il serait donc intéressant de voir sur le long terme s'il s'agit d'une observation récurrente ou singulière. L'absence d'exuvie sur la Bouffie et la Madeleine peut être due à la faible abondance des imagos qui induit une faible probabilité de détection. Il se peut aussi que le protocole ne soit pas adapté à ces sites. L'absence d'exuvie aux Salines sur le canal bordant le transect SJ1 s'explique par la grande variation de salinité, devenue défavorable à la vie larvaire à partir de juillet 2021. Il serait intéressant de vérifier si chaque année le seuil légal est dépassé ou si la forte salinité était exceptionnelle à cause des conditions météorologiques.

↳ Responsabilité des sites

L'échantillonnage des imagos couplé à la prospection des critères d'autochtonie a permis de mettre à jour la responsabilité des sites pour les espèces d'intérêt patrimoniale. Pour la RNN de l'Estagnol, il s'avère que



l'enjeu se porte principalement sur *Lestes barbarus* et *Lestes sponsa* qui ne sont cependant pas autochtones. Même si *L. sponsa* est anecdotique sur la réserve, sa présence sur les Salines et la Madeleine et sa responsabilité forte implique la conservation de l'espèce sur l'ensemble du complexe. Pour l'ENP des Salines de Villeneuve, les enjeux sont *Aeshna isoceles*, *Lestes sponsa*, *Lestes barbarus* et *Lestes virens virens*. Pour la source de la Madeleine, la responsabilité se porte vers *Lestes sponsa*, *Lestes barbarus* et *Lestes virens virens* dont la première est autochtone. La présence de *Lestes sponsa* sur deux sites connectés implique une conservation de l'espèce sur l'ensemble du complexe, mais la très faible abondance de *Lestes virens virens* aux Salines indique que les échanges ne sont pas optimaux, sûrement en raison de la dégradation de la ripisylve le long du cours d'eau (pression anthropique). Il est important de garder à l'esprit que la conservation des Odonates doit se voir en cortège et sous le prisme d'un complexe de zones humides. L'absence ou la présence d'une espèce dans un site peut être signe d'un mauvais état de conservation, d'un manque d'habitats potentiels favorables ou d'une mauvaise gestion. La mise-en-place d'une gestion globale et adaptée aux sites peut être bénéfique aux échanges et donc à la colonisation d'une espèce ou d'une communauté d'Odonates.

↳ **Évaluation de l'état de conservation des habitats**

Bien que d'après le protocole RhoMeO les populations des habitats ne soient pas intègres, c'est-à-dire que leur composition biologique et leur organisation fonctionnelle n'est pas comparable à celles d'autres espaces naturels « intacts », il est trop tôt pour tirer des conclusions sur l'évaluation des mesures de gestions conservatives des habitats. Cet état initial, à corrélérer avec les conditions météorologiques particulières de l'année 2021, permettra une comparaison des variations interannuelles des cortèges odonatologiques, en fonction également des actions de gestion réalisées sur les différents sites. En effet, les conditions météorologiques de cette année (sécheresse) ont influencé la structuration des peuplements d'Odonates. Il serait intéressant de connaître l'impact d'un assec prolongé sur ces zones humides, dont la RNN de l'Estagnol. Le suivi permettra d'apprécier les variations de cortèges odonatologiques ainsi que leur capacité de résilience. L'importance de sites relais dans un complexe pourra ainsi être mise-en-valeur dans la protection des espaces naturels.

↳ **Amélioration des protocoles**

Les résultats de cet état initial sont significatifs et satisfaisants pour permettre d'apprécier les similarités et différences de cortèges entre habitats. Cependant, quelques modifications seraient pertinentes. Pour l'abondance, un déplacement du transect SJ1 auprès d'une masse d'eau dont la salinité est favorable au développement larvaire serait judicieux. Pour l'autochtonie, il semblerait que le protocole de prospection des exuvies ne soit pas adapté pour la Madeleine et la Bouffie (végétation dense, probabilité de détection trop faible). Une prospection des ténéraux des Anisoptères, bien que moins certains quant à l'autochtonie, permettrait d'avoir une meilleure idée de l'utilisation de ces sites.



5 CONCLUSION

À travers cette étude, nous avons tenté d'établir un lien entre la caractérisation des peuplements d'Odonates et l'évaluation de l'état de conservation des habitats terrestres et aquatiques. Il s'avère que les variations sont peu perceptibles au sein d'une même zone humide mais visibles entre différents sites. Le premier élément visible est l'absence – présence d'espèces en fonction des habitats et/ou des sites. Ces différences et similarités s'expliquent par la temporalité et la salinité de la zone humide mais aussi par la densité de la végétation riveraine. Ces paramètres semblent jouer un rôle important dans la richesse spécifique et l'abondance des cortèges. Les Odonates du périmètre d'étude utilisent une grande variété d'habitats et ce pour différentes raisons : maturation, reproduction, alimentation. Il est essentiel de voir leur niche écologique sous le prisme d'un ensemble d'écosystèmes liés entre eux et non comme de simples zones en eau, dont les libellules sont entièrement dépendantes.

Connaitre l'écologie et la biologie des Odonates sous la responsabilité d'un espace naturel protégé se présente comme la meilleure solution pour ajuster les mesures conservatives des espèces en question. L'absence ou la présence de ces taxons sont un bon indicateur sur le long terme pour apprécier l'état de conservation des habitats. *Lestes sponsa*, qui est en responsabilité forte sur le complexe, est inféodé aux eaux stagnantes de tout type mais passe sa phase larvaire sur les plantes aquatiques immergées ou dans la vase. La survenue d'un printemps trop sec serait défavorable pour permettre l'éclosion et la survie des jeunes larves. *Aeshna isoceles*, en responsabilité faible sur les Salines, est sensible à la qualité de l'eau et donc aux intrants d'origine agricole. Le curage des étangs est à proscrire pour cette espèce. Pour *Lestes barbarus* et *Lestes virens virens*, tous deux en responsabilité faible, un assèchement précoce, le comblement des mares et le surpâturage semblent être les raisons de leur absence. Pour leur préservation, il convient de conserver les mares prairiales, les marais et les étangs ensoleillés et de limiter l'envahissement de leurs rives par les buissons et les arbres (Boudot et al., 2017).

Des mesures de préservation globale à l'échelle du complexe de zones humides sont tout aussi judicieuses pour la conservation des espèces. La pression anthropique, notamment liée au tourisme et aux aménagements urbains, dégrade les sites potentiels de développement larvaire, de maturation et de transit des Odonates. C'est le cas du canal reliant la source de la Madeleine et l'ENP des Salines de Villeneuve. En effet, certains tronçons sont dénudés de ripisylves qui mériteraient d'être conservées et/ou restaurées pour la mise-en-place de corridors écologiques. Contrairement aux Anisoptères qui peuvent se déplacer sur plusieurs kilomètres, les Zygoptères ont besoin de sites « relais » pour se disperser. L'importance de restaurer les mares dégradées et déconnectées adjacentes aux sites protégés, prend ici tout son sens pour permettre une mise en valeur de la trame bleue du complexe. Une homogénéisation des gestions conservatoires entre les sites pour ces espèces d'intérêt patrimonial semble indispensable pour leur préservation globale.



6 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bissardon, M., Guibal, L., 1997. CORINE biotopes - Types d'habitats français - Version Original. ENGREF - Aten, France.
- Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P., 2018. Numerical Ecology with R. Springer.
- Boudot, J.-P., Grand, D., Wildermuth, H., Monnerat, C., 2017. Les libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Deuxième édition., Biotope Editions. ed, Collection Parthénope. Mèze, France.
- BRL Ingénierie, P2A Développement, 2012. Plan de gestion du site des Salines de Villeneuve. Conservatoire du Littoral, CEN L-R, SIEL, Villeneuve-lès-Maguelone, France.
- Brühl, C.A., Després, L., Frör, O., Patil, C.D., Poulin, B., Tetreau, G., Allgeier, S., 2020. Environmental and socioeconomic effects of mosquito control in Europe using the biocide *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (Bti). *Science of The Total Environment* 724, 137800.
- Chao, A., 1987. Estimating the Population Size for Capture-Recapture Data with Unequal Catchability. *Biometrics* 43, 783–791.
- Chovanec, A., Raab, R., 1997. Dragonflies (Insecta, Odonata) and the ecological status of newly created wetlands - Examples for long-term bioindication programmes. *Limnologica* 27, 381–392.
- Corbet, P.S., 1993. Are Odonata useful as bioindicators? *Libellula* 12, 91–102.
- D'Aguilar, J., Dommanget, J.-L., 1995. Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du nord. Seconde édition., Delachaux et Niestlé, Lausanne, Paris. ed.
- D'Amico, F., Darblade, S., Avignon, S., Blanc-Manel, S., Ormerod, S., 2004. Odonates as Indicators of Shallow Lake Restoration by Liming: Comparing Adult and Larval Responses. *Restoration Ecology - RESTOR ECOL* 12, 439–446.
- Dolný, A., Pyszko, P., Šigutová, H., 2021. Community changes in odonate monitoring: why are long-term studies so relevant? *Insect Conservation and Diversity* n/a.
- Fry, R., Lonsdale, D., 1991. Habitat conservation for insects a neglected green issue. *The amateur entomologist, The Amateur Entomologist's Society* 21.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST : Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*.
- Jakob, C., Poulin, B., 2016. Indirect effects of mosquito control using Bti on dragonflies and damselflies (Odonata) in the Camargue. *Insect Conservation and Diversity* 9, 161–169.
- Kalkman, V.J., Boudot, J.-P., Bernard, R., Conze, K.-J., De Knijf, G., Dyatlova, E., Ferreira, S., Jovic, M., Ott, J., Riservato, E., Sahlén, G., 2010. European red list of dragonflies. *International Union for Conservation of Nature, LU*.
- Legendre, P., Gallagher, E.D., 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129, 271–280.
- Lenz, N., 1991. The importance of abiotic and biotic factors for the structure of odonate communities of ponds.
- Louboutin, B., Jaulin, S., Poujol, A., 2012. Inventaire des Odonates sur la Réserve Naturelle Nationale du Bagnas 73.
- Marmoex, C., Paix, L., Malgoire, F., Gallais, R., 2018. Plan de gestion 2019-2028 de la Réserve Naturelle Nationale de l'Estagnol – Section B : Gestion de la Réserve Vol.1 (Plan de gestion). ONCFS – CEN L-R, RNN de l'Estagnol, Villeneuve-lès-Maguelone, France.
- Météo France, n.d. Bilan climatique de l'hiver 2020-2021 [WWW Document]. Météo France. URL <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bc2021/bilan-climatique-de-l-hiver-2020-2021> (accessed 8.17.21).
- Palmer, M.W., 1990. The Estimation of Species Richness by Extrapolation. *Ecology* 71, 1195–1198.
- Pont, B., Deliry, C., Oertly, B., Dupont, P., Vanapelhem, C., Dananher, D., 2014. Intégrité du peuplement d'odonates. Extrait de la boîte à outils de suivi des zones humides.
- Prelevo, 2020. Etude relative à la qualité des eaux de la Réserve Naturelle Nationale de l'Estagnol : rapport d'étude 2017-2019 (Rapport d'expertise). Agence de l'Eau RMC - OFB - CEN Occitanie, RNN de l'Estagnol, Villeneuve-lès-Maguelone, France.



- Purse, B.V., Hopkins, G.W., Day, K.J., Thompson, D.J., 2003. Dispersal Characteristics and Management of a Rare Damselfly. *Journal of Applied Ecology* 40, 716–728.
- R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Riservato, E., Boudot, J.-P., Ferreira, E., Jovic, M., Kalkman, V.J., Schneider, W., Samraoui, B., Cuttelod, A., 2009. Statut de conservation et répartition géographique des libellules du bassin méditerranéen. UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne.
- Ruffoni, A., Barbotte, Q., 2018. Réflexion sur l'utilisation de l'autochtonie des Odonates à différentes échelles. *Revue scientifique Bourgogne-Franche-Comté Nature* - 27.
- Samways, M., 1993. Insects in biodiversity conservation: some perspectives and directives. *Biodiversity and Conservation* 2, 258–282.
- Schindler, M., Fesl, C., Chovanec, A., 2003. Dragonfly associations (Insecta: Odonata) in relation to habitat variables: A multivariate approach. *Hydrobiologia* 497, 169–180.
- SFO, MNHN, 2012. Suivi temporel des Libellules STELI. PNA en faveur des Odonates et du programme Vigi-Nature.
- Triplet, P., 2021. Dictionnaire de la diversité biologique et de la conservation de la nature.



ANNEXES

Annexe I. Échéancier du stage

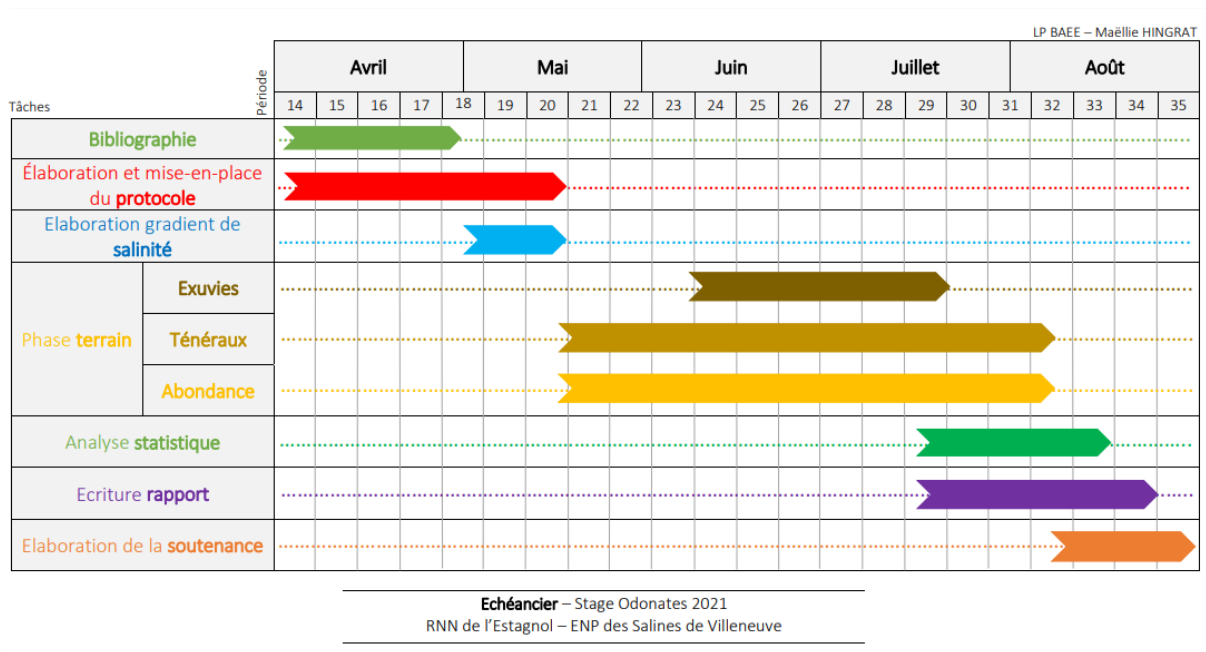
Annexe II. Liste espèces attendues sur la RNN de l'Estagnol, l'ENP des Salines de Villeneuve, le canal de la Bouffie et de la source de la Madeleine

Annexe III. Calcul pour la hiérarchisation et la responsabilité des sites

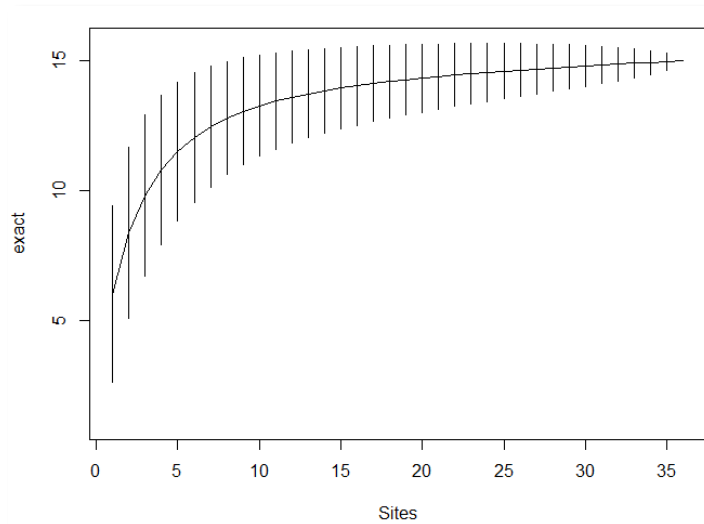
Annexe IV. Résultats de la diversité β des cortèges de la réserve de l'Estagnol.....

Annexe V. Résultats de la diversité β des cortèges des Salines, de la Bouffie et de la Madeleine

Annexe I. Échéancier du stage



Annexe II. Nombre de passages optimal pour l'échantillonnage des imagos d'après l'estimateur de Chao (données antérieures RNN Estagnol 2018)





Annexe III. Liste espèces attendues sur la RNN de l'Estagnol, l'ENP des Salines de Villeneuve, le canal de la Bouffie et de la source de la Madeleine

RNN de l'Estagnol	ENP des Salines de Villeneuve	Canal de la Bouffie	Source de la Madeleine
<i>Aeshna affinis</i>	<i>Aeshna affinis</i>	<i>Aeshna affinis</i>	<i>Aeshna affinis</i>
<i>Aeshna cyanea</i>	<i>Aeshna cyanea</i>	<i>Aeshna cyanea</i>	<i>Aeshna cyanea</i>
<i>Aeshna isoceles</i>	<i>Aeshna isoceles</i>	<i>Aeshna isoceles</i>	<i>Aeshna mixta</i>
<i>Aeshna mixta</i>	<i>Aeshna mixta</i>	<i>Aeshna mixta</i>	<i>Anax imperator</i>
<i>Anax imperator</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Boyeria irene</i>
<i>Anax parthenope</i>	<i>Anax parthenope</i>	<i>Anax parthenope</i>	<i>Brachytron pratense</i>
<i>Brachytron pratense</i>	<i>Brachytron pratense</i>	<i>Brachytron pratense</i>	<i>Crocothemis erythraea</i>
<i>Cordulia aenea</i>	<i>Cordulia aenea</i>	<i>Cordulia aenea</i>	<i>Gomphus pulchellus</i>
<i>Crocothemis erythraea</i>	<i>Crocothemis erythraea</i>	<i>Crocothemis erythraea</i>	<i>Hemianax ephippiger</i>
<i>Gomphus pulchellus</i>	<i>Hemianax ephippiger</i>	<i>Gomphus pulchellus</i>	<i>Libellula depressa</i>
<i>Hemianax ephippiger</i>	<i>Libellula depressa</i>	<i>Hemianax ephippiger</i>	<i>Libellula fulva</i>
<i>Libellula depressa</i>	<i>Libellula fulva</i>	<i>Libellula depressa</i>	<i>Libellula quadrimaculata</i>
<i>Libellula fulva</i>	<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Libellula fulva</i>	<i>Orthetrum albistylum</i>
<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Orthetrum albistylum</i>	<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Orthetrum brunneum</i>
<i>Orthetrum albistylum</i>	<i>Orthetrum brunneum</i>	<i>Orthetrum albistylum</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i>
<i>Orthetrum brunneum</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i>	<i>Orthetrum brunneum</i>	<i>Orthetrum coerulescens</i>
<i>Orthetrum cancellatum</i>	<i>Orthetrum coerulescens</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i>	<i>Sympetrum depressiusculum</i>
<i>Orthetrum coerulescens</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	<i>Orthetrum coerulescens</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>
<i>Sympetrum depressiusculum</i>	<i>Sympetrum meridionale</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	<i>Sympetrum meridionale</i>
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Sympetrum meridionale</i>	<i>Sympetrum sanguineum</i>
<i>Sympetrum meridionale</i>	<i>Trithemis annulata</i>	<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>
<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Ceriagrion tenellum</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>	<i>Trithemis annulata</i>
<i>Sympetrum striolatum</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>	<i>Trithemis annulata</i>	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>
<i>Trithemis annulata</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>	<i>Calopteryx virgo meridionalis</i>
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	<i>Coenagrion puella</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>	<i>Calopteryx xanthostoma</i>
<i>Ceriagrion tenellum</i>	<i>Coenagrion pulchellum</i>	<i>Coenagrion puella</i>	<i>Ceriagrion tenellum</i>
<i>Chalcolestes viridis</i>	<i>Coenagrion scitulum</i>	<i>Coenagrion pulchellum</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>
<i>Coenagrion caerulescens</i>	<i>Enallagma cyathigerum</i>	<i>Coenagrion scitulum</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
<i>Coenagrion puella</i>	<i>Erythromma lindenii</i>	<i>Enallagma cyathigerum</i>	<i>Coenagrion mercuriale</i>
<i>Coenagrion pulchellum</i>	<i>Erythromma viridulum</i>	<i>Erythromma lindenii</i>	<i>Coenagrion puella</i>
<i>Coenagrion scitulum</i>	<i>Ischnura elegans</i>	<i>Erythromma viridulum</i>	<i>Coenagrion pulchellum</i>
<i>Enallagma cyathigerum</i>	<i>Ischnura pumilio</i>	<i>Ischnura elegans</i>	<i>Coenagrion scitulum</i>
<i>Erythromma lindenii</i>	<i>Lestes barbarus</i>	<i>Ischnura pumilio</i>	<i>Enallagma cyathigerum</i>
<i>Erythromma viridulum</i>	<i>Lestes macrostigma</i>	<i>Lestes barbarus</i>	<i>Erythromma lindenii</i>
<i>Ischnura elegans</i>	<i>Lestes sponsa</i>	<i>Lestes virens virens</i>	<i>Erythromma viridulum</i>
<i>Ischnura pumilio</i>	<i>Lestes virens virens</i>	<i>Platycnemis acutipennis</i>	<i>Ischnura elegans</i>
<i>Lestes barbarus</i>	<i>Platycnemis acutipennis</i>	<i>Platycnemis latipes</i>	<i>Ischnura pumilio</i>
<i>Lestes macrostigma</i>	<i>Platycnemis pennipes</i>	<i>Platycnemis pennipes</i>	<i>Lestes barbarus</i>
<i>Lestes sponsa</i>	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	<i>Lestes sponsa</i>
<i>Lestes virens virens</i>	<i>Sympecma fusca</i>	<i>Sympecma fusca</i>	<i>Lestes virens virens</i>
<i>Platycnemis acutipennis</i>			<i>Platycnemis acutipennis</i>
<i>Platycnemis latipes</i>			<i>Platycnemis latipes</i>
<i>Platycnemis pennipes</i>			<i>Platycnemis pennipes</i>
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>			<i>Pyrrhosoma nymphula</i>
<i>Sympecma fusca</i>			<i>Sympecma fusca</i>

- Note.
- Espèce contactée sur le site en 2021
 - Espèce déjà contactée ultérieurement sur le site mais absente en 2021
 - Espèce absente sur le site en 2021 mais déjà contactée ultérieurement sur d'autres sites
 - Espèce potentielle jamais contactée sur l'ensemble du complexe



Annexe IV. Calcul pour la hiérarchisation et la responsabilité des sites

LR Occitanie (2018)	Note	Responsabilité patrimoniale sur les sites	Pondération de la hiérarchisation régionale par l'activité des sites (autochtonie, maturation ou anecdotique)
NA	0	REDH	Somme >= 7
LC	0	TRES FORTE	Somme >= 5,6
NT	1	FORTE	Somme >= 4
VU	3	MODERE	Somme >= 2
EN	4.8	FAIBLE	Somme >= 1
CR	6.3	INTRODUITE	Introduite

Annexe V. Résultats de la diversité β des cortèges de la réserve de l'Estagnol

	Habitats	Mégaphorbiaies	Prés salés méditerranéens	Roselières
β -Simpson	Prés salés méditerranéens	0.09		
	Roselières	0.09	0.08	
	Fourrés de Tamaris	0.18	0.08	0.08
β -Sorensen	Habitats	Mégaphorbiaies	Prés salés méditerranéens	Roselières
	Prés salés méditerranéens	0.17		
	Roselières	0.20	0.11	
	Fourrés de Tamaris	0.25	0.08	0.11
Emboîtement	Habitats	Mégaphorbiaies	Prés salés méditerranéens	Roselières
	Prés salés méditerranéens	0.08		
	Roselières	0.11	0.03	
	Fourrés de Tamaris	0.07	0	0.03

Annexe VI. Résultats de la diversité β des cortèges des Salines, de la Bouffie et de la Madeleine

	Habitats	Canal à ronciers	Ripisylves	Prés salés à <i>Juncus subulatus</i>
β -Simpson	Ripisylves	0.5		
	Prés salés à <i>Juncus subulatus</i>	0	0.22	
	Roselières	0	0.11	0.08
β -Sorensen	Habitats	Canal à ronciers	Ripisylves	Prés salés à <i>Juncus subulatus</i>
	Ripisylves	0.69		
	Prés salés à <i>Juncus subulatus</i>	0.58	0.42	
	Roselières	0.53	0.27	0.14
Emboîtement	Habitats	Canal à ronciers	Ripisylves	Prés salés à <i>Juncus subulatus</i>
	Ripisylves	0.19		
	Prés salés à <i>Juncus subulatus</i>	0.58	0.19	
	Roselières	0.53	0.16	0.07