

COLLEGE SCIENCES & TECHNOLOGIES POUR L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT DE LA
COTE 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

Étude des changements dans l'assemblage d'Odonates sur la RNCFS d'Arjuzanx entre 1998 et 2022



PRIGENT Loan

Stage effectué du 7 Mars au 31 Août 2022 à

La Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage

Route de la Forêt 40110 MORCENX-LA-NOUVELLE

Sous la direction scientifique de Mme Sophie LAUGAREIL



“Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil”

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier Paul CARRERE (Président du Syndicat Mixte de Gestion des Milieux Naturels) et Sophie LAUGAREIL (Directrice du site d'Arjuzanx) de m'avoir permis de réaliser ce stage dans la Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage d'Arjuzanx. Je tiens également à les remercier pour leur encadrement, leur disponibilité et leur soutien.

Je remercie Frank D'AMICO (Enseignant UPPA) pour ses conseils dans l'application du protocole, la réalisation de l'analyse des données et pour m'avoir transmis certains articles scientifiques indispensables à la bonne réalisation de ce présent travail.

Je remercie Stéphanie DARBLADE (Conservatrice à la Réserve Naturelle de l'Étang noir) et Dorian BARBUT (Chargé de missions à la Fédération Régionale des Chasseurs de Nouvelle-Aquitaine), tous deux anciens stagiaires en charge de l'étude en 1998 et 2009 pour leur aide à retrouver les placettes du suivi mais surtout pour leur aide et leur soutien tout au long de l'étude.

Je remercie l'ensemble du personnel de la Réserve pour leur sympathie, leur accueil et les échanges que j'ai pu avoir avec eux sur la fonctionnalité de la Réserve et les missions qu'ils mènent.

Je remercie en particulier Paul LAPORTE-FAURET (Garde naturaliste) pour son temps, sa patience et son aide avec les appareils de mesures de la Réserve, en vue des relevés physico-chimiques mensuels.

Je remercie également Laura CAZADE et Ludivine DE CASTRO (Gardes naturalistes) de leurs contributions pour les inventaires odonotologiques et surtout leur aide pour la détermination des exuvies.

Je remercie Guillaume DUBES et Maxime PRIOLET (Agents d'entretien) pour leur aide dans les chantiers afin de réouvrir l'accès aux différentes placettes du suivi mais aussi pour leur partage sur la gestion des milieux ouverts de la Réserve.

Avant-propos

Par arrêté préfectoral du 29 décembre 2003, a été créé, à compter du 1er janvier 2004, le Syndicat Mixte de Gestion des Milieux Naturels. Cet établissement public de coopération gère des espaces naturels majeurs dans les Landes

Le Syndicat Mixte associe, notamment, la Région Aquitaine, le Département des Landes, la Communauté de Communes du Pays Morcenais et la Communauté de Communes du Pays Tarusate.

Il a pour objet la mise en œuvre de toute action concourant à :

- ✓ La protection et la gestion des espaces naturels, boisés ou non, afin de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels ;

- ✓ La sauvegarde des habitats naturels ainsi que des espèces animales et végétales ;

- ✓ L'ouverture au public des espaces naturels, là où elle est compatible avec les impératifs environnementaux des sites concernés ;

- ✓ L'éducation et la sensibilisation à l'environnement ;

- ✓ La valorisation économique, notamment touristique, dans le respect de leur équilibre écologique, des territoires concernés, dans une perspective de développement durable.

Le Département des Landes a acquis le site d'Arjuzanx (2 679 ha) en 2002 à l'issue d'une Déclaration d'Utilité Publique à vocation environnementale et dès 2004, il transfère la compétence de gestion au Syndicat Mixte.

Une grande partie du site (2 071 ha) est classée depuis 1987 en Réserve Nationale de chasse et de Fauve Sauvage.

Dès 2004, attestant la présence d'espèces d'intérêt communautaire dont les Grues cendrées (*Grus grus*) les plus emblématiques du site, une Zone de Protection Spéciale au titre de la Directive « Oiseaux » (ZPS n° FR7212001) est désignée sur 2 123 ha.

Le Syndicat Mixte, fort de la richesse écologique du site d'Arjuzanx, propose la création de la Réserve Naturelle Nationale d'Arjuzanx dès 2014. Après consultations locales, Enquête Publique et avis divers dont l'avis favorable final du Conseil National de Protection de la Nature en décembre 2021, un ensemble de 2 205 ha va être classé en Réserve Naturelle Nationale dans quelques semaines (décret ministériel annoncé en septembre).

Résumé :

La présente étude a été réalisée dans la RNCFS d'Arjuzanx (Sud-Ouest de la France, Landes), anciennement une mine à ciel ouvert pour l'extraction du lignite. Une fois l'exploitation terminée, la réhabilitation du site a conduit à la création de lacs acides et de mares. L'étude porte sur l'effet du traitement par chaulage au carbonate de calcium sur cinq mares par rapport à cinq autres mares non chaulées en étudiant les assemblages d'Odonates, groupe bioindicateur inféodé à ces milieux. Les mesures physico-chimiques effectuées (pH, température, oxygène dissous, conductivité et turbidité), montrent que la turbidité et la conductivité sont plus élevées sur les sites chaulés, il y a donc bien une influence de l'ancien traitement par chaulage. L'échantillonnage des différents sites a été réalisé entre avril et août 2022 avec 2 passages imagos et exuvies par mois et par mare. Le prélèvement des données physico-chimiques s'est fait mensuellement, en faisant 5 relevés par placette afin de prendre en compte la variabilité intra-placette. Un total de 33 espèces a été inventorié, de plus l'étude a permis de mettre en évidence la présence de deux nouvelles espèces sur la Réserve : l'Aeschne printannière (*Brachytron pratense*) et l'Aeschne bleue (*Aeshna cyanea*). La présence d'une végétation aquatique émergée ou submergée influence positivement le nombre d'exuvies. La même étude a été réalisée en 1998 et en 2009, ces données sont donc récoltées 24 ans après la première étude. Pour conclure, on peut dire que la restauration des mares par chaulage n'a pas réduit la richesse spécifique mais elle a réduit le nombre d'exuvies notamment à cause de l'eau turbide ce qui empêche le développement d'une végétation aquatique et donc de micro-habitats. La désacidification naturelle est préférable au chaulage pour les Odonates.

Mots clés : Chaulage, Odonates, exuvie, turbidité, conductivité, végétation flottante ou submergée.

Abstract :

This study was carried out in the Arjuzanx RNCFS (South-West France, Landes), formerly an open pit mine for lignite mining. Once the operation was completed, the rehabilitation of the site led to the creation of acid lakes and ponds. The study investigates the effect of calcium carbonate liming treatment on five pools compared to five other unpaved pools by studying the assemblages of Odonates, a bioindicator group subservient to these environments. The physico-chemical measurements (pH, temperature, dissolved oxygen, conductivity and turbidity) show that the turbidity and conductivity are higher on the lime sites, so there is an influence of the old liming treatment. The sampling of the different sites was carried out between April and August 2022 with 2 imagos and exuviae passages per month and per pond. The physico-chemical data were collected on a monthly basis, making five measurements per plot in order to take into account the intra-square variability. A total of 33 species were inventoried, and the study revealed the presence of two new species on the Reserve: the Spring Aeschne (*Brachytron pratense*) and the Blue Aeschne (*Aeshna cyanea*). The presence of emergent or submerged aquatic vegetation positively influences the number of exuviae. The same study was conducted in 1998 and 2009, so these data are collected 24 years after the first study. To conclude, it can be said that the restoration of ponds by liming has not reduced the specific richness but it has reduced the number of exuviae especially because of turbid water which prevents the development of aquatic vegetation and therefore of micro-habitats. Natural deacidification is preferable to liming for Odonates.

Keywords: Liming, Odonates, exuvia, turbidity, conductivity, floating or submerged vegetation.

Table des matières

Introduction	1
1 Matériel et méthode.....	3
1.1 Contexte général de l'étude.....	3
1.1.1 Localisation de la Réserve et des placettes de suivi.....	3
1.1.2 Protocole de caractérisation physico-chimique et d'évaluation des attributs environnementaux des placettes.....	6
1.1.3 Protocole de suivi de l'assemblage des Odonates	7
1.1.4 Collecte des données et traitements des données : répartition des tâches.....	8
1.1.5 Analyse et valorisation des résultats.....	8
2 Résultats.....	12
2.1. Analyse des paramètres physico-chimiques	12
2.2.1. Analyse descriptive des mesures physico-chimiques mensuelles	12
2.2.2 Analyse descriptive des données des sondes HOBO.....	13
2.2. Analyse des attributs environnementaux.....	14
2.2.1 Analyse descriptive des attributs environnementaux.....	14
2.3. Analyse des assemblages d'Odonates	16
2.3.1 Analyse de la richesse spécifique	16
2.3.2 Analyse des modèles d'occupation	16
2.4 Analyse de l'abondance des exuvies.....	22
2.4.1 Étude de l'abondance des exuvies récoltées en 1998 et en 2009	22
2.4.2 Étude de l'abondance des exuvies récoltées en 2022	23
3 Discussion.....	26
4 Conclusion.....	28

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation de la RNCFS d'Arjuzanx et des dix placettes du suivi Odonatologiques. Source : L.Prigent.....	4
Figure 2 : Représentation schématique de la disposition d'une placette sur une mare. Source : Descriptif étude Odonatologique.....	5
Figure 3 : Formules théoriques des modèles d'occupation par un processus de Bernoulli. Source : Cours de Mr D'Amico, Diagnostic des milieux et méthodes de suivis.....	9
Figure 4 : Boîte à moustache des mesures de turbidité sur les sites traités et non traités entre avril et juin 2022. Source : L.Prigent sous R.....	12
Figure 5 : Boîte à moustache des mesures de conductivité sur les sites traités et non traités entre avril et juin 2022. Source : L.Prigent sous R.....	13
Figure 6 : Nuage de point des mesures de température à l'interface entre l'eau et l'air sur deux mares au Nord et au Sud de la Réserve entre mars et juillet 2022. Source : L.Prigent sous R.....	14
Figure 7 : Graphique de la normalité des résidus. Source : L.Prigent sous R.....	23
Figure 8 : Boîte à moustache du nombre d'exuvies en fonction du traitement de la mare. Source : L.Prigent sous Excel.....	24
Figure 9 : Histogramme des effectifs d'exuvies récoltées chaque mois sur les mares naturelles et traitées en 2022. Source : L.Prigent sous Excel.....	24
Figure 10 : Histogramme des effectifs d'exuvies récoltées par espèce ou groupe d'espèce sur les mares naturelles et traitées en 2022. Source : L.Prigent sous Excel.....	25

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif du type de traitement, du numéro de placette, des différents codes et des coordonnées géographiques de chacune des placettes. Source : Descriptif étude Odonatologique et L.Prigent.	5
Tableau 2 : Tableau récapitulatif du nombre de mesures par placette, de la périodicité des mesures, des dates des relevés et du nombre total de relevés à effectuer pour chacun des paramètres physico-chimiques. Source : Descriptif étude Odonatologique et L.Prigent.	6
Tableau 3 : Tableau récapitulatif du nombre de mesures par placette, de la périodicité des mesures et de la date de relevé pour chacun des attributs environnementaux. Source : Descriptif étude Odonatologique et L.Prigent.	6
Tableau 4 : Tableau récapitulatif de la durée du suivi, de la périodicité des mesures, des dates de relevés et du nombre total de relevés a effectué pour le stade adulte et exuvies. Source : Descriptif étude Odonatologique et L.Prigent.	8
Tableau 5 : Tableau des attributs environnementaux relevés en 2009. Source : D.Barbut sous Excel.	15
Tableau 6 : Tableau des attributs environnementaux relevés en 2022. Source : L.Prigent sous Excel.	15
Tableau 7 : Liste des espèces pour lesquelles les résultats des modèles d'occupations manquent d'ajustement ou ne sont pas fiables. Source : L.Prigent.	17
Tableau 8 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour <i>Brachytron pratense</i> . Source : L.Prigent sous Excel.	18
Tableau 9 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour <i>Enallagma cyathigerum</i> . Source : L.Prigent sous Excel.	19
Tableau 10 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour <i>Gomphus pulchellus</i> . Source : L.Prigent sous Excel.	19
Tableau 11 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour <i>Ishnura elegans</i> . Source : L.Prigent sous Excel.	20
Tableau 12 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour <i>Libellula quadrimaculata</i> . Source : L.Prigent sous Excel.	20
Tableau 13 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour <i>Orthetrum albistylum</i> . Source : L.Prigent sous Excel.	21
Tableau 14 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour <i>Orthetrum cancellatum</i> . Source : L.Prigent sous Excel.	21
Tableau 15 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour <i>Platycnemis acutipennis</i> . Source : L.Prigent sous Excel.	22

Les activités humaines modifient constamment les paysages et peuvent avoir des impacts sur la biodiversité. Les carrières à ciel ouvert sont de parfaits exemples. En effet, lors de l'exploitation les milieux sont profondément modifiés et de nouveaux milieux apparaissent. Dans ce cadre, les exploitants ont pour obligation de remettre en état la zone impactée. La réaffectation écologique est le processus consistant à assister la régénération des écosystèmes qui ont été dégradés, endommagés ou détruits. C'est le cas de la Réserve de Chasse et de Faune Sauvage d'Arjuzanx. Cet ancien site minier à ciel ouvert pour l'exploitation du lignite a conduit à une acidification généralisée et à la création de nombreuses mares et lacs artificiels avec différentes caractéristiques physico-chimiques. Dans les années 1980, la réaffectation du site d'Arjuzanx a notamment conduit à des opérations de chaulage pour prévenir l'acidité des eaux. Une étude a donc été mise en place afin de montrer les effets directs et indirects de ce traitement car l'acidité des mares semblent être à l'origine de la structure des communautés (Carbone et al. 1998). Les Odonates semblent parfaitement répondre aux variations environnementales (D'Amico et al, 2004), et semblent ainsi être de bons indicateurs de la qualité des biotopes (Tanza et al, 1997). Les capacités bio-indicatrices des Odonates ont été bien étudiées (Corbet 1993 ; D'Amico et al, 2004).

Ce présent travail s'inscrit dans la continuité d'une étude mise en place pour comprendre les effets de la réaffectation écologique de mares au cours du temps. Premièrement, ce type de traitement a été évalué en 1998 par S. Darblade puis l'étude a été reconduite en 2009 par D. Barbut. Il existe peu d'études sur les assemblages d'Odonates après le chaulage (D'Amico et al, 2004 ; Carbone et al. 1998) mais il semblerait qu'il n'y ait pas de différences significatives en termes de richesse spécifique entre les mares chaulées et non chaulées. Cependant, il y a significativement plus d'exuvies dans les mares non chaulées (D'Amico et al, 2004). De plus, les assemblages des adultes sont différents entre les deux types de mares dû à la turbidité des lacs (D'Amico et al, 2004). La restauration des lacs par chaulage peut donc réduire la diversité et le nombre de larves d'Odonates et affecte plus sensiblement les assemblages des imagos (D'Amico et al, 2004).

Ainsi, 24 ans et 13 ans après les deux premières études sur le site d'Arjuzanx, existe-t-il toujours un effet du chaulage sur la physico-chimie des mares traitées et/ou sur les communautés d'Odonates implantées ?

Afin de répondre à ce questionnement, cette présente étude reprend le même protocole utilisé en 1998 et en 2009, ce qui permettra de mesurer les évolutions. L'échantillonnage idéal devrait être séquentiel et durer au moins 10 ans (capturant >80% des espèces), intermittent (une année entrecoupée de pauses), permettant l'inclusion de plusieurs sites dans le programme de surveillance, peut également donner des résultats satisfaisants lorsqu'il est effectué sur une période de plusieurs années (Dolný et al, 2021). Le protocole mise en place permet de recueillir des données de façon répliquée dans l'espace sur 10 sites, 5 sur des mares anciennement chaulées dites traitées et 5 sur des mares non chaulées, qualifiées de naturelles. Tout d'abord, les imagos d'espèces d'Odonates sont inventoriés d'avril à août à raison de deux fois par mois, tout comme les exuvies d'Odonates. De plus, des attributs environnementaux seront récoltés, à savoir, la végétation de la berge, la présence ou non de sphaigne, la présence ou non de végétation flottante ou immergées, l'usage des sols et la pente. Enfin, des mesures physico-chimiques mensuelles sont récoltées sur le pH, la température de l'eau à la surface, la température de l'eau à 50 cm du bord, le taux d'oxygène dissous, la conductivité et la turbidité afin de montrer l'influence potentiel du traitement de l'eau par chaulage sur ces différents paramètres.

L'objectif principal de ce travail de stage est de comparer les probabilités d'occupation (ψ) entre sites témoins (référence) et sites traités (par chaulage), en utilisant les données de détection/non détection des adultes, de façon à quantifier si l'assemblage des espèces diffère toujours 30 ans après la réaffectation écologique du site. L'analyse de la probabilité d'occupation, en tenant compte de la probabilité de détection des espèces, sera effectuée au moyen du package unmarked (Fiske & Chandler, 2011) dans l'environnement R en construisant les différents modèles avec covariables (de sites et d'échantillonnage).

1 Matériel et méthode

1.1 Contexte général de l'étude

1.1.1 Localisation de la Réserve et des placettes de suivi

La Réserve de Chasse et de Faune Sauvage (RNCFS) d'Arjuzanx est une ancienne zone forestière du plateau landais sur près de 3000 hectares, qui se situe au cœur du département des Landes (40) dans le sud de la France. La découverte du lignite en 1916 sur le site a conduit, de 1959 à 1992, à l'exploitation du lignite à ciel ouvert. Au-delà de ses obligations (Code Minier et loi de 1976 sur la protection de la nature), EDF (Électricité de France) s'est engagé dans une vaste politique de réhabilitation du site. Les premiers travaux de réhabilitation débutèrent en octobre 1975 sur les morts terrains, puis EDF confia, par convention, la réhabilitation du site à l'Office National de la Chasse, l'ensemble des travaux étant à la charge d'EDF. Les travaux de réhabilitation ont porté essentiellement sur :

- la lutte contre l'érosion des sols en végétalisant les terrains (ensemencement de 500 ha de prairies, plantation d'1,5 millions d'arbres dont essentiellement du pin (*Pinus pinaster*) ;
- la sécurisation des fronts de taille tout autour des profondes excavations par adoucissement des pentes ; excavations qui se remplissant d'eau par la pluie et les écoulements des nappes souterraines forment les lacs (environ 550 ha) ;
- l'accessibilité au site (réseau de plus de 100 km de pistes) ;
- le rétablissement d'un réseau hydrographique (création de fossés, canaux..., implantation d'une centaine d'ouvrages hydrauliques) ;
- le traitement de l'acidité de certains lacs et mares par apport de Craie de Champagne (carbonate de calcium).

A l'issu de cette réhabilitation et d'une évolution naturelle, le site est désormais entièrement protégé en tant que Réserve de Chasse et de Faune Sauvage, comprenant une Zone de Protection Spéciale, et est géré par le Syndicat Mixte de Gestion des Milieux Naturels. La RNCFS est également en pleine démarche afin d'intégrer le réseau des Réserves Naturelles de France, elle le deviendra d'ici la fin de cette année 2022.

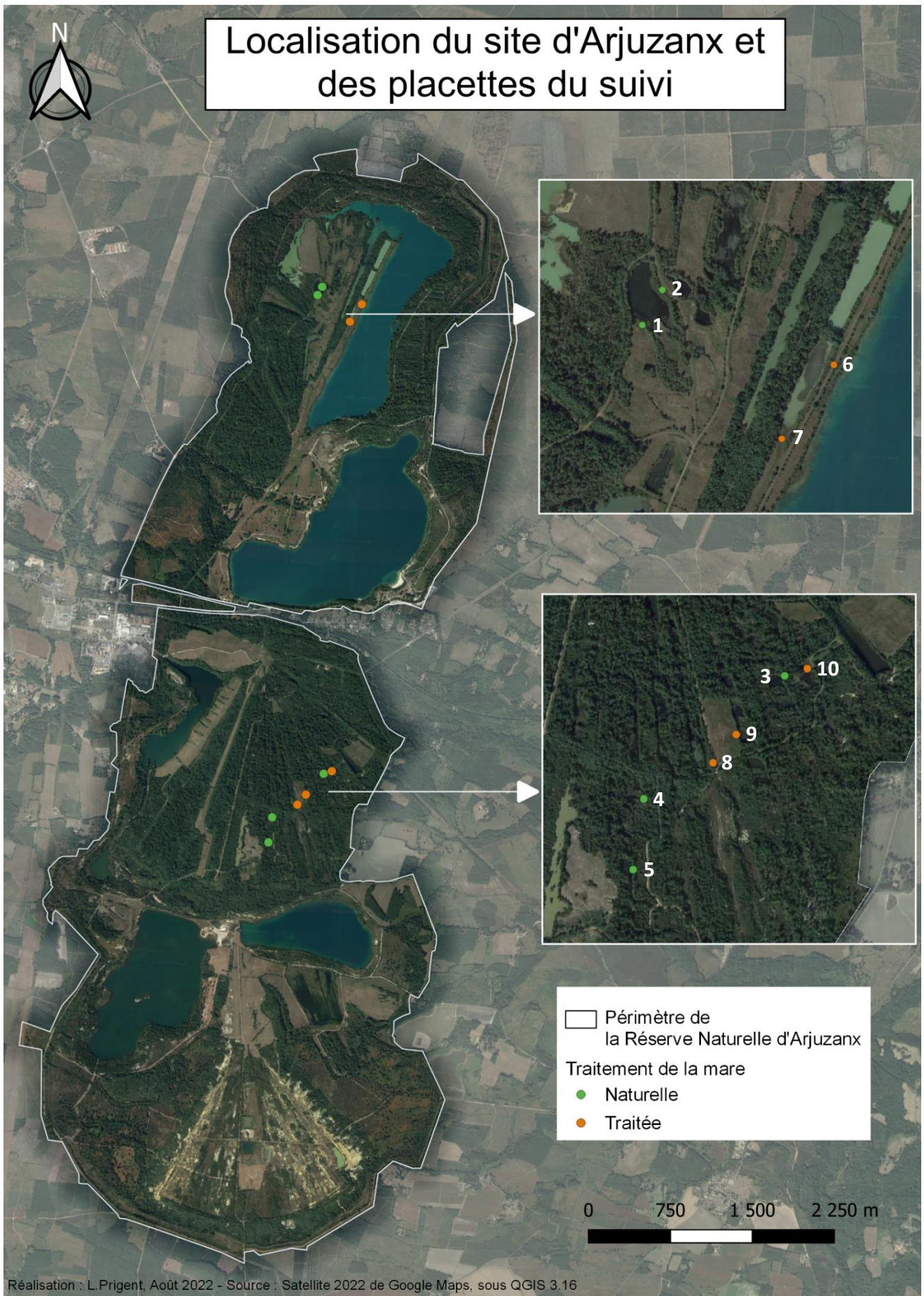


Figure 1 : Localisation de la RNCFS d'Arjuzanx et des dix placettes du suivi Odonatologiques. Source : L. Prigent.

Pour les besoins de l'étude, parmi les 110 lacs et mares, 8 mares ont été choisis au hasard, dont 4 ont été expérimentalement chaulés (appelés "traitée") en 1981 (Figure 1). Les quatre autres mares concernées par l'étude ont servi de mares témoins. En effet, elles n'ont pas eu de traitement par chaulage, les conditions physico-chimiques de l'eau ont donc évolué naturellement sans aucune gestion (D'AMICO et al. 1999 ; DARBLADE et al. 1999).

Le travail effectué en 1998, en 2009 et renouvelé en 2022 porte sur quatre mares non chaulées (dites "naturelles") et quatre mares chaulées (dites "traitées"). Dans la nomenclature historique, les mares naturelles choisies étaient nommées A, F, G et H tandis que les mares traitées étaient désignées par les lettres B, C, D et E (tableau 1). Au niveau des mares, les suivis portent sur des unités d'échantillonnage rectangulaires appelées placettes. Chacune de ces placettes a pour dimension : 20 mètres × 2 mètres. Chacune est disposée de la même façon, à cheval sur le littoral (1 mètre sur la berge / 1 mètre sur l'eau) (Figure 2) :



Figure 2 : Représentation schématique de la disposition d'une placette sur une mare. Source : Descriptif étude Odonatologique.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif du type de traitement, du numéro de placette, des différents codes et des coordonnées géographiques de chacune des placettes. Source : Descriptif étude Odonatologique et L.Prigent.

Type	Mare	Placette			Coordonnées	
		N°	Code Lafitte (2000)	Code Darblade (1998)	Latitude	Longitude
Naturelle	A	1		A1	44°02,5363'	000°51,3659'
		2		A2	44°02,4584'	000°51,5080'
	F	3	F1	F	44°00,0437'	000°51,3458'
	G	4	B15	G	43°59,8316'	000°51,6733'
	H	5	B12	H	43°59,7385'	000°51,7070'
Traitée	B	6		B1	44°02,4124'	000°51,2360'
		7		B2	44°02,3010'	000°51,3011'
	C	8	D15	C	43°59,8871'	000°51,5175'
	D	9	F5	D	43°59,9569'	000°51,4568'
	E	10	F2	E	44°00'0659	000°51,2929'

Tableau 2 : Tableau récapitulatif du nombre de mesures par placette, de la périodicité des mesures, des dates des relevés et du nombre total de relevés à effectuer pour chacun des paramètres physico-chimiques. Source : Descriptif étude Odonatologique et L.Prigent.

Caractéristiques physicochimiques	Nbre de mesures/placettes	Périodicité des mesures	Date de relevés	Nbre de relevés
pH	5	Mensuelle	Avril - Mai – Juin – Juillet - Août	5x5
Température de l'eau à la surface	5	Mensuelle	Avril - Mai – Juin – Juillet - Août	5x5
Température de l'eau à 50 cm	5	Mensuelle	Avril - Mai – Juin – Juillet - Août	5x5
Conductivité	5	Mensuelle	Avril - Mai – Juin – Juillet - Août	5x5
Turbidité	5	Mensuelle	Avril - Mai – Juin – Juillet - Août	5x5
Oxygène dissous	5	Mensuelle	Avril - Mai – Juin – Juillet - Août	5x5

Tableau 3 : Tableau récapitulatif du nombre de mesures par placette, de la périodicité des mesures et de la date de relevé pour chacun des attributs environnementaux. Source : Descriptif étude Odonatologique et L.Prigent.

Attributs environnementaux	Nombre de mesures/placettes	Périodicité des mesures	Date de relevé
Végétation de la zone littorale	1	Non (évaluation unique)	Juin
Présence/absence de sphaignes			
Présence/absence de végétation flottante ou submergée			
Usage des sols			
Pente de la zone littorale			

Deux placettes (diamétralement opposées) ont été retenues sur la mare naturelle A et nommées A1 et A2. De même, sur la mare traitée B, deux placettes ont été désignées et nommées B1 et B2. Pour simplifier le traitement des données et la présentation des résultats, les placettes ont été numérotées de 1 à 10 (1 à 5 : naturelles ; 6 à 10 : traitées). La correspondance finale est présentée dans le tableau 1 tandis que la localisation des placettes, avec leur numérotation de 1 à 10 est présentée dans la figure 1.

1.1.2 Protocole de caractérisation physico-chimique et d'évaluation des attributs environnementaux des placettes

La mesure du pH, la température de l'eau à la surface, la conductivité, la turbidité et l'oxygène dissous sont relevés tous les mois sur cinq endroits différents par placette entre avril et août avec une sonde multiparamètres MULTI 340i/SET (Tableau 2). La sonde multiparamètres comporte un jeu de sonde avec

deux pH-mètres, un oxymètre et un conductimètre. La réalisation de 5 relevés par placette permet de prendre en compte la variabilité intra-placette. La turbidité est relevée, avec un turbidimètre de la marque WTW acheté pour les besoins de l'étude, selon le même protocole que les autres paramètres cités précédemment (tableau 2). La sonde multiparamètres et le turbidimètre sont calibrés avant chaque campagne de relevés physico-chimiques. Pour évaluer la désacidification naturelle après la restauration, des mesures de la dureté totale de l'eau, la concentration en ions bicarbonates [HCO₃], en ions calciums [CA²⁺] et la matière organique dissoute ont été réalisées en juin 2000 mais n'ont pas été reconduite en 2009. De plus, deux sondes de température HOBO fournis par Monsieur D'Amico ont été installées sur la mare n°2 et la mare n°3 respectivement. Ces sondes permettent de faire une mesure de la température à l'interface entre l'eau et l'air toutes les trente minutes. Ces résultats permettront de dire s'il est nécessaire de mettre une ou plusieurs sondes de ce type sur le site d'Arjuzanx afin de suivre la température.

En plus des données physico-chimiques, des données environnementales ont également été recueillies afin d'identifier les autres facteurs éventuels de l'action du chaulage sur les cortèges d'Odonates (Tableau 3). Sur chacune des placettes, la végétation a été caractérisée selon trois classes différentes à savoir la présence de *Phragmites* spp et la présence de *Juncus* spp (1=*Phragmite* sp. dominante ; 2=*Juncus* sp. dominante ; et 3=*Phragmite* sp et *Juncus* sp en abondance égale). La présence ou l'absence de *Sphagnum* sp et la présence ou l'absence d'une végétation aquatique flottante ou submergée a également été prise en compte dans les relevés phytosociologiques. L'usage du sol aux abords de la placette est également un paramètre qui a été pris en compte catégorisé comme prairie, pinède (plantation de conifères à *Pinus pinaster*) et mixte. La dernière variable environnementale, concerne la topographie de la berge puisque la pente de la berge est mesurée à 50 centimètres du bord (tableau 3).

1.1.3 Protocole de suivi de l'assemblage des Odonates

Les assemblages d'Odonates ont été évalués sur chacune des 10 placettes (20×2m), le long de la berge sur les 8 mares d'avril à août à raison de deux fois par mois. Comme en 1998 et en 2009, l'étude des exuvies est préférée à celle des larves car cette méthode d'échantillonnage est non destructive pour estimer le nombre de larves. La récolte des exuvies est bimensuelle entre avril et août durant une heure de recherche, par placette (Tableau 4). Cette période est la plus propice pour détecter toutes les espèces, avec une amplitude temporelle permettant de contacter aussi bien les espèces précoces (par exemple : *Pyrrhosoma nymphula* ou *Brachytron pratense*) que les espèces tardives comme les *Aeschnes* (D'AMICO et al, 2004). Chacun des échantillonnages a été effectué au moins cinq jours après les dernières conditions météorologiques défavorables (vents violents, pluies...) afin de récolter un maximum d'exuvies et que les conditions d'émergence soient optimales. L'ensemble de l'échantillonnage est effectué par la même personne (Loan PRIGENT, stagiaire en charge de l'étude) afin de limiter la variable "cueilleur". Pour faciliter la récolte des exuvies et permettre une meilleure visualisation des cuissardes ont été utilisées. Les exuvies ont été récoltées à la main et stockées dans une boîte (une boîte par placette et par jour de récolte) puis placées rapidement durant 24 heures dans un congélateur à la fin du prélèvement.

Cette dernière opération vise à éliminer les araignées logées dans les exuvies pour éviter le tissage de soie sur l'ensemble des exuvies récoltées (protocole Société Française d'Odonatologie). Les exuvies ont ensuite été identifiées notamment à l'aide de la clef de détermination DOUCET G. (2016). L'ensemble des exuvies ont ensuite été conservées pour des vérifications éventuelles.

Les imagos ont également été échantillonnés deux fois par mois sur les mêmes placettes au moment les plus chauds de la journée entre 11h00 et 15h00. La durée d'échantillonnage sur chaque placette est de 20 minutes au cours de laquelle les individus ont été identifiés au vol, ou lorsque cela n'était pas possible après capture au filet, puis déterminer à l'aide d'ouvrages spécialisés (BOUDOT, DOUCET & GRAND (2019), DIJKSTRA K.-DB. (2015) (Tableau 4). Pour compléter les données, des indices d'abondance sont également enregistrés (0 ; + : [x1-x2] ; ++ : [x3-x4] ; +++ : plus de 5 individus). Le nombre d'individus par espèce et par placette a également été noté pour avoir une idée plus précise de l'abondance des espèces, mais cette méthode est à utiliser toutefois avec précaution dû au risque de double comptage. L'ensemble des individus sont ensuite immédiatement relâchés.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif de la durée du suivi, de la périodicité des mesures, des dates de relevés et du nombre total de relevés effectués pour le stade adulte et exuvies. Source : Descriptif étude Odonatologique et L.Prigent.

Stade	Durée du suivi	Périodicité des mesures	Dates des relevés	Nbre total de relevés
Imagos	20 min / placette	2 fois / mois	Avril (2) - Mai (2) – Juin (2) – Juillet (2) – Août (2)	10
Exuvies	1 h / placette	2 fois / mois	Avril (2) - Mai (2) – Juin (2) – Juillet (2) – Août (2)	10

1.1.4 Collecte des données et traitements des données : répartition des tâches

S. Laugareil avec L. Prigent se chargent d'organiser les suivis opérationnels sur le terrain tant pour les Odonates (suivi des adultes, récolte des exuvies, identification et dénombrement) que pour les attributs physico-chimiques avec l'appui de l'équipe permanente de la réserve, notamment L. Cazade, P. Laporte-Fauret et L. De Castro.

Initialement prévu dans le protocole, F. D'Amico doit se charger de faire analyser au laboratoire de chimie de l'UPPA (Campus Montaury) le prélèvement d'eau réalisé en juin sur chaque placette pour l'estimation des variables « Dureté totale », [HCO₃⁻], [Ca⁺⁺] et "Matière organique totale". Ce prélèvement d'eau n'a pas été réalisé en 2009, le choix a donc été fait de ne pas reconduire ces mesures pour l'année 2022. De même, il se charge du traitement des données et de l'analyse statistique. S. Darblade et D. Barbut apportent leur expertise.

1.1.5 Analyse et valorisation des résultats

L'ensemble des données collectées lors du suivi vont permettre de réaliser plusieurs analyses. Ces analyses ont été réalisées exclusivement à l'aide de tableaux et de graphiques sous Excel 2019. De plus, des tests statistiques et la modélisation de modèles d'occupation ont été réalisés sous le logiciel R 4.1.1. Pour des raisons pédagogiques, l'analyse se limite aux données récoltées entre avril et juin 2022 pour les imagos et les exuvies. Concernant les données récupérées par les sondes HOBO, ce sont l'ensemble des données relevées de début mars à la mi-juillet qui sont utilisées.

Dans un premier temps, une analyse descriptive des paramètres physico-chimiques relevés mensuellement et via les deux sondes HOBO a été effectuée à l'aide de boîtes à moustache et de graphiques provenant du logiciel HOBOWARE. Ces premières analyses sont essentielles pour démontrer quels paramètres physico-chimiques diffèrent entre les mares naturelles et traitées et ensuite les incorporer dans les futurs modèles d'occupation. Pour cela, chaque paramètre sera étudié via une boîte à moustache différenciant les résultats obtenus entre les mares naturelles et traitées. Les médianes mettront en évidence les potentielles différences observées. Concernant les données recueillies par les deux sondes HOBO, un test de comparaison simple de moyenne pour données appariées mettra en évidence s'il y a une différence significative entre les deux séries de température du nord et du sud.

Concernant l'assemblage des Odonates, les premières analyses porteront sur la richesse spécifique en comparant la liste d'espèces des deux études antérieures et les nouvelles données éventuelles. Ensuite, en combinant les données de présence/non détection des imagos et les différences au niveau des paramètres physico-chimiques entre les mares traitées et naturelles, il est possible de réaliser des modèles d'occupation pour chacune des espèces rencontrées. Les modèles sont des scénarii, des approximations, des descriptions de la réalité. On définit l'occupation (notée ψ), comme la probabilité qu'un site sélectionné au hasard, ou, plus généralement, qu'une unité d'échantillonnage dans la zone étudiée (aire) soit occupée par l'espèce étudiée (le site ou l'unité contient au moins un individu de l'espèce). Dans ce protocole, les espèces sont recherchées sur chacun des sites ($s = 10$) pour établir l'occupation de l'espèce (Détection/Non-détection). Chacun des sites est suivi k fois (entre avril et juin, $k = 6$ visites). La séquence de détections (notées 1) et de non-détections (notées 0) des espèces rencontrées lors des k suivis à chaque site est enregistrée et notée comme une histoire de détection h . Les modèles d'occupation se basent sur deux concepts théoriques qui sont l'occupation et la détectabilité, ils sont tous les deux modélisés par un processus de Bernoulli (Figure 3).

$$\begin{aligned}
 y_i | z_i &\sim \text{Bernoulli}(p * z_i) \\
 z_i &\sim \text{Bernoulli}(\psi) \\
 \text{logit}(p) &= \alpha_0 + \alpha_1 * \text{covariate}_1 \\
 \text{logit}(\psi) &= \beta_0 + \beta_1 * \text{covariate}_1
 \end{aligned}$$

Figure 3 : Formules théoriques des modèles d'occupation par un processus de Bernoulli. Source : Cours de Mr D'Amico, Diagnostic des milieux et méthodes de suivis.

Les notations utilisées sont les suivantes :

y : observations { notées aussi y_i ou y_{ij} en intégrant la réplication temporelle : i.e. au site i noté y_i et lors de la visite j noté y_{ij} } ;

p : probabilité de détection ;

z : occurrence vraie (true occupancy = occurrence) (au site i) ;

ψ : probabilité d'occupation (occupancy probability) (au site i) ;

α : paramètres ($\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{ij}$) à estimer pour la probabilité de détection p ;

β : paramètres à estimer ($\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_i$) pour la probabilité d'occupation ψ .

Sous le logiciel R, c'est le package « Unmarked » (Fiske & Chandler, 2011) qui permet de faire les modélisations. Il est important de préciser que pour la réalisation des modèles d'occupation, il y a des conditions d'application comme la plupart des tests statistiques que l'on peut utiliser en écologie :

- Le statut d'occupation des sites ne change pas pendant la saison ;
- La probabilité d'occupation est égale entre tous les sites ;
- La probabilité de détecter l'espèce lors d'une visite, étant donné que l'espèce est présente, est égale entre tous les sites ;
- La détection de l'espèce à chaque visite sur un site est indépendante des détections pendant les autres visites sur ce site ;
- Les histoires de détection observées à chaque site sont indépendantes ;
- Il n'y a pas de faux-positifs. La prise en compte de faux positifs conduit généralement à une surestimation (surévaluation) = biais positif.

Lorsque les différents modèles sont finalement choisis et traités, il est possible de les trier directement dans l'environnement R grâce au critère d'information d'Akaike ($AIC = 2k - 2\ln(L)$), avec L la valeur maximale de la fonction de vraisemblance du modèle et k le nombre de paramètres (covariables) dans le modèle. L'AIC représente un compromis entre le nombre de paramètres utilisés (apportent de l'information) et la pénalisation apportée par un trop grand nombre de calculs (parcimonie). Il permet de simplifier les calculs et donc le risque d'erreur. Il y a aussi le delta AIC qui permet de sélectionner les modèles. En biologie, on estime que le modèle est proche de la réalité si le delta AIC < 2 . Sous R, le package « AICmodavg » (MARC J. MAZEROLLE, 2020) permet de faire une moyenne des modèles afin d'en sortir le plus acceptable.

Le modèle retenu pour chacune des espèces rencontrées dans ce suivi est celui avec le plus faible AIC, ce qui représente le modèle le plus acceptable, le plus plausible par rapport à la réalité. De plus, il existe des tests d'ajustements pour vérifier si le modèle manque d'ajustement comme le test du χ^2 ou encore le c-chapeau. Le test du χ^2 permet de dire si le modèle a un manque d'ajustement ou non. Pour cela on pose une hypothèse (H_0) et il y a deux possibilités en fonction de la p-valeur :

- Si $p < 0,05$ alors on peut conclure (au risque $\alpha = 0,05$) qu'il y a un manque d'ajustement ;
- Si $p > 0,05$ alors on peut conclure (au risque α) qu'il n'y a pas de preuve d'un manque d'ajustement (ce qui ne signifie pas, *sensu stricto*, qu'on a la preuve d'un bon ajustement).

Généralement on couple ce premier test avec le c-chapeau (\hat{c}) qui permet lui aussi de dire si le modèle a un manque d'ajustement ou non. Le \hat{c} est égal à la surdispersion soit la relation entre la variance et la moyenne (Loi de Taylor). Il est estimé qu'il n'y a pas de preuve d'un manque d'ajustement si la valeur du c-chapeau est proche de 1. Pour finir sur les imagos, les résultats qui sont analysables sans preuve d'un manque

d'ajustement seront explicités et les probabilités d'occupation entre les sites naturels et traités seront comparées via la moyenne des cinq valeurs fournies par le modèle retenu.

Enfin, l'analyse statistique des exuvies de 2022, entre les mares naturelles et traitées, a été effectuée grâce à une ANOVA. Dans le cas où la normalité des résidus et l'homogénéité des variances n'étaient pas vérifiées, un test de Wilcoxon était effectué au seuil de risque de 5%. Le test de Wilcoxon est un test non paramétrique, il ne nécessite pas l'hypothèse de normalité des distributions des valeurs. Cela permettra d'analyser s'il y a une différence significative dans l'abondance d'exuvie entre les mares naturelles et traitées.

De plus, un diagramme en bâton permettra de visualiser dans quelles proportions les exuvies ont été récoltées entre les sites traités et naturels sur les cinq mois du suivi. Un second diagramme en bâton permettra de montrer les effectifs récoltés par espèce entre les sites traités et naturels sur l'ensemble du suivi.

La valorisation du travail et la diffusion des connaissances se feront de façon transparente et concertée entre les différents partenaires (F. D'Amico, S. Laugareil, S. Darblade et D. Barbut) sous la forme de rapports techniques et de publications scientifiques.

Les données de l'étude ainsi que les données opportunistes seront transmises à l'Observatoire FAUNA.

2 Résultats

2.1. Analyse des paramètres physico-chimiques

2.2.1. Analyse descriptive des mesures physico-chimiques mensuelles

Dans un premier temps, une analyse simple des mesures physico-chimiques entre les sites traités et non traités va permettre de mettre en évidence s'il y a des différences significatives liées à l'ancienne opération de chaulage. Les données utilisées pour l'analyse qui suit sont les données récoltées d'avril à juin. Les données des mois de juillet et août n'ont pas été incorporées par manque de temps en vue du rendu de ce présent travail. Ces premières analyses permettront de définir quels sont les paramètres physico-chimiques qui diffèrent entre les deux types de mares et donc les paramètres à inclure dans les futures modèles d'occupation. Les deux études précédentes ont montré une différence significative au niveau de la conductivité et de la turbidité de l'eau. Il avait été démontré que les eaux autrefois acides évoluaient vers la neutralité. En 2022, les différences en termes de conductivité et de turbidité entre les deux types de mares sont encore notables (Figure 4 et 5). Les mesures prises sur les mares n°6 et n°7 influencent ce constat.

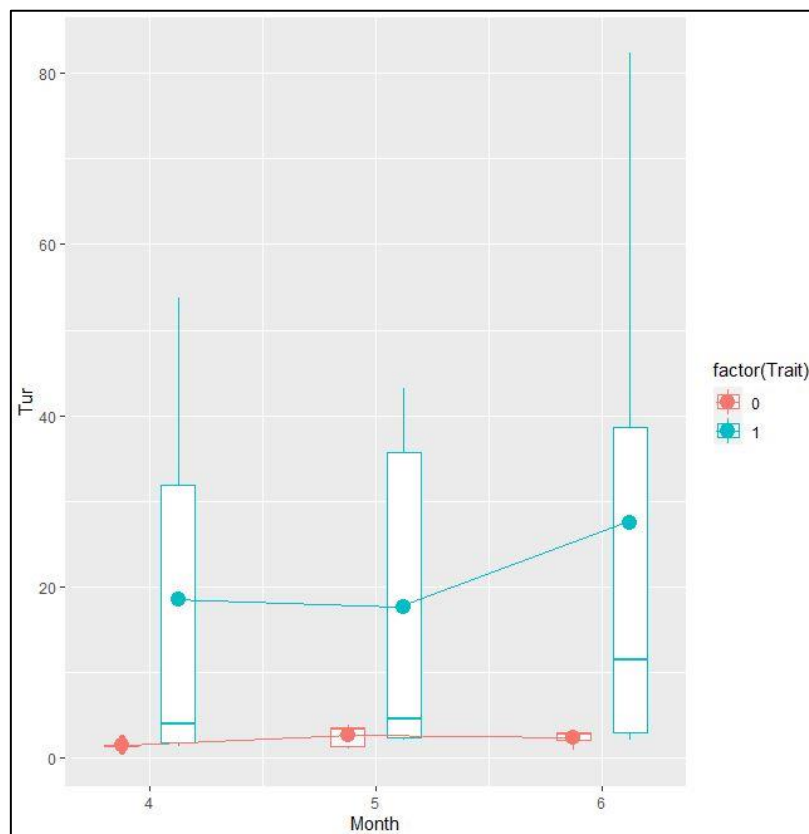


Figure 4 : Boîte à moustache des mesures de turbidité sur les sites traités et non traités entre avril et juin 2022. Source : L.Prigent sous R.

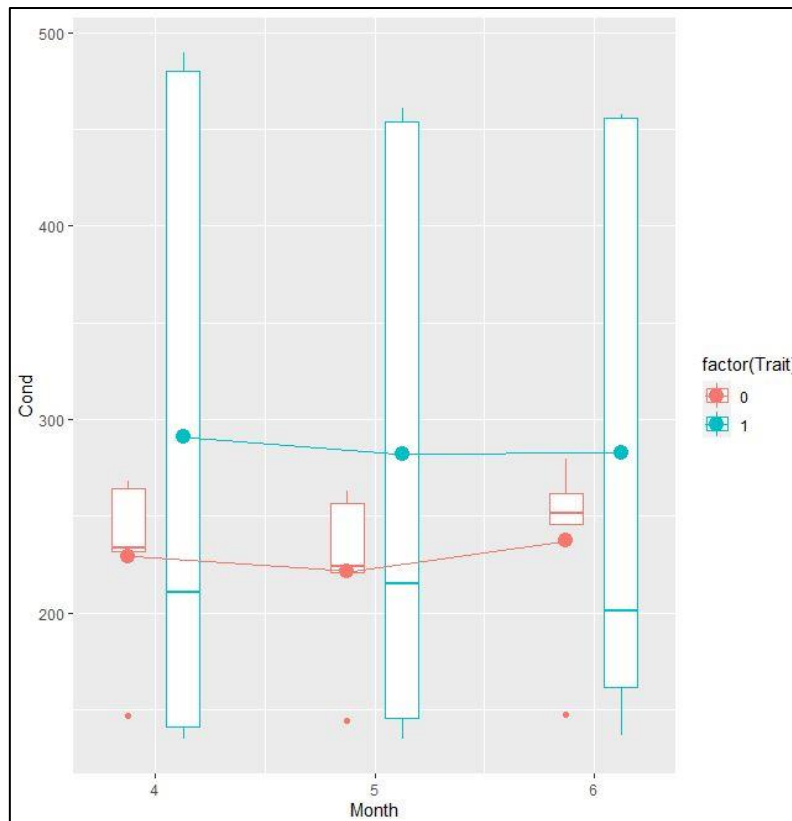


Figure 5 : Boîte à moustache des mesures de conductivité sur les sites traités et non traités entre avril et juin 2022. Source : L.Prigent sous R.

Les graphiques ci-dessus montrent une différence notable entre les médianes des sites traités et des sites non traités. En effet, la turbidité et la conductivité sont nettement plus élevées sur les sites traités. Le facteur influant ces paramètres est le traitement par chaulage (Carbonate de calcium), ce traitement a une incidence sur la productivité des différents organismes. La mare où se trouvent les placettes n°6 et n°7 contient des algues brunes ce qui confirme cette productivité. Concernant le pH, ce suivi permet à nouveau de prouver que les mares naturelles, anciennement acides, ont évolué d'une eau avec une forte acidité à une eau plus neutre. Concernant les autres paramètres physico-chimiques, le taux d'oxygène dissous, la température de surface et la température à 50cm du bord les résultats sont similaires entre les deux types de mares et évoluent de la même façon dans le temps. Ces résultats sont essentiels pour déterminer quel modèle d'occupation sera utilisé par la suite pour l'ensemble des espèces contactées.

Aux vues des résultats ce sont donc des modèles incluant la turbidité, la conductivité et la variable traitement qui seront utilisées.

2.2.2 Analyse descriptive des données des sondes HOBO

Lors de la première journée de terrain, Monsieur Frank D'Amico a apporté deux sondes de type HOBO afin de recueillir des données complémentaires (température) aux mesures mensuelles. Les données des deux sondes ont été récupérées une première fois début Juillet grâce à une navette amenée par S. Darblade. Les données restantes et acquises de juillet à août seront récupérées à la fin de l'étude. Ensuite, les données recueillies ont été analysées avec le logiciel HOBOWARE (Figure 6).

Arjuzanx 2022 : interface eau-air

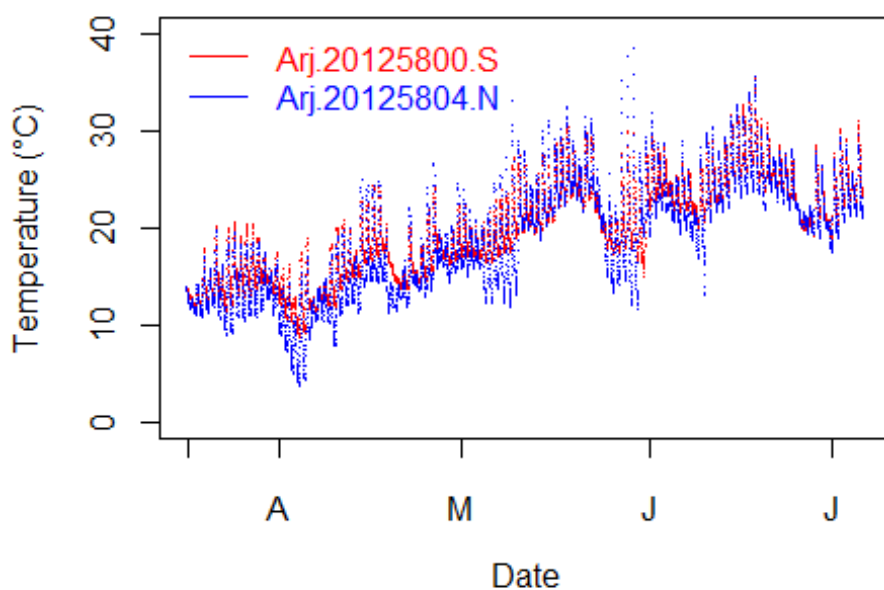


Figure 6 : Nuage de point des mesures de température à l'interface entre l'eau et l'air sur deux mares au Nord et au Sud de la Réserve entre mars et juillet 2022. Source : L.Prigent sous R.

Un test de comparaison simple de moyenne pour données appariées indique qu'il y a une différence significative entre les deux séries de température ($t = 41,083$, $df = 5361$, $p\text{-value} < 2,2e-16$; IC à 95 % : $[0,904 - 0,995]$). La moyenne des différences est égale à 0,949. Autrement dit, l'analyse indique que la température est toujours supérieure sur la placette au sud (d'une valeur moyenne de 0,95 °C), soit près de 1° C. Ces données complémentaires montrent que les variations thermiques des mares entre la partie nord et sud de la réserve sont similaires. A l'avenir, pour ce type d'étude sur le site d'Arjuzanx, la mise en place d'une sonde de température est donc suffisante afin d'évaluer l'évolution de la température à l'interface entre l'eau et l'air.

2.2. Analyse des attributs environnementaux

2.2.1 Analyse descriptive des attributs environnementaux

Le relevé des attributs environnementaux sur l'ensemble des mares étudiées a été réalisé le 20 juin 2022 à l'aide de S. Laugareil (Tableau 6). Les données nouvellement acquises vont permettre de montrer les dernières évolutions survenues 13 ans après le second suivi mené par D. Barbut (Tableau 5).

Tableau 5 : Tableau des attributs environnementaux relevés en 2009. Source : D.Barbut sous Excel.

Numéro de placette	Végétation de la zone littorale	Présence/absence de sphaignes	Présence/absence de végétation flottante ou submergée	Usage des sols	Pente de la zone littorale (%)
1	Phragmite sp	Non	Oui	Prairie	25
2	Juncus sp	Non	Oui	Mixte	10
3	Juncus sp	Non	Non	Plantation	35
4	Juncus sp	Oui	Oui	Plantation	15
5	Juncus sp	Oui	Oui	Plantation	60
6	Mixte	Non	Non	Prairie	20
7	Mixte	Non	Non	Mixte	5
8	Phragmite sp	Oui	Non	Plantation	40
9	Juncus sp	Non	Oui	Mixte	10
10	Juncus sp	Non	Non	Mixte	70

Tableau 6 : Tableau des attributs environnementaux relevés en 2022. Source : L.Prigent sous Excel.

Numéro de placette	Végétation de la zone littorale	Présence/absence de sphaignes	Présence/absence de végétation flottante ou submergée	Usage des sols	Pente de la zone littorale (%)
1	Mixte	Non	Oui	Prairie	25
2	Phragmite sp	Non	Oui	Mixte	10
3	Juncus sp	Oui	Oui	Plantation	35
4	Juncus sp	Oui	Oui	Plantation	15
5	Mixte	Oui	Oui	Plantation	60
6	Mixte	Oui	Non	Prairie	20
7	Mixte	Non	Non	Mixte	5
8	Phragmite sp	Oui	Oui	Mixte	40
9	Juncus sp	Non	Oui	Mixte	10
10	Juncus sp	Non	Oui	Mixte	70

Les résultats ci-dessus montrent des évolutions notables entre 2009 et 2022. On observe dans un premier temps, des changements au niveau de la végétation de la zone littorale uniquement sur les mares naturelles. En 2009, il y a principalement de la jonçaille dominante tandis qu'en 2022, il y a plus de mixité des micro-habitats avec à la fois de la jonçaille et de la phragmitaie.

Au niveau de la présence de sphaignes, aucune évolution n'est observée sur les placettes où la sphaigne était présente en 2009. En revanche, deux nouvelles placettes, la n°3 et la n°6 sont désormais dotées de sphaignes.

Concernant la présence de végétation flottante ou submergée, l'ensemble des placettes comportent des herbiers aquatiques (Potamots, myriophylle et characées) en 2022. Néanmoins, les placettes n°6 et n°7 n'en possèdent pas car la forte turbidité de l'eau relevée sur cette mare ne permet pas le développement de végétations aquatiques. Au niveau, de l'usage des sols et de la pente de la zone littorale, il n'y a pas de changement significatif entre 2009 et 2022 car les modes de gestion sont inchangés.

2.3. Analyse des assemblages d'Odonates

2.3.1 Analyse de la richesse spécifique

L'étude des assemblages d'Odonates du site d'Arjuzanx se fait logiquement par une analyse de la richesse spécifique. Début mars, la Réserve d'Arjuzanx compte 42 espèces d'Odonates recensées et fin août elle compte désormais 45 espèces. En effet, le suivi de 2022 a permis de mettre en évidence la présence de deux nouvelles espèces.

Une espèce précoce et plutôt rare dans les Landes, contactée sur 5 mares sur les 8 mares étudiées, l'Aeschna printanière (*Brachytron pratense*) qui montre bien l'importance de commencer la prospection des Odonates dès le mois d'avril surtout dans le sud de la France. Également, une espèce plutôt tardive, ubiquiste et commune à très commune dans les Landes, l'Aeschna bleue (*Aeshna cyanea*) contactée sur une mare chaulée dans la partie sud de la Réserve. Une troisième espèce a été identifiée hors protocole, il s'agit de l'Aeschna paisible (*Boyeria irene*), plusieurs imagos ont été retrouvés proche des bâtiments de la Réserve. Ce suivi a permis de compléter les inventaires menés en interne via le STELI (Suivi Temporel des Libellules) mis en place par Laura Cazade et Ludivine de Castro et notamment d'augmenter les connaissances sur la famille des Aeshnidae avec trois nouvelles espèces de cette même famille.

Lors de la première étude en 1998, 24 espèces d'Odonates ont été répertoriées, en 2009 ce sont 28 espèces qui ont été contactées et aujourd'hui la richesse spécifique augmente à nouveau avec 33 espèces d'identifiées (annexe 1). Il est important de préciser que seulement 30 espèces ont été observées à l'état adulte et 3 autres espèces ont pu être identifiées avec le travail de détermination des exuvies. Les suivis de 1998 et de 2009 ont mis en évidence la présence de Leste dryade (*Lestes dryas*) mais cette espèce n'a pas été contactée en 2022. Autre exemple avec le Leste sauvage (*Lestes barbarus*) qui a été contacté en 2009 mais pas en 2022. Ce troisième suivi sur le site d'Arjuzanx montre une richesse spécifique plus importante avec de nombreuses espèces peu ou pas contactées lors des deux précédents suivis, c'est notamment le cas de l'Anax napolitain (*Anax parthenope*) ou encore de l'Aeschna printanière (*Brachytron pratense*). Ce résultat montre que la qualité physico-chimique des eaux, la végétation rivulaire et la végétation aquatique des mares évoluent favorablement aux Odonates depuis 1998. La gestion conservatoire du site d'Arjuzanx et la libre évolution de ces zones humides est importante pour le bon développement des Odonates mais aussi pour les Amphibiens et la Flore.

2.3.2 Analyse des modèles d'occupation

L'analyse des paramètres physico-chimiques a permis de mettre en évidence des différences notables au niveau de la turbidité et de la conductivité des eaux entre les mares naturelles et traitées. Ces deux paramètres sont donc intégrés dans les futurs modèles d'occupation. Le choix s'est porté sur la réalisation de cinq modèles en concertation avec les interlocuteurs de cette étude.

- P(.)Psi(.);
- P(.)Psi(Turb.m);
- P(.)Psi(Cond.m);
- P(.)Psi(Turb.m, Cond.m);

- P(.)Psi(Trait).

Chacun de ces cinq modèles se base sur une probabilité de détection qui est constante au cours du temps (P(.)). Il est possible de faire varier cette probabilité de détection en fonction du temps, ce qui correspond mieux à la réalité mais il a été choisi de ne pas réaliser ces modèles en vue du temps imparti.

Pour commencer, il y a le modèle constant (fm0), il est important car il correspond au « modèle nul » au sens statistique en posant l'hypothèse H0 selon laquelle il n'y a pas d'effet des paramètres physico-chimiques. Quant aux quatre autres modèles ils posent l'hypothèse selon laquelle il y a un effet que ce soit de la turbidité (fm1), de la conductivité (fm2) ou du traitement (fm4) sur la probabilité d'occupation de l'espèce en question. Le modèle (fm3) teste l'hypothèse d'une double influence de la turbidité et de la conductivité sur la probabilité d'occupation.

Sur la période avril-juin, 28 espèces d'Odonates ont été contactées. Les cinq modèles ont donc été testés sur toutes ces espèces ce qui représente plus de 500 pages de résultats. Un travail de synthèse a été réalisé et les résultats sont présentés en annexe 14.

Sur les 28 espèces contactées entre avril et juin 2022, les résultats des modèles manquent d'ajustement pour de nombreuses espèces (Tableau 7). De plus, il a été choisi de retirer les résultats des espèces contactées qu'à partir de la visite 5 (V5 à partir de juin) car la phénologie des espèces ne permet pas une bonne analyse. La période d'émergence des espèces d'Odonates se déroule sur plusieurs mois, ce qui induit que l'analyse est pertinente seulement sur des espèces plutôt précoces.

Tableau 7 : Liste des espèces pour lesquelles les résultats des modèles d'occupations manquent d'ajustement ou ne sont pas fiables. Source : L.Prigent.

Espèces contactées	Preuve d'un manque d'ajustement ou d'une analyse non pertinente
<i>Aeshna cyanea</i>	Espèce contactée seulement lors de la visite 6
<i>Anax imperator</i>	Les cinq modèles montrent un manque d'ajustement (au risque $\alpha = 0,05$). Test du χ^2 avec une p-value $< 0,05$
<i>Ceriagrion tenellum</i>	Les cinq modèles montrent un manque d'ajustement (au risque $\alpha = 0,05$). Test du χ^2 avec une p-value $< 0,05$
<i>Chalcolestes viridis</i>	Espèce contactée seulement à partir de la visite 5
<i>Coenagrion puella</i>	Les cinq modèles montrent un manque d'ajustement (au risque $\alpha = 0,05$). Test du χ^2 avec une p-value $< 0,05$
<i>Coenagrion scitulum</i>	Les cinq modèles montrent un manque d'ajustement (au risque $\alpha = 0,05$). Test du χ^2 avec une p-value $< 0,05$
<i>Cordulia aenea</i>	Les cinq modèles montrent un manque d'ajustement (au risque $\alpha = 0,05$). Test du χ^2 avec une p-value $< 0,05$
<i>Crocothemis erythraea</i>	Les cinq modèles montrent un manque d'ajustement (au risque $\alpha = 0,05$). Test du χ^2 avec une p-value $< 0,05$
<i>Erythromma lindenii</i>	Espèce contactée seulement à partir de la visite 5
<i>Erythromma viridulum</i>	Espèce contactée seulement à partir de la visite 5

<i>Lestes sponsa</i>	Espèce contactée seulement à partir de la visite 5
<i>Lestes virens</i>	Le nombre de 0 dans la matrice de visite ne permet pas de faire tourner les modèles (problème de calcul).
<i>Leucorrhinia albifrons</i>	Espèce contactée seulement à partir de la visite 5
<i>Onychogomphus uncatus</i>	Espèce contactée seulement à partir de la visite 6
<i>Orthetrum coerulescens</i>	Il y a que deux cohortes sur les 10 placettes inventoriés, le nombre de 0 est trop important
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	Les cinq modèles montrent un manque d'ajustement (au risque $\alpha = 0,05$). Test du χ^2 avec une p-value $< 0,05$
<i>Sympecma fusca</i>	Les cinq modèles montrent un manque d'ajustement (au risque $\alpha = 0,05$). Test du χ^2 avec une p-value $< 0,05$
<i>Sympetrum sanguineum</i>	Espèce contactée seulement à partir de la visite 6
<i>Sympetrum striolatum</i>	Il y a que deux cohortes sur les 10 placettes inventoriés, le nombre de 0 est trop important et espèce contactée seulement à partir de la visite 5
<i>Trithemis annulata</i>	Les cinq modèles montrent un manque d'ajustement (au risque $\alpha = 0,05$). Test du χ^2 avec une p-value $< 0,05$

La réalisation de cette première analyse montre que pour 20 espèces, il y a un manque d'ajustement des modèles d'occupation avec le χ^2 ou le \hat{c} et/ou que le nombre de détection est trop faible ou trop tardif par rapport à la phénologie de ces espèces. Ce résultat s'explique par une analyse limitée à 6 visites ce qui est peu d'un point de vue statistique et cela ne prend pas bien en compte la phénologie de la plupart des espèces d'Odonates.

Les résultats des modèles d'occupations des autres espèces (pour la plupart des espèces dites précoces) sont eux analysables sans problème.

Pour chacun des modèles de ces 8 espèces le test du χ^2 montre une p-value qui est $> 0,05$ ce qui n'atteste pas la preuve d'un manque d'ajustement des modèles. De plus, le second test du \hat{c} vient confirmer la preuve qu'il n'y a pas de manque d'ajustement des modèles d'occupations testés.

Tableau 8 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour *Brachytron pratense*. Source : L.Prigent sous Excel.

<i>Brachytron pratense</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value
p(.)psi(.)	2	43,01	0,00	0,40	0,40	26,8854	0,37	0,94
p(.)psi(Trait)	3	44,86	1,85	0,16	0,56	27,0591	0,35	0,52
p(.)psi(Cond.m)	3	45,00	1,99	0,15	0,71	26,9007	0,26	1,11
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	45,01	2,00	0,15	0,85	26,8849	0,33	1,03
p(.)psi(Turb.m)	3	45,01	2,00	0,15	1,00	26,8821	0,37	0,92

Pour l'espèce *Brachytron pratense*, qui est une espèce précoce, on remarque que le modèle constant sans aucun effet des paramètres physico-chimiques est le plus acceptable/plausible car il a l'AIC le plus faible et il a deux fois plus de poids que le modèle avec effet du traitement avec 0,40 pour 0,16 (Tableau 8). Le nombre de paramètre est de 2. Le delta AIC quant à lui est inférieur ou égal à 2 pour les cinq modèles. La p-value du

test du χ^2 est de 0,37 soit $> 0,05$ donc il n’y a pas de preuve d’un manque d’ajustement du modèle. Le \hat{c} permet d’appuyer cette conclusion car le résultat est proche de 1 à savoir 0,94.

Les probabilités d’occupation calculées avec le modèle constant sans aucun effet des paramètres physico-chimiques donnent des résultats différents entre les mares naturelles et traitées. En effet, d’après le modèle *Brachytron pratense* aurait une préférence pour les sites traités avec une moyenne de probabilité d’occupation de 0,999 (SE = 0,022) contre 0,785 (SE = 0,506) pour les sites naturels.

Tableau 9 : Résultats des modèles d’occupations retenus et leurs tests d’ajustements associés pour *Enallagma cyathigerum*. Source : L.Prigent sous Excel.

<i>Enallagma cyathigerum</i>	Sélection de modèle					Test d’ajustement			
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)	2	69,19	0,00	0,40	0,40		62,0553	0,18	1,16
p(.)psi(Trait)	3	71,19	2,00	0,15	0,55		62,0546	0,29	1,09
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	71,19	2,00	0,15	0,70		62,0567	0,23	1,16
p(.)psi(Cond.m)	3	71,19	2,00	0,15	0,85		62,0569	0,18	1,18
p(.)psi(Turb.m)	3	71,19	2,00	0,15	1,00		62,0566	0,29	1,16

Pour l’espèce *Enallagma cyathigerum*, on remarque que le modèle constant sans aucun effet des paramètres physico-chimiques est le plus acceptable/plausible car il a l’AIC le plus faible et il a deux fois plus de poids que le modèle avec effet du traitement avec 0,40 pour 0,15 (Tableau 9). Le nombre de paramètre est de 2. Le delta AIC quant à lui est inférieur ou égal à 2 pour les cinq modèles. La p-value du test du χ^2 est de 0,18 soit $> 0,05$ donc il n’y a pas de preuve d’un manque d’ajustement du modèle. Le \hat{c} permet d’appuyer cette conclusion car le résultat est proche de 1 à savoir 1,16.

Les probabilités d’occupation calculées avec le modèle constant sans aucun effet des paramètres physico-chimiques donnent des résultats similaires entre les mares naturelles et traitées. En effet, d’après le modèle *Enallagma cyathigerum* n’aurait pas de préférence entre les sites naturels et traités, il serait donc uniformément présent sur l’ensemble des mares avec une moyenne de probabilité d’occupation de 0,999 (SE = 0,001) et 0,999 (SE 0,005) respectivement.

Tableau 10 : Résultats des modèles d’occupations retenus et leurs tests d’ajustements associés pour *Gomphus pulchellus*. Source : L.Prigent sous Excel.

<i>Gomphus pulchellus</i>	Sélection de modèle					Test d’ajustement			
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	19,79	0,000	0,356	0,36		6,8939	0,77	0,36
p(.)psi(Cond.m)	3	19,80	0,011	0,354	0,71		6,9234	0,67	0,48
p(.)psi(.)	2	21,54	1,747	0,149	0,86		4,9533	0,57	0,56
p(.)psi(Turb.m)	3	22,63	2,837	0,086	0,95		5,2304	0,87	0,28
p(.)psi(Trait)	3	23,54	3,747	0,055	1,00		4,9526	0,77	0,45

Pour l’espèce *Gomphus pulchellus*, on remarque que le modèle avec effet de la turbidité et de la conductivité est le plus acceptable/plausible car il a l’AIC le plus faible (Tableau 10). Le delta AIC est sensiblement le même que le second modèle avec effet de la conductivité. Le nombre de paramètre est de 3. Le delta AIC quant à lui est inférieur à 2 pour les trois premiers modèles. La p-value du test du χ^2 est de 0,77 soit $> 0,05$ donc il n’y a pas de preuve d’un manque d’ajustement du modèle. Le \hat{c} permet d’appuyer cette conclusion car le résultat est proche de 1 à savoir 0,36. Le second modèle avec effet de la conductivité est très proche au niveau des résultats avec le premier.

Les probabilités d'occupation calculées avec le modèle avec effet combiné de la turbidité et de la conductivité donnent des résultats similaires entre les mares naturelles et traitées. En effet, d'après le modèle *Gomphus pulchellus* n'aurait pas de préférence entre les sites naturels et traités, il serait donc uniformément présent sur l'ensemble des mares avec une moyenne de probabilité d'occupation de 0,999 (SE = 0,055) et 0,999 (SE 0,022) respectivement.

Tableau 11 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour *Ishnura elegans*. Source : L.Prigent sous Excel.

<i>Ishnura elegans</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value
p(.)psi(.)	2	47,23	0,00	0,40	0,40	16,595	0,77	0,47
p(.)psi(Turb.m)	3	49,23	2,00	0,15	0,55	16,5926	0,77	0,55
p(.)psi(Cond.m)	3	49,23	2,00	0,15	0,70	16,5926	0,75	0,35
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	49,23	2,00	0,15	0,85	16,5926	0,7	0,53
p(.)psi(Trait)	3	49,23	2,00	0,15	1,00	16,5918	0,69	0,41

Pour l'espèce *Ishnura elegans*, on remarque que le modèle constant sans aucun effet des paramètres physico-chimiques est le plus acceptable/plausible car il a l'AIC le plus faible et il a deux fois plus de poids que le modèle avec effet du traitement avec 0,40 pour 0,15 (Tableau 11). Le nombre de paramètre est de 2. Le delta AIC quant à lui est inférieur ou égal à 2 pour les cinq modèles. La p-value du test du chi² est de 0,77 soit > 0,05 donc il n'y a pas de preuve d'un manque d'ajustement du modèle. Le \hat{c} permet d'appuyer cette conclusion car le résultat est proche de 1 à savoir 0,47.

Les probabilités d'occupation calculées avec le modèle constant sans aucun effet des paramètres physico-chimiques donnent des résultats similaires entre les mares naturelles et traitées. En effet, d'après le modèle *Ishnura elegans* n'aurait pas de préférence entre les sites naturels et traités, il serait donc uniformément présent sur l'ensemble des mares avec une moyenne de probabilité d'occupation de 0,999 (SE = 0,001) et 0,999 (SE 0,0002) respectivement.

Tableau 12 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour *Libellula quadrimaculata*. Source : L.Prigent sous Excel.

<i>Libellula quadrimaculata</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value
p(.)psi(Cond.m)	3	83,62	0,00	0,31	0,31	68,9238	0,23	1,12
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	83,85	0,24	0,27	0,58	68,895	0,23	1,12
p(.)psi(Turb.m)	3	84,80	1,18	0,17	0,75	68,7389	0,25	1,10
p(.)psi(.)	2	85,06	1,45	0,15	0,89	67,5025	0,21	1,10
p(.)psi(Trait)	3	85,74	2,12	0,11	1,00	68,3914	0,22	1,11

Pour l'espèce *Libellula quadrimaculata*, on remarque que le modèle avec effet de la conductivité est le plus acceptable/plausible car il a l'AIC le plus faible (Tableau 12). Le delta AIC est sensiblement le même que le second modèle avec effet de la conductivité. Le nombre de paramètre est de 3. Le delta AIC quant à lui est inférieur à 2 pour les quatre premiers modèles. La p-value du test du chi² est de 0,23 soit > 0,05 donc il n'y a pas de preuve d'un manque d'ajustement du modèle. Le \hat{c} permet d'appuyer cette conclusion car le résultat est proche de 1 à savoir 1,12. Le second modèle avec effet de la turbidité et de la conductivité est très proche au niveau des résultats avec le premier.

Les probabilités d'occupation calculées avec le modèle avec effet de la conductivité donnent des résultats différents entre les mares naturelles et traitées. En effet, d'après le modèle *Libellula quadrimaculata* aurait

une préférence pour les sites naturels avec une moyenne de probabilité d'occupation de 0,999 (SE = 0,005) contre 0,813 (SE = 0,182) pour les sites traités.

Tableau 13 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour *Orthetrum albistylum*. Source : L.Prigent sous Excel.

<i>Orthetrum albistylum</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value
p(.)psi(Turb.m)	3	75,16	0,00	0,000	0,44	77,4457	0,04	1,33
p(.)psi(.)	2	76,39	1,23	0,238	0,68	77,5871	0,05	1,34
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	77,79	2,63	0,118	0,80	77,4441	0,05	1,34
p(.)psi(Cond.m)	3	77,85	2,69	0,115	0,91	77,4573	0,08	1,32
p(.)psi(Trait)	3	78,39	3,23	0,088	1,00	77,5876	0,06	1,36

Pour l'espèce *Orthetrum albistylum*, on remarque que le modèle avec effet de la turbidité est le plus acceptable/plausible car il a l'AIC le plus faible (Tableau 13). Le premier modèle a un poids important avec 0,44. Le delta AIC est sensiblement le même que le second modèle constant sans aucun effet des paramètres physico-chimiques. Le nombre de paramètre est de 3. Le delta AIC quant à lui est inférieur à 2 pour les deux premiers modèles. La p-value du test du chi² est de 0,04 soit < 0,05 donc il y a un léger manque d'ajustement du modèle. Le \hat{c} permet montre quant à lui pas e preuve d'un manque d'ajustement car le résultat est proche de 1 à savoir 1,33. Le second modèle avec effet de la turbidité et de la conductivité est très proche au niveau des résultats avec le premier.

Les probabilités d'occupation calculées avec le modèle avec de la turbidité donnent des résultats similaires entre les mares naturelles et traitées. En effet, d'après le modèle *Orthetrum albistylum* n'aurait pas de préférence entre les sites naturels et traités, il serait donc uniformément présent sur l'ensemble des mares avec une moyenne de probabilité d'occupation de 0,868 (SE = 0,201) et 0,868 (SE 0,201) respectivement.

Tableau 14 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour *Orthetrum cancellatum*. Source : L.Prigent sous Excel.

<i>Orthetrum cancellatum</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value
p(.)psi(.)	2	59,99	0,00	0,39	0,39	44,585	0,56	0,95
p(.)psi(Cond.m)	3	61,80	1,81	0,16	0,55	44,5849	0,71	0,86
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	61,84	1,85	0,16	0,71	44,5842	0,58	0,89
p(.)psi(Turb.m)	3	61,99	2,00	0,15	0,85	44,58	0,54	1,00
p(.)psi(Trait)	3	61,99	2,00	0,15	1,00	44,5851	0,59	0,96

Pour l'espèce *Orthetrum cancellatum*, on remarque que le modèle constant sans aucun effet des paramètres physico-chimiques est le plus acceptable/plausible car il a l'AIC le plus faible et il a deux fois plus de poids que le modèle avec effet du traitement avec 0,39 pour 0,16 (Tableau 14). Le nombre de paramètre est de 2. Le delta AIC quant à lui est inférieur ou égal à 2 pour les cinq modèles. La p-value du test du chi² est de 0,56 soit > 0,05 donc il n'y a pas de preuve d'un manque d'ajustement du modèle. Le \hat{c} permet d'appuyer cette conclusion car le résultat est proche de 1 à savoir 0,95.

Les probabilités d'occupation calculées avec le modèle constant sans aucun effet des paramètres physico-chimiques donnent des résultats similaires entre les mares naturelles et traitées. En effet, d'après le modèle *Orthetrum cancellatum* n'aurait pas de préférence entre les sites naturels et traités, il serait donc

uniformément présent sur l'ensemble des mares avec une moyenne de probabilité d'occupation de 0,727 (SE = 0,286) et 0,727 (SE 0,286) respectivement.

Tableau 15 : Résultats des modèles d'occupations retenus et leurs tests d'ajustements associés pour *Platycnemis acutipennis*. Source : L.Prigent sous Excel.

<i>Platycnemis acutipennis</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value
p(.)psi(Turb.m)	3	20,44	0,00	0,000	0,41	7,9797	0,53	0,49
p(.)psi(.)	2	21,54	1,10	0,235	0,64	4,9533	0,48	0,71
p(.)psi(Cond.m)	3	22,63	2,19	0,136	0,78	5,2305	0,77	0,42
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	22,63	2,19	0,136	0,91	5,2307	0,79	0,43
p(.)psi(Trait)	3	23,54	3,10	0,086	1,00	4,9526	0,71	0,60

Pour l'espèce *Platycnemis acutipennis*, on remarque que le modèle avec effet de la turbidité est le plus acceptable/plausible car il a l'AIC le plus faible (Tableau 15). Ce modèle a un poids important avec 0,41. Le nombre de paramètres est de 3. Le delta AIC quant à lui est inférieur ou égal à 2 pour les deux premiers modèles. La p-value du test du chi² est de 0,53 soit > 0,05 donc il n'y a pas de preuve d'un manque d'ajustement du modèle. Le \hat{c} permet d'appuyer cette conclusion car le résultat est proche de 1 à savoir 0,49.

Les probabilités d'occupation calculées avec le modèle avec effet de la turbidité donnent des résultats similaires entre les mares naturelles et traitées. En effet, d'après le modèle *Platycnemis acutipennis* n'aurait pas de préférence entre les sites naturels et traités, il serait donc uniformément présent sur l'ensemble des mares avec une moyenne de probabilité d'occupation de 0,999 (SE = 0,0905) et 0,999 (SE 0,0376) respectivement.

2.4 Analyse de l'abondance des exuvies

Concernant les exuvies, la comparaison des résultats obtenus lors des deux études précédentes sur l'abondance des exuvies entre les bassines naturelles et traitées, avec les résultats obtenus en 2022 permettra ou non de faire ressortir les conclusions observées par le passé.

2.4.1 Étude de l'abondance des exuvies récoltées en 1998 et en 2009

Etude de l'abondance des exuvies en 1998 :

Lors de la première étude en 1998, ce sont 768 exuvies (499 Zygoptères et 269 Anisoptères) qui ont été récoltées avec des différences significatives entre les bassines traitées (n = 180) et naturelles (n = 588 ; test de Kruskal Wallis ; df = 1, H = 14.60, p < 0.001) (D'Amico et al, 2004).

Il avait été conclu qu'il y avait significativement plus d'exuvies récoltées sur les bassines naturelles. Ces différences ont persisté tout au long de la période d'étude, entre les deux types de bassines.

Etude de l'abondance des exuvies en 2009 :

Lors de la seconde étude en 2009, ce sont 1584 exuvies qui ont été récoltées avec 728 Zygoptères (10 espèces) et 572 Anisoptères (13 espèces) sur les sites naturels et 149 Zygoptères (9 espèces) et 135 Anisoptères (10 espèces) sur les sites traités. Là-aussi l'étude a révélé des différences significatives entre les deux types de traitement ($p = 0,016$). L'espèce la plus représentée sur les sites naturels était *Crocothemis écarlate* (*Crocothemis erythraea*) $n = 249$ et pour les sites traités c'est le genre *Ishnura* avec $n = 55$. Ce genre de Zygoptère et cette espèce d'Anisoptère sont euryèces et très communs sur la Réserve d'Arjuzanx.

2.4.2 Étude de l'abondance des exuvies récoltées en 2022

Etude de l'abondance d'exuvies en 2022 :

Lors de la troisième étude en 2022, ce sont 4834 exuvies qui ont été récoltées avec 1782 Anisoptères (15 espèces) et 1424 Zygoptères (10 espèces) sur les sites naturels et 749 Anisoptères (12 espèces) et 879 Zygoptères (10 espèces) sur les sites traités. Les espèces les plus représentées sur les sites naturels sont le *Sympétrum fascié* (*Sympetrum striolatum*) et/ou le *Sympétrum méridional* (*Sympetrum meridionale*) $n = 543$ suivis de *Crocothemis écarlate* avec $n = 405$ et les genres *Coenagrion* et *Ishnura* avec $n = 405$. Concernant les sites traités c'est le Leste vert (*Chalcolestes viridis*) avec $n = 469$. Le nombre d'exuvies récolté lors de ce suivi est largement supérieur aux deux précédentes études, il triple par rapport au suivi de 2009 et il est multiplié par 6 par rapport au suivi de 1998.

L'ANOVA n'a pas pu être réalisée car il n'y avait pas de normalité des écarts résiduels comme le montre le diagramme ci-dessous. Le diagramme montre que les valeurs ne suivent pas la droite et les valeurs extrêmes s'éloignent systématiquement de la droite (Figure 7).

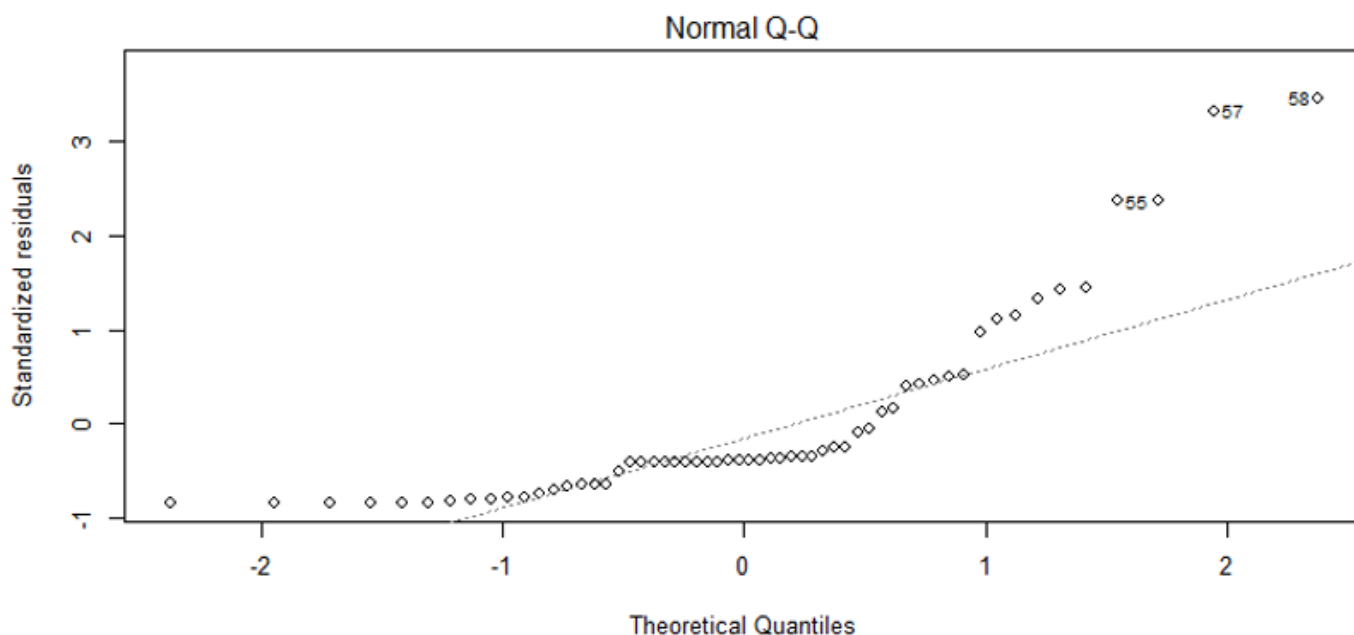


Figure 7 : Graphique de la normalité des résidus. Source : L.Prigent sous R.

De plus, il n'y a pas d'homoscédasticité c'est-à-dire d'homogénéité des variances car le tracé de la ligne n'est pas rectiligne. Un test de Wilcoxon a donc été réalisé et contrairement aux deux précédentes études, le test de Wilcoxon ne révèle pas des différences significatives entre les deux types de mare ($p\text{-value} = 0,06281$). Ce résultat montre que 24 et 13 ans après les deux premiers suivis, la libre évolution des mares traitées a eu pour effet d'augmenter l'abondance des exuvies. Le graphique ci-après permet d'appuyer cette conclusion.

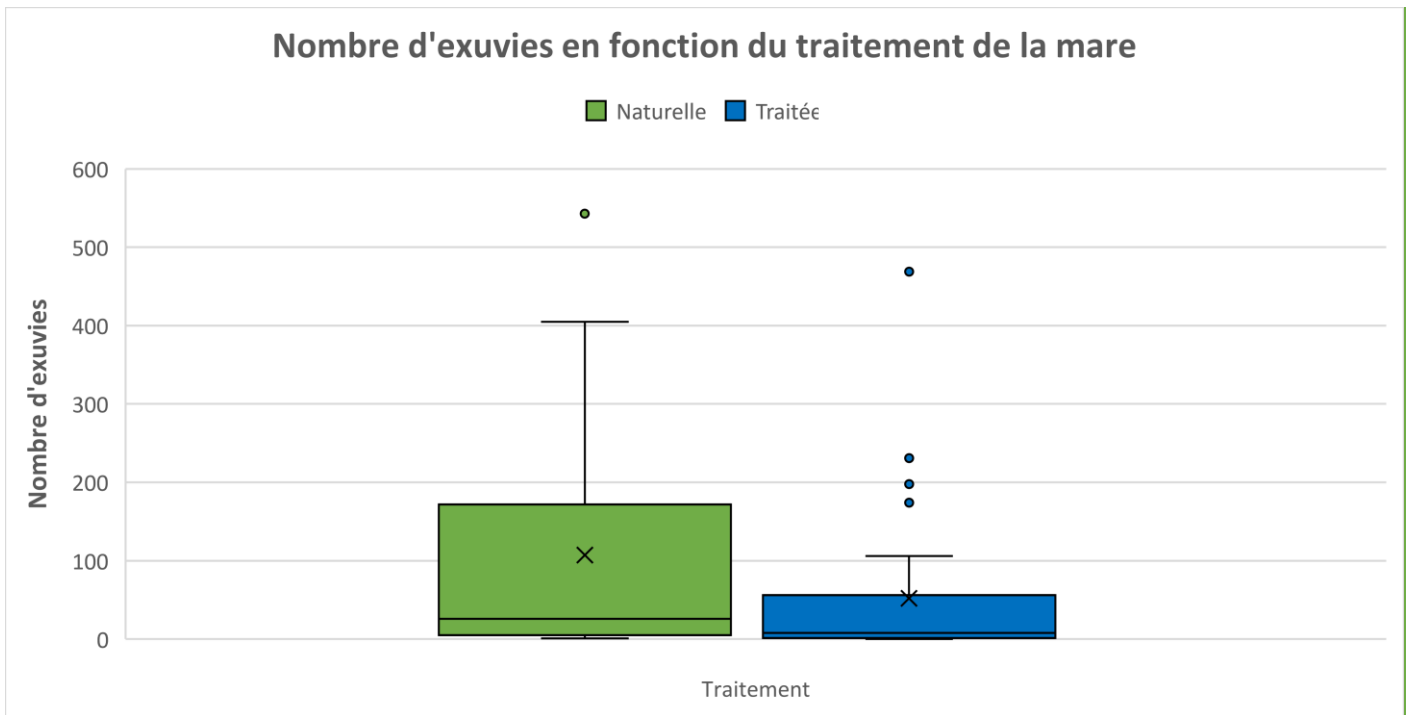


Figure 8 : Boîte à moustache du nombre d'exuvies en fonction du traitement de la mare. Source : L.Prigent sous Excel.

Les boîtes à moustache du nombre d'exuvies montrent que les médianes entre les sites naturels et traités sont sensiblement les mêmes (Figure 8). La moyenne est plus élevée pour les mares naturelles avec une plus forte variance. Cela traduit bien qu'il n'y a pas de différence significative sur l'abondance d'exuvie selon le traitement de la mare en 2022.

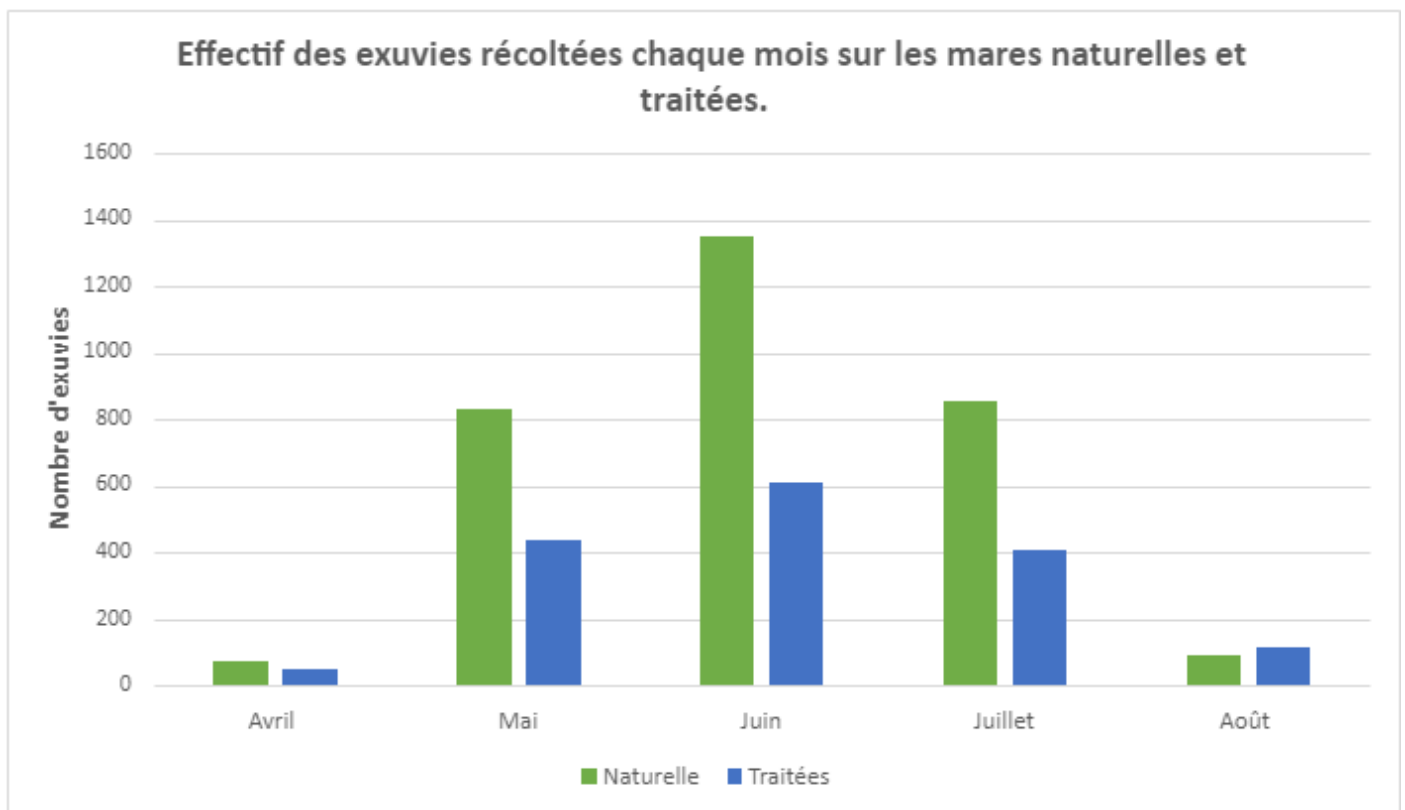


Figure 9 : Histogramme des effectifs d'exuvies récoltées chaque mois sur les mares naturelles et traitées en 2022. Source : L.Prigent sous Excel.

Les résultats ci-dessus (Figure 9) montrent bien l'émergence des différentes espèces d'Odonates avec début avril de faibles effectifs correspondant aux espèces précoces puis de très forts effectifs dès début mai en lien avec un début de saison très chaud. Ensuite, le mois de juin marque le plus fort taux d'émergence avec environ 2000 exuvies ramassées en seulement deux passages. Ce résultat est en total concordance avec la phénologie de la plupart des espèces d'Odonates. Enfin, on note de forts effectifs en juillet équivalent à ceux du mois de mai. Au mois d'août, on observe une chute des effectifs que l'on peut corréliser aux faibles niveaux des mares qui n'ont pas pu se recharger en eau faute de précipitations depuis la mi-juin. Cela a pour effet, de limiter drastiquement les supports d'émergence, à savoir l'accès à la végétation rivulaire des placettes composée de jonçailles ou de phragmitaies.

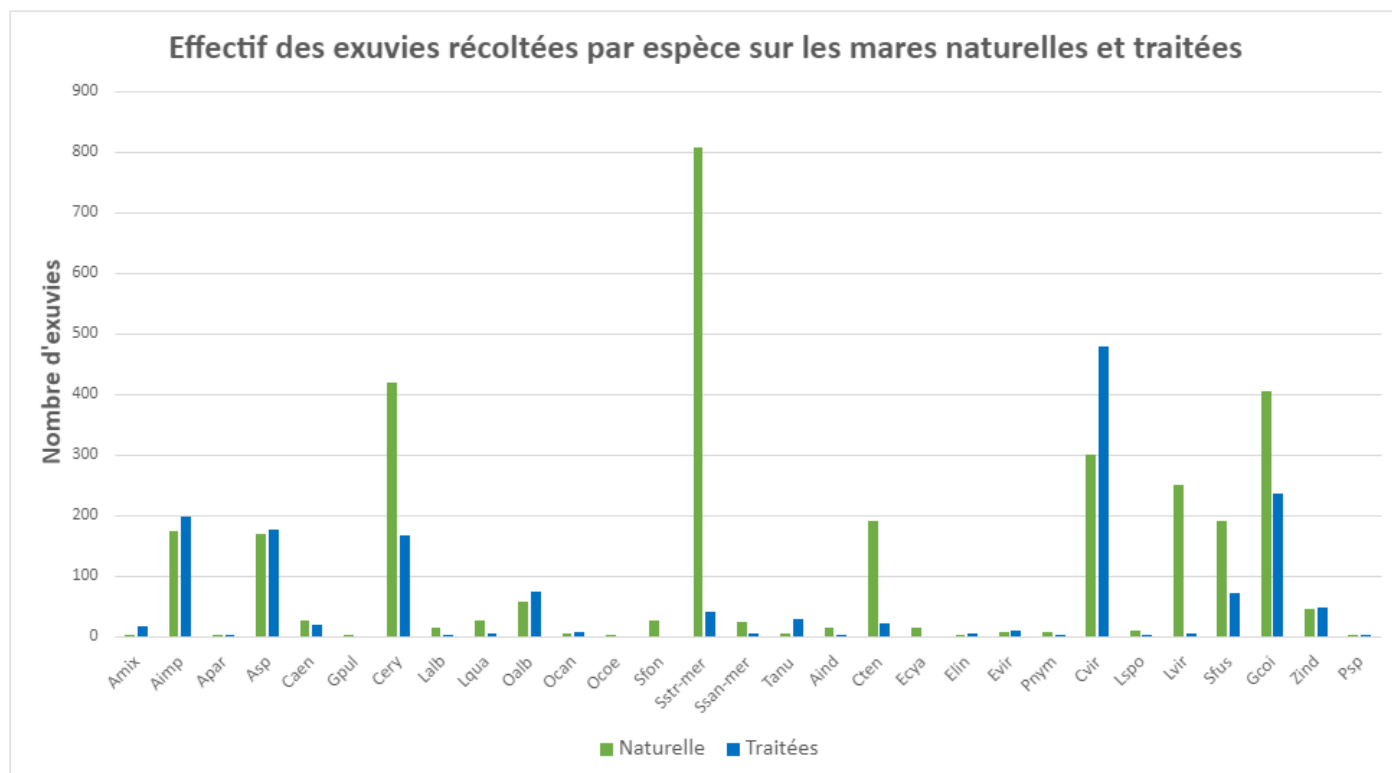


Figure 10 : Histogramme des effectifs d'exuvies récoltées par espèce ou groupe d'espèce sur les mares naturelles et traitées en 2022. Source : L.Prigent sous Excel.

L'histogramme ci-dessus permet de visualiser les espèces ou groupes d'espèces majoritairement présents sur les mares naturelles et traitées (Figure 10). Concernant les mares naturelles, on observe des effectifs énormes pour le binôme d'espèces formé par *Sympétrum fascié* et *Sympétrum méridional*, ce résultat est influencé par les placettes 1 et 2, qui se situent sur la même pièce d'eau. Ensuite, on retrouve en second le *Crocothémis écarlate* avec plus de 400 exuvies ramassées. Enfin, ce sont les genres *Coenagrion* et *Ishnura* qui sont bien représentés avec plus de 400 exuvies également mais ce résultat est cohérent car on regroupe plusieurs espèces de Zygoptères. Concernant, les mares traitées, les exuvies de *Leste vert* sont en plus grand nombre avec presque 500 exuvies récoltées puis on retrouve également des gros effectifs pour le Genre *Coenagrion* et *Ishnura* avec environ 250 exuvies.

Le travail de détermination des exuvies a été long et fastidieux car ce sont 4834 exuvies qui ont été récoltées entre avril et août 2022.

Il est important de préciser, que cet histogramme ne prend pas en compte les exuvies récoltées lors du dernier passage d'août car ces résultats arrivent après la date de rendu de ce présent travail.

3 Discussion

Les deux études précédentes ont permis de mettre en évidence une turbidité et une conductivité plus élevées sur les mares traitées que sur les mares naturelles. En 2022, les résultats des placettes 6 et 7 localisées sur la même mare, amènent aux mêmes conclusions avec une turbidité et une conductivité plus élevée. Les résultats des trois autres mares traitées tendent vers les résultats des mares témoins grâce à la libre évolution. L'hypothèse qui peut être faite porte sur la concentration en poissons (carpes, alevins...) de cette mare, en effet en cherchant de la nourriture, ils remuent les vases et donc augmentent la turbidité de l'eau. De plus, les poissons peuvent impacter la conductivité avec ce même phénomène en favorisant l'augmentation des solides dissous dans l'eau. Il pourrait être intéressant d'évaluer ce paramètre pour la continuité de cette étude sur le site d'Arjuzanx en menant un inventaire piscicole sur les huit mares inventoriées. L'étude de 2009 menée par D. Barbut a démontré que la turbidité a une influence sur le nombre de larves d'Odonates, les mares naturelles avec des eaux très claires accueillent significativement plus d'exuvies. On peut également dire que les imagos en recherche de site de ponte sont beaucoup moins attirés par les mares aux eaux turbides. Cette mare possède une communauté d'Odonates réduite mais cela ne veut pas dire qu'elle est moins intéressante pour autant car elle possède une forte concentration en *Orthetrum albistylum*, espèce que l'on retrouve plus rarement sur les autres sites inventoriés.

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un travail limité à 10 sites (5 naturels et 5 traités) et 6 visites ce qui correspond à un effort de suivi $TS = 10 \times 6 = 60$, ce qui est très peu au sens statistique. Il n'a pas été possible d'utiliser les données récoltées lors des passages de juillet et d'août car le temps imparti était trop court. Cependant, l'énorme travail effectué sur l'identification spécifique des exuvies avec plus de 4800 exuvies ramassées est considérable au plan biologique. Les résultats des modèles d'occupation ne sont pas complets et donc il faut prendre du recul sur les interprétations que l'on en fait. En effet, les analyses sont limitées car les modèles utilisent des données de début de saison Odonatologiques. Cela peut fonctionner pour les espèces précoces telles que la Petite nymphe au corps de feu ou bien l'Aeschna printanière mais par exemple pour une espèce plus tardive comme le Leste verdoyant méridional, les données de détection arrivent qu'à partir de la cinquième visite (V5) ce qui ne permet pas de faire tourner les modèles correctement.

Lors de la première étude en 1998, 24 espèces d'Odonates ont été répertoriées, en 2009 ce sont 28 espèces qui ont été contactées et aujourd'hui la richesse spécifique augmente encore avec 30 espèces d'identifiées à l'état adulte. La richesse spécifique augmente avec les données des exuvies avec 33 espèces d'identifiées au total. Malgré une amélioration du protocole avec l'ajout d'un passage complet c'est-à-dire imagos, exuvies et prélèvement physico-chimique dès avril, des espèces tardives comme les Aeshnidae peuvent manquer puisque leurs périodes de vol s'étendent de fin juillet à octobre. L'année 2022 étant très chaude, avec deux canicules successives mi-juin et mi-juillet on peut espérer que les émergences pour cette famille ont été accélérées limitant de fait le risque de manque d'exhaustivité.

A l'heure actuelle, la Réserve d'Arjuzanx compte 45 espèces d'Odonates, soit plus d'un tiers voir presque la moitié des espèces nationales témoignant ainsi de l'intérêt patrimonial du site pour les Odonates. La réserve, qui plus est, abrite aussi une espèce à statut particulier : la Leucorrhine à frant blanc (*Leucorrhinia albifrons*) protégée au niveau national, inscrite sur la liste des insectes strictement protégés de l'annexe II de la Convention de Berne et de l'annexe IV de la Directive Habitat et évaluée comme quasi menacée (NT) sur la liste Rouge France.

Il est important de souligner que la présence de végétation flottante ou submergée semble être un facteur déterminant dans l'assemblage des Odonates. En effet, la présence d'herbier aquatique assure aux larves d'Odonates des caches pour se préserver des prédateurs mais également une plus forte disponibilité en nourriture avec d'autres insectes aquatiques vivant dans ces micro-habitats. De plus, pour les imagos, la présence d'herbier aquatique montre que l'eau est peu turbide et donc que les conditions sont idéales pour le développement d'une nouvelle génération.

Il serait également intéressant de quantifier le pourcentage d'ombrage et d'ensoleillement sur chacune des placettes car cela pourrait impacter les conditions d'émergence et donc la quantité de larves d'Odonates que l'on peut trouver sur chaque placette (PRIGENT, com. Pers.).

Les résultats recueillis sur les attributs environnementaux mettent en évidence une évolution du milieu favorable aux Odonates avec une mixité de la végétation de la zone littorale et la mise en place de végétation flottante ou immergée sur la majorité des sites suivis. Sur les placettes n°6 et n°7 la turbidité de l'eau limite l'évolution de ces facteurs et donc l'attrait de diverses espèces d'Odonates.

La RNCFS d'Arjuzanx est un espace de quiétude pour de nombreuses espèces faunistiques, il est donc préférable de raisonner sur des orientations de gestion qui seront favorables à un maximum de taxons. Concernant le groupe des Odonates mais aussi pour d'autres taxons, il peut être intéressant par exemple de créer des corridors écologiques entre les différentes mares présentes (surtout sur la partie sud de la Réserve), afin de faciliter les migrations et de cette façon d'améliorer la colonisation, le développement et le maintien de ce groupe.

Les données recueillies en 2022, apportent donc des compléments de réponses sur les effets du traitement de mares par chaulage au cours du temps. Les deux précédentes études ont montré que le chaulage avait un effet sur la conductivité et la turbidité des mares. Ce constat est encore visible, même si ces effets sont atténués. En effet, les mares n°8, n°9 et n°10 qui sont des mares anciennement traitées par chaulage évoluent vers des caractéristiques physico-chimiques et odonatologiques similaires aux mares dites naturelles. En revanche, le cas des placettes n°6 et n°7 est semblable aux deux études antérieures.

Dans les années à venir, une étude plus poussée va permettre de compléter les résultats obtenus jusqu'ici et apportera de nouvelles réponses sur les effets du chaulage sur les mares en faisant une analyse synthétique et comparative des trois années de suivi. L'étude permettra entre autres d'effectuer d'autres analyses, par exemple, en utilisant les effectifs d'imagos recensés lors des différents inventaires, faire tourner des modèles avec covariables d'échantillonnage car beaucoup sont encore possibles ou encore conclure sur les effets du traitement par chaulage sur la RNCFS d'Arjuzanx.

4 Conclusion

Les zones humides « **les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par les plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année** » (définition de la loi sur l'eau), sont des milieux accueillants une forte biodiversité qu'il convient de protéger surtout avec le réchauffement climatique actuel. La RNCFS d'Arjuzanx maintenant à l'aube de devenir Réserve Naturelle Nationale, permet de contribuer au maintien de ces milieux. Depuis la réhabilitation du site en 1981, une mosaïque d'habitats s'est créé (forêt, lacs, mares, prairies...) permettant à de nombreuses espèces de s'y implanter durablement.

Cette étude est originale et exhaustive en combinant à la fois les résultats des données sur les imagos mais aussi sur les exuvies. L'étude des exuvies en 2022 montre bien qu'il n'y a pas significativement plus d'exuvies récoltées sur les mares dites naturelles par rapport aux mares ayant été anciennement chaulées. L'analyse est donc différente en 2022 contrairement aux deux études précédentes où il y avait significativement plus d'exuvies sur les mares naturelles que sur les mares traitées. Ce résultat montre que la libre évolution des mares traitées tend vers des conditions abiotiques correspondant aux mares naturelles ce qui est préférable pour l'abondance des larves d'Odonates. Si l'on compare le nombre d'espèces rencontré entre l'ensemble des mares chaulées et l'ensemble des mares non chaulées on a exactement le même nombre à savoir 27 espèces. Le travail de terrain de cette étude est important mais il s'est considérablement accentué en 2022 avec la quantité énorme d'exuvies récoltées sur l'ensemble des mares suivies.

Au niveau de la diversité spécifique, on obtient un total de 30 espèces contactées sur l'ensemble du suivi et 33 espèces si on ajoute les données d'exuvies, on peut donc dire que la richesse spécifique est plus importante que les deux précédentes études avec respectivement 24 et 28 espèces contactées lors du suivi de 1998 et de 2009. Ce suivi permet également de contribuer aux connaissances sur les Odonates présents sur le site d'Arjuzanx, notamment avec deux nouvelles espèces répertoriées :

- Une espèce précoce et plutôt rare dans les Landes, contactée sur 5 mares sur les 8 mares étudiées, l'Aesche printanière qui montre bien l'importance de commencer la prospection des Odonates dès le mois d'avril surtout au sud de la France.
- Une espèce plutôt tardive, ubiquiste et commune à très commune dans les Landes, l'Aesche bleue contactée sur une mare chaulée sur le sud de la Réserve.

Les données de l'Aesche printanière confortent aussi le changement intervenu dans le protocole dès 2009 en rajoutant un passage complet (imagos, exuvies et physico-chimie) dès le mois d'avril.

Concernant les paramètres physico-chimiques, l'étude montre à nouveau comme pour les années 1998 et 2009 une différence significative entre les mares chaulées et non chaulées, surtout sur les placettes 6 et 7 au niveau de la turbidité et de la conductivité. Ces paramètres influencent directement le nombre d'exuvies car ces deux placettes accueillent les plus petits effectifs d'exuvies récoltées. De plus, une eau turbide empêche le développement d'herbiers aquatiques ce qui réduit fortement l'attraction des imagos pour ce site de ponte et limite le nombre de caches pour les larves de libellules mais également pour les nombreuses proies potentielles.

Il est important de préciser à nouveau que ce présent travail utilise les données d'imagos recueillis entre avril et juin pour les modélisations des probabilités d'occupation sous R. Ces analyses sont donc partielles car les données du mois de juillet et du mois d'août n'ont pas pu être intégrées avec l'échéance du rendu.

Par exemple, la modélisation des probabilités d'occupations pour l'espèce *Lestes virens* n'a pas fonctionné car la phénologie de l'espèce ne le permet pas. En effet, cette espèce n'a été contactée qu'à partir de fin juin – début juillet, il y a donc un manque d'information. Ce problème sera rectifié par la suite car les données complètes de 2022 ainsi que les données des études antérieures seront exploitées ultérieurement pour une analyse comparative plus fine lors d'un stage de Master ou de post-Doctorat.

Cette troisième étude odonotologique sur le site d'Arjuzanx apporte de vraies réponses sur les méthodes de réhabilitation possible sur un site anciennement exploité. En effet, concernant les biotopes de types mares permanentes, il est préférable de laisser le milieu en libre évolution c'est-à-dire en ne faisant aucune intervention sur la physico-chimie par chaulage et de ne pas effectuer de lâcher pour le développement piscicole. Néanmoins, pour les Odonates il est possible de favoriser la dispersion des imagos en faisant des opérations de débroussaillage ou de coupe forestière entre les différentes mares présentes. Il est important de préciser que ces recommandations sont favorables aux Odonates mais dans une aire protégée, il convient de réfléchir et de proposer des actions qui seront favorables à une plus large biodiversité en favorisant une hétérogénéisation des milieux.

Le cortège des Odonates est important sur la RNCFS d'Arjuzanx avec 45 espèces différentes comptabilisées à ce jour. Cela représente plus d'un tiers voire presque la moitié des espèces d'Odonates présentes sur le territoire métropolitain.

La patrimonialité de ce site n'est plus à prouver notamment avec une espèce rare la Leucorrhine à front blanc (*Leucorrhinia albifrons*). La présence de cette espèce confère à la Réserve d'Arjuzanx un rôle majeur à l'échelle nationale pour la protection, le maintien et le développement de cette espèce.

Bibliographie

Articles scientifiques :

D'AMICO F., DARBLADE S., AVIGNON S., BLANC-MANEL S. & ORMEROD S.J. (2004). Odonates as indicators of the restoration of shallow lakes by liming : comparing adult and larval responses. *Restoration Ecology* 12(3) : 439-446

DOLNY A., PYSZKO P. and ŠIGUTOVÁ H. (2021). Community changes in odonate monitoring: why are long-term studies so relevant? *Insect Conserv Divers*, 14: 597-608

FISKE I, CHANDLER R (2011). "unmarked: An R Package for Fitting Hierarchical Models of Wildlife Occurrence and Abundance." *Journal of Statistical Software*, 43 (10), 1–23.

LORIO É., DUSOULIER F., SOLDATI F., NOEL F., GUILLOTON J.-A., DOUCET G., PONEL P., DUPONT P., KRIEG-JACQUIER R., CHEMIN S., TILLIER P. & TOUROULT J. 2022. — Les Arthropodes terrestres dans les études d'impact: limites actuelles et propositions pour une meilleure prise en compte des enjeux de conservation. *Naturae* 2022 (4) : 43-99

MACKENZIE, D. I., J. D. NICHOLS, G. B. LACHMAN, S. DROEGE, J. A. ROYLE and C. A. LANGTIMM. (2002). Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83(8) : 2248-2255

Ouvrages :

ASKEW R.R., (2004). The dragonflies of Europe. Harley books (revised edition), 308 pages.

BAILLEUX G., COUANON V., GOURVIL P.-Y., SOULET D. (2017). Pré-atlas des odonates d'Aquitaine - Synthèse des connaissances 1972 – 2014. *CEN Aquitaine, LPO Aquitaine*. Avril 2017. 117 pages.

BARNEIX M., BAILLEUX, G & SOULET D. (2016). Liste rouge régionale des odonates d'Aquitaine. *Observatoire Aquitain de la Faune Sauvage*, (coordination), 40 pages.

BOUDOT J.-P., DOUCET G., GRAND D. (2019). Cahier d'identification des Libellules de France, Belgique, Luxembourg & Suisse (deuxième édition). *Biotope, Mèze*, (collection Cahier d'identification), 152 pages.

DIJKSTRA K.-DB. (2015). Guide des Libellules de France et d'Europe. Guide Delachaux, 320 pages.

DOUCET G. (2016). Clé de détermination des Exuvies des Odonates de France (troisième édition). *Société Française d'Odonatologie*, 68 pages.

HEIDEMANN H., SEIDENBUSCH R., (2002). Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse). Société française d'odonatologie, 416 pages.

WENDLER A., NÜß J.-H., (1997). Libellules, Guide d'identification des libellules de France et d'Europe septentrionale et centrale. Société française d'odonatologie, 129 pages.

Annexes

Annexe 1 : Tableau des espèces d'Odonates contactées sur l'ensemble du suivi (en vol et exuvies).

Ordre	Famille	Nom de référence	Nom vernaculaire	Protection Nationale	Directive Habitats-Faune-Flore	Convention de Berne	Liste rouge Aquitaine	Liste rouge Nationale	Liste rouge Europe	Liste rouge Monde	ZNIEFF
Odonata	Aeschnidae	<i>Aeshna cyanea</i> (O.F. Müller, 1764)	Aeschne bleue				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Aeschnidae	<i>Aeshna mixta</i> (Latreille, 1805)	Aeschne mixte				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Aeschnidae	<i>Anax imperator</i> (Leach, 1815)	Anax empereur				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Aeschnidae	<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	Anax napolitain				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Aeschnidae	<i>Brachytron pratense</i> (O.F. Müller, 1764)	Aeschne printanière				NT	LC	LC	LC	X
Odonata	Coenagrionidae	<i>Ceriagrion tenellum</i> (Villers, 1789)	Agrion délicat				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	Agrion jouvencelle				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrion scitulum</i> (Rambur, 1842)	Agrion mignon				LC	LC	LC	LC	X
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier, 1840)	Agrion porte-coupe				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Erythromma lindenii</i> (Sélys, 1840)	Agrion de Vander Linden				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Erythromma viridulum</i> (Charpentier, 1840)	Naïade au corps vert				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	Agrion élégant				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Pyrrhosoma nymphula</i> (Sulzer, 1776)	Petite nymphe au corps de feu				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Cordulidae	<i>Cordulia aenea</i> (Linnaeus, 1758)	Cordulie bronzée				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Gomphidae	<i>Gomphus pulchellus</i> (Selys, 1840)	Gomphe joli				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Gomphidae	<i>Onychogomphus uncatulus</i> (Charpentier, 1840)	Gomphe à crochets				LC	LC	LC	LC	X
Odonata	Lestidae	<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	Leste vert				LC	LC	LC	LC	

Odonata	Lestidae	<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	Leste fiancé				NT	NT	LC	LC	
Odonata	Lestidae	<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)	Leste verdoyant				LC	LC	LC	LC	X
Odonata	Lestidae	<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	Leste brun				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Libellulidae	<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	Crocothémis écarlate				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Libellulidae	<i>Leucorrhinia albifrons</i> (Hansemann, 1823)	Leucorrhine à front blanc	X	IV	II	NT	NT	LC	LC	X
Odonata	Libellulidae	<i>Libellula quadrimaculata</i> (Linnaeus, 1758)	Libellule à quatre taches				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Libellulidae	<i>Orthetrum albistylum</i> (Selys, 1848)	Orthétrum à stylets blancs				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Libellulidae	<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	Orthétrum réticulé				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Libellulidae	<i>Orthetrum coerulescens</i> (Fabricius, 1798)	Orthétrum bleuissant				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Libellulidae	<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	Sympétrum de Fonscolombe				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Libellulidae	<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	Sympétrum méridional				LC	LC	LC	LC	X
Odonata	Libellulidae	<i>Sympetrum sanguineum</i> (O.F. Müller, 1764)	Sympétrum rouge sang				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Libellulidae	<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	Sympétrum fascié				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Libellulidae	<i>Sympetrum vulgatum</i> (Linnaeus, 1758)	Sympétrum vulgaire				NA	NT	LC	LC	X
Odonata	Libellulidae	<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)	Trithémis annelé				LC	LC	LC	LC	
Odonata	Platycnemidae	<i>Platycnemis acutipennis</i> (Selys, 1841)	Agrion orangé				LC	LC	LC	LC	

Annexe 2 : Tableau des données brutes pour les paramètres physico-chimiques et la détection/non détection des imagos en avril.

	Site	pH	O ²	Tsuf	T50	Cond	Turb	Acya	Aimp	Apar	Bpra	Caen	Gpul	Ounc	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Smer	Ssan	Sstr	Tanu	Cten	Cpue	Csci	Ecy	Elin	Evir	lele	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Pacu	Total sp
Naturelle	1	6,812	14,538	24	23,72	232	1,338	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	7
Naturelle	2	7,452	11,96	21,6	20,78	233,6	1,273	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5
Naturelle	3	5,2	8,854	19,42	19,36	268	1,384	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	4	
Naturelle	4	5,084	9,864	18,56	18,28	146,6	2,384	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	6
Naturelle	5	5,05	10,346	17,42	17,42	264,2	0,706	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	6
Traitée	6	6,714	8,39	21,32	20,44	479,8	53,68	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
Traitée	7	6,332	9,196	21,86	23,62	489,8	31,92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	
Traitée	8	7,112	10,062	18,06	17,74	141,2	1,74	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	4	
Traitée	9	5,514	11,18	19,28	19,18	134,8	1,362	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	5	
Traitée	10	5,004	11,198	19,92	19,9	210,4	4,006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	4	

Annexe 3 : Tableau des données brutes pour les effectifs des exuvies en avril.

	Site	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Tanu	Aind	Cten	Ecy	Elin	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcol	Zind	Psp	Total	
Naturelle	1				2					2	4	1																10	6		25	
Naturelle	2				3					7										1								11	3		26	
Naturelle	3				1					1													2					7	3	1	15	
Naturelle	4									1													1								2	
Naturelle	5				2																						3				5	
Traitée	6																						1								1	2
Traitée	7										2																					2
Traitée	8				8																							5				13
Traitée	9				1																							3				4
Traitée	10		10		3	2				2																	1	10	3			31

	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Tanu	Aind	Cten	Ecy	Elin	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcol	Zind	Psp	Total
Naturelle	0	0	0	0	8	0	0	0	11	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	31	12	1	73
Traitée	0	10	0	3	11	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	18	3	1	52
Totaux	0	10	0	3	19	0	0	0	13	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	1	49	15	2	125

Annexe 4 : Tableau des données brutes pour les paramètres physico-chimiques et la détection/non détection des imagos en mai.

	Site	pH	O²	Tsur	T50	Cond	Turb	Acya	Aimp	Apar	Bpra	Caen	Gpul	Ounc	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Smer	Ssan	Sstr	Tanu	Cten	Cpue	Csci	Ecya	Elin	Evir	Iele	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Pacu	Total sp
Naturelle	1	4,35	7,352	23,66	22,46	220,6	3,864	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	13	
Naturelle	2	6,68	8,366	23,02	23,74	223,8	3,372	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	12	
Naturelle	3	4,66	6,636	27,28	27,14	262,8	1,292	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	8	
Naturelle	4	5,996	8,112	28,14	25,82	144,4	3,548	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	12	
Naturelle	5	5,762	7,096	24,78	24,52	256,6	1,074	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	7	
Traitée	6	4,846	6,032	20,84	24,02	460,8	35,7	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	7	
Traitée	7	4,092	4,348	20,54	21,76	453,6	43,24	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	9	
Traitée	8	6,576	6,646	26,22	25,54	134,6	2	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	10	
Traitée	9	7,168	11,328	26,42	26,38	145,8	2,396	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	10		
Traitée	10	6,864	8,88	27,4	28,16	215,4	4,594	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	9		

Annexe 5 : Tableau des données brutes pour les effectifs des exuvies en mai.

	Site	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Tanu	Aind	Cten	Ecya	Elin	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcoi	Zind	Psp	Total
Naturelle	1				1	1		22		7	24	1	1	12	174	3		1		1		1		19		1		20	1		290
Naturelle	2		1		1			13		2				11	170	1		1	5	8		1		7		1		7	1		230
Naturelle	3		15		11	1	1	1													1						31	8		69	
Naturelle	4		32		43	4		15	1	4										1			3				84	1		188	
Naturelle	5		5		8	10		3	1	2							1		3								21	3		57	
Traitée	6										2						2						1				5			10	
Traitée	7										23	1															2			26	
Traitée	8		19		12	2		3		1																	35	6		78	
Traitée	9		23		14	1		20			2										2			4			37	13		116	
Traitée	10		72		53	6		15		2	4	1												35			13	8		209	

Naturelle	0	53	0	64	16	1	54	2	15	24	1	1	23	344	4	0	3	5	13	1	2	3	26	0	2	0	163	14	0	834
Traitée	0	114	0	79	9	0	38	0	3	31	2	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	1	39	0	0	0	92	27	0	439
Totaux	0	167	0	143	25	1	92	2	18	55	3	1	23	344	4	2	3	5	13	3	2	4	65	0	2	0	255	41	0	1273

Annexe 6 : Tableau des données brutes pour les paramètres physico-chimiques et la détection/non détection des imagos en juin.

	Site	pH	O ²	Tsur	T50	Cond	Turb	Acya	Aimp	Apar	Bpra	Caen	Gpul	Ounc	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoo	Sfon	Smer	Ssan	Sstr	Tanu	Cten	Cpue	Csci	Ecya	Elin	Evir	Iele	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Pacu	Total sp	
Naturelle	1	5,154	6,186	25,2	23,32	251,6	3,012	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	17	
Naturelle	2	6,194	6,5	23,64	24,08	245,6	2,846	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	10	
Naturelle	3	4,314	8,302	30,9	29,28	279,8	2,04	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	13	
Naturelle	4	5,256	9,598	29,32	27,5	147,2	2,878	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	14
Naturelle	5	4,29	8,764	26,68	26,06	261,6	0,816	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	12	
Traitée	6	3,942	5,076	23,44	25,44	457,8	38,6	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	8	
Traitée	7	4,462	6,696	33,5	27,52	456	82,44	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	10	
Traitée	8	6,132	10,076	28,34	26,88	161,4	2,91	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	9	
Traitée	9	5,17	14,068	30,9	31,14	201	2,12	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	17	
Traitée	10	4,386	10,076	31,18	31,18	136,82	11,454	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	14	

Annexe 7 : Tableau des données brutes pour les effectifs des exuvies en juin.

	Site	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoo	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Tanu	Alnd	Cten	Ecya	Elin	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcol	Zind	Psp	Total
Naturelle	1		1					122			28	2	1	2	257	2	4	8	2			2		18		1	2	3	4		459
Naturelle	2		3					68						2	158	1	1	3	2			4		1	1		3	4		251	
Naturelle	3		9		7	1		18													1			3		1		17	1	58	
Naturelle	4		45		23	1		28	8	1					6	9			9					79	4	149	10	58	3	433	
Naturelle	5		10		6			2											6	1				24	1	9	1	89		149	
Traitée	6										8	3			3		1		1								2	2		20	
Traitée	7										17				5									1						23	
Traitée	8		9		12			11	3						2	1			3		2			33		2		33	2	113	
Traitée	9		11		11			18			1				3				1			3		141	1	1	3	25	6	225	
Traitée	10		18		20			7			1				2				2			3		158		2	12	4	1	230	

	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoo	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Tanu	Alnd	Cten	Ecya	Elin	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcol	Zind	Psp	Total
Naturelle	0	68	0	36	2	0	238	8	1	28	2	1	4	421	12	5	11	19	1	1	6	0	125	6	160	16	171	8	0	1350
Traitée	0	38	0	43	0	0	36	3	0	27	3	0	0	15	1	1	0	7	0	2	6	0	333	1	5	17	64	9	0	611
Totaux	0	106	0	79	2	0	274	11	1	55	5	1	4	436	13	6	11	26	1	3	12	0	458	7	165	33	235	17	0	1961

Annexe 8 : Tableau des données brutes pour les paramètres physico-chimiques et la détection/non détection des imagos en juillet.

	Site	pH	O ²	Tsur	T50	Cond	Turb	Acya	Aimp	Apar	Bpra	Caen	Gpul	Ounc	Cery	Laib	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Smer	Ssan	Sstr	Tanu	Cten	Cpue	Cscl	Ecya	Elin	Evir	Iele	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Pacu	Total sp		
Naturelle	1	7,024	12,958	29,16	28,66	270,6	10,542	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	13		
Naturelle	2	6,94	6,95	26,3	28,06	275	5,462	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	10
Naturelle	3	5,602	10,494	23,16	23,7	354,8	2,272	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	10	
Naturelle	4	5,744	9,568	24,46	24,7	193	2,836	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	13	
Naturelle	5	5,928	5,266	23,7	24,02	271,8	0,822	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	11	
Traitée	6	8,694	6,364	28,68	30,14	472,8	98,3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	
Traitée	7	6,2	12,954	33,74	33,82	452,8	75,02	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	8	
Traitée	8	7,248	5,152	23,62	22,92	203,4	4,952	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	11		
Traitée	9	4,926	8,368	23,88	22,14	288,6	2,452	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	10		
Traitée	10	5,304	14,774	21,06	21,32	387	12,624	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	12		

Annexe 9 : Tableau des données brutes pour les effectifs des exuvies en juillet.

	Site	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Laib	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Svul	Tanu	Aind	Cten	Ecya	Elin	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcol	Zind	Psp	Total	
Naturelle	1							31			1		1		15	3			1						1								53
Naturelle	2							38							18			1		1									1				59
Naturelle	3		19	1	19			8			1					1									3			2	6				60
Naturelle	4	2	22		24			30	3						10	3									106	3	76	129	9	5			493
Naturelle	5		12		22			6								1									29		9	23	24	4			193
Traitée	6										1							5															9
Traitée	7										7																						7
Traitée	8	7	3		7			9							2										34			21	26	4			121
Traitée	9		11	1	12			11															2		28		1	13	11	2			92
Traitée	10	9	22		30			12			4	3			23	3	2		2	6					35			15	17				183

	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Laib	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Svul	Tanu	Aind	Cten	Ecya	Elin	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcol	Zind	Psp	Total	
Naturelle	2	53	1	65	0	0	113	3	0	2	0	1	0	43	8	0	1	1	135	0	0	0	0	139	3	85	154	40	9	0		858
Traitée	16	36	1	49	0	0	32	0	0	12	3	0	0	25	3	2	5	2	14	0	0	2	0	97	0	1	49	57	6	0		412
Totaux	18	89	2	114	0	0	145	3	0	14	3	1	0	68	11	2	6	3	149	0	0	2	0	236	3	86	203	97	15	0		1270

Annexe 10 : Tableau des données brutes pour les paramètres physico-chimiques et la détection/non détection des imagos en août.

	Site	pH	O ²	Tsur	T50	Cond	Turb	Acya	Aimp	Apar	Bpra	Caen	Gpul	Ounc	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Smer	Ssan	Sstr	Tanu	Cten	Cpue	Csci	Ecy	Elin	Evir	Iele	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Pacu	Total sp
Naturelle	1	4,224	6,954	18,08	22,54	300	11,994	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	9
Naturelle	2	3,976	5,638	20,58	22,3	302,2	17,262	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	8
Naturelle	3	3,776	2,536	24,2	24,8	389,8	4,82	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	9
Naturelle	4	4,728	3,468	21,42	22,38	227,4	4,4	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	8
Naturelle	5	6,222	4,79	22,26	22,44	281	0,768	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	7	
Traitée	6	3,868	5,472	21,66	23,36	499,4	123,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Traitée	7	3,796	11,814	27,94	25,54	499,8	94,14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Traitée	8	4,44	4,848	21,04	20,34	245	4,928	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	9	
Traitée	9	5,338	4,438	24,18	22,22	327	3,52	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	8	
Traitée	10	5,384	13,272	29,28	24,88	561,8	88,98	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	10	

Annexe 11 : Tableau des données brutes pour les effectifs des exuvies en août.

	Site	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Tanu	Aind	Cten	Ecy	Elin	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcol	Zind	Psp	Total			
Naturelle	1							2																									2	
Naturelle	2							4																										4
Naturelle	3				3			3												1														7
Naturelle	4		1		1			6	1							1				24					10		3	17	1				65	
Naturelle	5																			6							3	1	2				12	
Traitée	6																22																	24
Traitée	7																																	1
Traitée	8																					1		2			2	2	1					8
Traitée	9	1			1			24																1			2							29
Traitée	10				1			38				2				1								6			3		1					52

	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Lalb	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Tanu	Aind	Cten	Ecy	Elin	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcol	Zind	Psp	Total	
Naturelle	0	1	0	4	0	0	15	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	31	0	0	0	0	10	0	3	20	2	2	0		90
Traitée	1	0	0	2	0	0	62	0	0	2	0	0	0	1	0	22	0	0	0	0	1	0	9	0	0	5	6	3	0		114
Totaux	1	1	0	6	0	0	77	1	0	2	0	0	0	1	1	22	0	31	0	0	1	0	19	0	3	25	8	5	0		204

Annexe 12 : Résultats globaux sur les effectifs des exuvies par espèces récoltées sur les mares naturelles et traitées.

	Amix	Aimp	Apar	Asp	Caen	Gpul	Cery	Laib	Lqua	Oalb	Ocan	Ocoe	Sfon	Sstr-mer	Ssan-mer	Tanu	Aind	Cten	Ecyg	Elln	Evir	Pnym	Cvir	Lspo	Lvir	Sfus	Gcol	Zind	Psp	Totaux
Naturelle	2	175	1	169	26	1	420	14	27	58	4	3	27	808	25	6	14	190	15	2	8	7	300	9	250	190	407	45	1	3204
Traitée	17	198	1	176	20	0	168	3	5	74	8	0	0	41	4	30	2	21	0	4	9	2	478	1	6	72	237	48	1	1626
Global	19	373	2	345	46	1	588	17	32	132	12	3	27	849	29	36	16	211	15	6	17	9	778	10	256	262	644	93	2	4830

Annexe 13 : Résultats globaux sur les effectifs d'exuvies par sous-ordre récoltées sur les mares naturelles et traitées.

	Naturelle	Traitée	Total
Anisoptères	1780	747	2527
Zygoptères	1424	879	2303
Total	3204	1626	4830

Annexe 14 : Résultats des modèles d'occupation pour les espèces non analysable.

<i>Aeshna cyanea</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement			
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)		2	14,17	0,00	0,25	0,25	5,4890	0,05	1,30
p(.)psi(Cond.m)		3	14,34	0,20	0,23	0,48	6,2884	0,64	0,81
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)		3	14,40	0,22	0,22	0,70	6,2776	0,65	0,79
p(.)psi(Trait)		3	14,77	0,60	0,19	0,88	6,0310	0,69	0,89
p(.)psi(Turb.m)		3	15,72	1,55	0,12	1,00	5,6149	0,52	0,74

<i>Anax imperator</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement			
	Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)		2	82,88	0,00	0,40	0,40	310,9481	<0,0001	5,27
p(.)psi(Trait)		3	85,88	2,00	0,15	0,55	310,9315	<0,0001	5,27
p(.)psi(Turb.m)		3	85,88	2,00	0,15	0,70	310,9433	<0,0001	5,26
p(.)psi(Cond.m)		3	85,88	2,00	0,15	0,85	310,9433	<0,0001	5,19
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)		3	85,88	2,00	0,15	1,00	310,9433	<0,0001	5,16

<i>Ceriagrion tenellum</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)	2	82,86	0,00	0,40	0,40	117,2419	0,01	1,96
p(.)psi(Trait)	3	84,86	2,00	0,15	0,55	117,2385	0,01	1,92
p(.)psi(Turb.m)	3	84,86	2,00	0,15	0,70	117,2412	0,01	2,00
p(.)psi(Cond.m)	3	84,86	2,00	0,15	0,85	117,2412	<0,0001	1,94
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	84,86	2,00	0,15	1,00	117,2412	<0,0001	2,04

<i>Chalcolestes viridis</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Turb.m)	3	55,13	0,00000	0,301	0,30	77,5512	0,04	1,80
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	55,13	0,00025	0,301	0,60	77,5512	0,11	1,68
p(.)psi(Cond.m)	3	55,13	0,00159	0,301	0,90	77,5523	0,09	1,49
p(.)psi(.)	2	58,07	2,94064	0,069	0,97	74,8041	0,07	1,77
p(.)psi(Trait)	3	59,94	4,80734	0,027	1,00	75,0195	0,07	1,80

<i>Coenagrion puella</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Cond.m)	3	80,95	0,00	0,31	0,31	106,135	0,02	1,73
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	81,19	0,24	0,28	0,59	106,1229	0,01	1,79
p(.)psi(Turb.m)	3	82,16	1,21	0,17	0,76	106,0716	0,01	1,80
p(.)psi(.)	2	82,61	1,66	0,14	0,90	105,6716	<0,0001	1,81
p(.)psi(Trait)	3	83,15	2,20	0,10	1,00	105,9631	0,01	1,75

<i>Coenagrion scitulum</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Cond.m)	3	56,65	0,00	0,000	0,45	185,3251	<0,0001	3,36
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	56,89	0,25	0,250	0,85	182,3874	0,01	3,26
p(.)psi(Turb.m)	3	59,83	3,19	0,092	0,94	186,9487	<0,0001	3,75
p(.)psi(.)	2	61,96	5,32	0,032	0,97	177,7959	<0,0001	3,48
p(.)psi(Trait)	3	62,24	5,59	0,028	1,00	177,7947	<0,0001	3,29

<i>Cordulia aenea</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Turb.m)	3	80,86	0,00	0,478	0,48	140,6293	<0,0001	2,25
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	81,84	0,98	0,293	0,77	140,6167	<0,0001	2,32
p(.)psi(Cond.m)	3	83,52	2,66	0,127	0,90	140,2201	<0,0001	2,25
p(.)psi(.)	2	85,05	4,19	0,059	0,96	138,295	<0,0001	2,25
p(.)psi(Trait)	3	85,69	4,83	0,043	1,00	139,5573	<0,0001	2,26

<i>Crocothemis erythraea</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)	2	87,11	0,00	0,40	0,40	169,6534	<0,0001	2,76
p(.)psi(Trait)	3	89,11	2,00	0,15	0,55	169,642	<0,0001	2,84
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	89,11	2,00	0,15	0,70	169,6525	<0,0001	2,74
p(.)psi(Cond.m)	3	89,11	2,00	0,15	0,85	169,6525	<0,0001	2,86
p(.)psi(Turb.m)	3	89,11	2,00	0,15	1,00	169,6525	<0,0001	2,86

<i>Erythromma lindenii</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	13,26	0,000	0,293	0,29	8,3551	0,36	0,82
p(.)psi(Cond.m)	3	13,30	0,041	0,287	0,58	8,1149	0,66	0,77
p(.)psi(.)	2	14,17	0,914	0,186	0,77	5,489	0,08	1,03
p(.)psi(Trait)	3	14,77	1,512	0,138	0,90	6,031	0,65	0,92
p(.)psi(Turb.m)	3	15,50	2,238	0,096	1,00	5,998	0,36	1,01

<i>Erythromma viridulum</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Turb.m)	3	49,25	0,00000	0,283	0,28	60,6079	0,12	1,47
p(.)psi(Cond.m)	3	49,26	0,00014	0,283	0,57	60,616	0,25	1,36
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	49,26	0,00105	0,283	0,85	60,6158	0,12	1,45
p(.)psi(.)	2	51,12	1,86760	0,111	0,96	58,2572	0,06	1,98
p(.)psi(Trait)	3	53,12	3,86660	0,041	1,00	58,2029	0,08	1,97

<i>Lestes sponsa</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	45,88	0,00000	0,267	0,27	61,5125	0,15	1,42
p(.)psi(Cond.m)	3	45,88	0,00024	0,267	0,53	61,513	0,09	1,57
p(.)psi(Turb.m)	3	45,88	0,00049	0,267	0,80	61,5142	0,11	1,57
p(.)psi(.)	2	47,23	1,34934	0,136	0,94	50,8882	0,22	1,33
p(.)psi(Trait)	3	48,74	2,86046	0,064	1,00	58,904	0,13	1,62

<i>Lestes virens</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)	2	54,73	0,00	0,40	0,40	73,2043	0,13	1,48
p(.)psi(Cond.m)	3	56,59	1,86	0,16	0,56	76,0809	0,12	1,66
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	56,67	1,94	0,15	0,71	75,1522	0,11	1,80
p(.)psi(Trait)	3	56,73	2,00	0,15	0,85	73,2006	0,14	1,64
p(.)psi(Turb.m)	3	56,73	2,00	0,15	1,00	73,2121	0,1	1,75

<i>Leucorrhinia albifrons</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)	2	27,82	0,00	0,40	0,40	19,9565	0,25	1,67
p(.)psi(Trait)	3	29,63	1,81	0,16	0,56	21,2923	0,27	1,32
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	29,82	2,00	0,15	0,71	19,9742	0,21	1,48
p(.)psi(Cond.m)	3	29,82	2,00	0,15	0,85	19,9662	0,21	1,60
p(.)psi(Turb.m)	3	29,82	2,00	0,15	1,00	19,9641	0,21	1,70

<i>Onychogomphus uncatus</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Cond.m)	3	19,79	0,000	0,306	0,31	16,2027	0,35	1,01
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	19,85	0,054	0,298	0,60	16,1027	0,4	0,86
p(.)psi(Trait)	3	20,70	0,905	0,195	0,80	14,6509	0,31	1,08
p(.)psi(.)	2	21,54	1,746	0,128	0,93	12,0632	0,12	1,56
p(.)psi(Turb.m)	3	22,63	2,837	0,074	1,00	12,6523	0,23	1,02

<i>Orthetrum coerulescens</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)	2	17,92	0,00	0,33	0,33	39,7974	0,39	1,86
p(.)psi(Trait)	3	18,42	0,50	0,26	0,59	39,758	0,41	1,70
p(.)psi(Turb.m)	3	19,48	1,56	0,15	0,75	39,7769	0,32	1,46
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	19,85	1,93	0,13	0,87	39,778	0,23	2,05
p(.)psi(Cond.m)	3	19,87	1,95	0,13	1,00	39,7838	0,29	1,73

<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Turb.m)	3	71,20	0,00E+00	0,3263	0,33	158,3055	<0,0001	2,61
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	71,20	2,30E-05	0,3263	0,65	158,3042	<0,0001	2,59
p(.)psi(Cond.m)	3	71,20	7,00E+04	0,3262	0,98	158,3064	<0,0001	2,57
p(.)psi(Trait)	3	77,68	6,50E+00	0,0128	0,99	157,8414	<0,0001	2,49
p(.)psi(.)	2	78,50	7,30E+00	0,0085	1,00	157,3203	<0,0001	2,64

<i>Sympetma fusca</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)	2	86,91	0,00	0,40	0,40	178,2444	<0,0001	2,97
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	88,91	2,00	0,15	0,55	178,2263	<0,0001	2,91
p(.)psi(Cond.m)	3	88,91	2,00	0,15	0,70	178,2263	<0,0001	2,95
p(.)psi(Turb.m)	3	88,91	2,00	0,15	0,85	178,2263	<0,0001	2,93
p(.)psi(Trait)	3	88,91	2,00	0,15	1,00	178,2316	<0,0001	2,91

<i>Sympetrum sanguineum</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)	2	47,23	0,00	0,40	0,40	70,0218	0,08	1,76
p(.)psi(Cond.m)	3	49,22	1,99	0,15	0,55	70,6454	0,01	2,84
p(.)psi(Trait)	3	49,23	2,00	0,15	0,70	69,9967	0,09	1,16
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	49,23	2,00	0,13	0,85	70,042	0,04	2,15
p(.)psi(Turb.m)	3	49,23	2,00	0,13	1,00	69,9998	0,11	1,49

<i>Sympetrum striolatum</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(.)	2	17,92	0,00	0,33	0,33	39,7974	0,41	1,64
p(.)psi(Trait)	3	18,42	0,50	0,26	0,59	39,758	0,37	1,74
p(.)psi(Turb.m)	3	19,48	1,56	0,15	0,75	39,7769	0,27	1,68
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	19,85	1,93	0,13	0,87	39,778	0,29	1,68
p(.)psi(Cond.m)	3	19,87	1,95	0,13	1,00	39,7838	0,28	1,70

<i>Trithemis annulata</i>	Sélection de modèle					Test d'ajustement		
Modèle	nPars	AIC	delta AIC	AICwt	cumltvWt	chi-2	p-value	c-chapeau
p(.)psi(Turb.m,Cond.m)	3	21,28	0,00E+00	0,3262	0,33	88,9446	0,01	1,90
p(.)psi(Turb.m)	3	21,28	2,40E-05	0,3262	0,65	88,9488	0,01	2,07
p(.)psi(Cond.m)	3	21,28	3,50E-04	0,3261	0,98	88,9507	0,02	1,86
p(.)psi(Trait)	3	27,57	6,30E+00	0,0141	0,99	79,5847	0,03	2,13
p(.)psi(.)	2	28,84	7,6+00	0,0074	1,00	79,5949	<0,0001	2,20