

État des populations indigènes des Anisoptères au sein d'un réseau de marais et de tourbières dans le département de la Somme

Dans le cadre du renouvellement du plan de gestion des Marais de l'Abbevillois et dans le Cadre du Life Anthropofens.

Mémoire de stage de 6 mois en tant que chargée d'études scientifiques au sein du Conservatoire d'espaces naturels Hauts-de-France.



© Elise Piron

Formation Expertise Naturaliste des Milieux (ENM)
Pôle Sup Nature
Promotion 2022-2023



Tuteur de stage :
David ADAM
Chargé d'études scientifiques

Tuteur pédagogique :
Oriane CHABANIER
Responsable de formation

REMERCIEMENTS

Je souhaite premièrement adresser mes remerciements à l'ensemble de l'équipe des salariés du Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France de m'avoir accueilli chaleureusement dès le premier jour au sein de leur locaux. Merci à Christophe LEPINE, président du Conservatoire d'Espaces Naturels des Hauts-de-France ainsi que Vincent SANTUNE, directeur du Conservatoire et Christelle ONCLE, assistance de direction et des ressources humaines.

Je tiens particulièrement à remercier David ADAM, chargé d'études scientifiques, qui fut mon tuteur de stage durant ces 6 mois passés au sein de l'association, et qui s'est rendu disponible pour répondre à toutes mes interrogations, pour m'accompagner à la fois sur mes missions et dans la rédaction de ce mémoire de stage.

Merci à Gratien TESTUD et Marie HERAUDE, géomaticiens, d'avoir élaboré de nombreux modèles de cartographies qui m'ont grandement servis à la rédaction de ce rapport. Merci à eux d'avoir pris le temps de m'aider sur mes projets de cartographie et pour avoir résolu mes problèmes informatiques.

Un grand merci à Adrien BERQUER, chargé d'études scientifiques sur le programme de conservation LIFE Anthropofens, pour son aide précieuse et ses connaissances en biostatistiques. Merci à lui d'avoir su confirmer ma volonté à poursuivre mes études vers un master en Biodiversité, Écologie et Évolution à la suite de cette formation professionnalisante en Expertise Naturaliste des Milieux.

Je tiens également à remercier toute l'équipe pédagogique de Pôle Sup Nature pour leur dévouement dans l'accompagnement de chaque élève dans leur réussite professionnelle et personnelle. Merci à eux pour nous avoir inculqué une grande rigueur scientifique tout au long de l'année 2022-2023.

Je tiens évidemment à remercier Oriane CHABANIER, responsable de ma formation ainsi que professeure d'écologie, pour son soutien, ses corrections et ses conseils avisés durant toute l'année et durant la rédaction de ce rapport.

Enfin je souhaitais remercier ma famille, mes amis, et les membres des différentes associations naturalistes dans lesquelles je suis bénévole qui sont devenus au fil des années comme ma seconde famille. Merci à eux d'avoir su croire en moi jusqu'au bout, de m'avoir vu évoluer et d'avoir su confirmer jour après jour ma détermination à m'engager dans la conservation de la biodiversité.

RÉSUMÉ

Les anisoptères, également connus sous le nom de libellules, forment un sous-ordre d'insectes appartenant à l'ordre des odonates. Espèces emblématiques des zones humides, ils sont particulièrement présents au sein de l'Abbevillois, grand complexe de tourbières et de marais classés Natura 2000 et Ramsar, situé dans la Somme. Effectuée dans le cadre d'un renouvellement de plan de gestion et du programme LIFE Anthropofens visant à la préservation des tourbières alcalines du nord de la France et de Belgique, cette étude a pour vocation de connaître la diversité et l'abondance du peuplement des anisoptères indigènes ainsi que leur écologie dans un échantillon de 15 mares. Grâce à un protocole de collecte d'exuvies, témoignant du caractère indigène des anisoptères, l'étude a démontré que 6 espèces se reproduisaient *in-situ* : *Anax imperator*, *Orthetrum cancellatum*, *Sympetrum striolatum*, *Sympetrum sanguineum*, *Crocothemis erythraea*, *Aeshna mixta*. La seconde étape de cette méthodologie a été la caractérisation de la structure de l'habitat de chaque station en relevant différentes variables environnementales. Deux analyses statistiques ont été effectuées afin d'observer l'influence de chaque variable sur l'abondance et la richesse en exuvies. Les résultats obtenus tendent à dire que les principaux éléments favorables à l'occurrence des exuvies sont un recouvrement en eau important ainsi qu'une bonne densité en hydrophytes au sein des mares. Au contraire, les paramètres influant négativement sur leur présence seraient une forte végétalisation en héliophytes des berges et de la mare. Cette étude vise à terme à suggérer des stratégies de gestion et de conservation des zones humides.

Mot clé : Anisoptères ; odonates, exuvie ; caractère indigène ; habitats favorables ; Abbevillois ; Somme.

ABSTRACT

Anisoptera, also known as dragonflies, are a sub-order of insects belonging to the order of odonates. Emblematic species of wetlands, they are particularly present in the lower Somme valley near Abbeville (France), a large complex of peatlands and marshes classified Natura 2000 and Ramsar located in the Somme district. Carried out as part of a renewal of the Management Plan and the LIFE Anthropofens Programme for the preservation of alkaline peatlands in northern France and Belgium, this study aims to know the diversity and abundance of the native Anisoptera community and its ecology in a sample of 15 ponds. We assessed the indigenous character of Anisoptera species using a protocol based on exuviae collection. 6 species that reproduce *in-situ*: *Anax imperator*, *Orthetrum cancellatum*, *Sympetrum striolatum*, *Sympetrum sanguineum*, *Crocothemis erythraea*, *Aeshna mixta*. The second step of this methodology was the characterization of the habitat structure of each station by identifying different environmental variables. Two statistical analyses were carried out to infer the influence of each variable on abundance and richness of Anisoptera. The results obtained tend to say that the main factors favorable to the occurrence of exuviae are a large water cover and a great density of hydrophytes within the ponds. Conversely, the parameters negatively affecting their presence would be a strong vegetation in helophytes banks and ponds. In the long term, this study aims to suggest strategies for the management and conservation of wetlands.

Key word : Anisoptera; odonates, exuviae; native character; favourable habitats; Abbevillois; Somme.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

I - INTRODUCTION	1
II - MISSIONS ET CONTEXTE	2
1. Présentation de la structure d'accueil.....	2
2. Contexte écologique et socio-économique territorial	3
3. Cadre de l'étude.....	5
III - MATERIELS ET METHODES	7
1. Secteurs d'études	7
2. Recueil de données existantes.....	9
3. Les Libellules	9
4. Identification des variables et analyse.....	14
IV – RESULTATS	17
1. Résultats des prospections.....	17
V. Analyse statistique des variables	28
V- DISCUSSIONS	34
1. Discussion des résultats	34
2. Pertinence de l'étude	36
3. Limite de l'étude.....	37
4. Perspectives envisagées	38
V- CONCLUSION	40
BIBLIOGRAPHIE	41
TABLE DES ANNEXES	44
ANNEXES	45

LISTE DES FIGURES

- Figure 1** : Localisation des Zones Natura 2000 dans le département de la Somme. L'étude principale va se dérouler sur la ZPS « Étangs et marais du bassin de la Somme » (FR2212007) et la ZSC « Marais et monts de Mareuil-Caubert » (FR2200354) en rouge (Piron, 2023).
- Figure 2** : Localisation des ZNIEFF de type I et de type II dans le département de la Somme. Seuls les titres des ZNIEFF de type II ont été inscrits. (Piron, 2023).
- Figure 3** : Contexte hydrographique de la Somme (EPTB de la Somme AMEVA, 2021).
- Figure 4** : Planification et répartition des missions réalisées au cours du stage. (Piron, 2023)
- Figure 5** : Secteurs d'études où les inventaires ont été réalisés (Piron, 2023).
- Figure 6** : Emergence d'un odonate : *Epitheca bimaculata*. (Boudot, Doucet & Grand, 2019).
- Figure 7** : Localisation des placettes pour la recherche des exuvies (Piron, 2023).
- Figure 8** : Anatomie d'une exuvie d'anisoptère (*Anax imperator*). (Boudot, Doucet & Grand, 2019)
- Figure 9** : Masque plat chez *Anax imperator* et masque en cuillère chez un Libellulidae. (Boudot, Doucet & Grand, 2019)
- Figure 10** : Tête de l'exuvie chez *Aeschna juncea* (Boudot, Doucet & Grand, 2019)
- Figure 11** : Pyramide anale chez *Anax imperator* (Boudot, Doucet & Grand, 2019)
- Figure 12** : Segments abdominaux chez *Anax imperator* (Boudot, Doucet & Grand, 2019)
- Figure 13** : Exuvies d'Anax empereur (*Anax imperator*) collectées sur le terrain. (Piron, 2023).
- Figure 14** : Exuvies d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*) collectées sur le terrain. (Piron, 2023).
- Figure 15** : Anax empereur (*Anax imperator*). (Piron, 2023)
- Figure 16** : Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*). (David J.)
- Figure 17** : Exuvies de Sympétrum strié (*Sympetrum striolatum*) collectées sur le terrain. (Piron, 2023).
- Figure 18** : Identification et différenciation de *Sympetrum strié* (*Sympetrum striolatum*) et *Sympetrum sanguin* (*Sympetrum sanguineum*) par les épines latérales. (Brochard, Van der Ploeg, 2012).
- Figure 19** : Identification et différenciation d'un Crocothémis écarlate (*Crocothemis erythraea*) avec un *Sympetrum* (*Sympetrum sp.*) par la présence d'épines dorsales. (Brochard, Van der Ploeg, 2012).
- Figure 20** : Exuvies de d'Aeschne mixte (*Aeshna mixta*) collectées sur le terrain. (Piron, 2023).
- Figure 21** : *Sympetrum strié* (*Sympetrum striolatum*). (Gourdain P.).
- Figure 22** : *Sympetrum sanguin* (*Sympetrum sanguineum*). (Gourdain P.).
- Figure 23** : Crocothémis écarlate (*Crocothemis erythraea*). (Laignel J.)
- Figure 24** : Aeschne mixte (*Aeshna mixta*). (David J.)
- Figure 25** : Représentations graphiques de la diversité spécifique et de l'abondance en exuvies de chaque station échantillonnée. (Piron, 2023)
- Figure 26** : Représentation graphique du nombre d'espèces recensées sur chacune des stations prospectées. (Piron, 2023).
- Figure 27** : Représentation graphique du nombre d'exuvies trouvées sur chacune des stations inventoriées. (Piron, 2023).
- Figure 28** : Représentation graphique des corrélations entre les variables environnementales. (Piron E., 2023).
- Figure 29** : Représentation graphique des clusters de mares. (Piron, 2023)
- Figure 30** : Représentation graphique des différentes variables sur la variable réponse « richesse ». (Piron, 2023)
- Figure 31** : Représentation graphique des différentes variables sur la variable réponse « abondance ». (Piron, 2023)

I - INTRODUCTION

Comprenant un million d'espèces connues, l'ordre des insectes est prédominant dans la classification animale. A l'intérieur de cet ordre, de multiples groupes existent, dont celui des Odonates, groupe d'insectes emblématiques et caractéristiques des zones humides. Le taxon se divise en 2 sous-ordres que sont les Anisoptères et les Zygoptères. Les Anisoptères constituent le premier sous-ordre de ces insectes et représentent ce qu'on appelle couramment les « libellules » (Grand & Boudot, 2006). Les individus se caractérisent par un corps puissant ainsi qu'une paire d'ailes perpendiculaires au corps en position de repos. Les Zygoptères constituent le second sous-ordre, appelé couramment les demoiselles. Les espèces de cet ordre se distinguent des anisoptères par leur corps beaucoup plus fin et leurs ailes repliées en position de repos.

Au cours de leur cycle de vie, les odonates possèdent deux phases dont une phase aquatique indispensable au développement des œufs et des larves, et une phase terrestre permettant le développement de leur phase adulte (Boudot, Doucet & Grand, 2019). Ainsi, ce groupe très diversifié occupe une diversité conséquente d'habitats tels que les cours d'eau, les lacs, ou encore les zones humides. Ils sont particulièrement sensibles aux changements et la pollution de ces milieux et peuvent être utilisés comme bio-indicateurs (Houard, 2020) pour en évaluer la qualité des eaux. Leur présence est souvent synonyme d'un écosystème en bonne santé. Tout changement dans la qualité de leur milieu peut impacter fortement et négativement leurs populations, ce qui arrive régulièrement dans la conjoncture actuelle.

Plusieurs menaces pèsent sur ces milieux. Une des premières causes est liée à la réduction de leurs habitats. La raréfaction des zones humides favorables aux odonates est principalement liée à des pratiques anthropiques telles que la modification et l'artificialisation des berges, le drainage, l'assèchement ou encore le comblement des points d'eau (Grand et al., 2006). Ces changements participent à la rupture des continuités écologiques des milieux en raison de l'urbanisation et à la fragmentation des habitats. Par ailleurs, la pollution engendrée par des pratiques agricoles et industrielles toujours plus importantes, dégrade considérablement la qualité de l'eau et constitue un autre facteur de régression. Les espèces exotiques envahissantes peuvent aussi affecter les milieux aquatiques, les écrevisses américaines ayant une forte capacité de prédation sur les larves d'odonates en sont un exemple et engendrent également des transformations importantes sur le milieu qu'elles colonisent (UICN France, MNHN, OPIE & SFO, 2016). Pour finir, le changement climatique vécu actuellement pourrait être préjudiciable à de nombreuses espèces (Termaat *et al.*, 2019). L'une des conséquences parmi les plus observables demeure la modification des aires de distribution des espèces due à l'accroissement des températures (Termaat *et al.*, 2019).

Un bon nombre d'espèces voient leur population décliner rapidement. Selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN), la Liste rouge des espèces menacées en France métropolitaines, publiée en 2016, montre que 11 espèces sont menacées, 13 sont quasi menacées et 2 sont d'ores et déjà éteintes, soit 30% des espèces métropolitaine (UICN France, MNHN, OPIE & SFO, 2016). De nombreuses et récentes évaluations régionales prévoient à court terme la disparition locale de plusieurs espèces de libellules (Houard, 2020). La France dispose donc d'un haut niveau de responsabilité écologique.

Face à cette situation, il est nécessaire d'agir en leur faveur. Une vingtaine d'odonates bénéficient déjà d'un Plan National d'Actions (PNA) pour 2020-2030 afin d'améliorer les connaissances et les enjeux de conservation de ces populations, dans l'optique de mieux les préserver. De plus, de nombreuses libellules sont inféodées aux tourbières, habitats se faisant de plus en plus rares. Les résultats des programmes d'inventaires et des suivis mis en place à différentes échelles depuis les années 1990 démontrent que les libellules « spécialistes » des milieux rares et fragiles tels que les marais et les tourbières, continuent inexorablement de régresser (Houard, 2020). Ainsi, il est primordial de pouvoir améliorer les connaissances sur ces espèces afin de maintenir et accroître les populations en établissant des méthodes de suivis durables et en mettant en places des stratégies de conservation pérennes.

II - MISSIONS ET CONTEXTE

1. Présentation de la structure d'accueil

Créés au milieu des années 1970, les Conservatoires d'espaces naturels (CEN) ont été conçus dans l'objectif de préserver et valoriser les espaces naturels français. Ils sont membres du réseau de la Fédération des Conservatoires d'espaces naturels (FCEN), créée en 1989, dont la mission est de favoriser et coordonner les échanges entre ces différentes structures. Ces conservatoires interviennent sur plus de 4000 sites naturels en France métropolitaine et dans les départements et régions d'outre-mer. Ils en assurent la gestion en conciliant à la fois les aspects culturels, patrimoniaux, économiques et humains. A ce jour, il existe 24 conservatoires régionaux ou départementaux possédant près de 10000 adhérents, 3000 bénévoles et plus de 1000 salariés, ce qui fait de cette fédération la première ONG de gestion des espaces naturels de l'hexagone, occupant un large ancrage territorial.

Par ailleurs, le réseau des CEN est membre du comité français de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), du Collectif français pour l'éducation à l'environnement vers un développement durable (CFEEDD) et du comité national Trame verte et bleue.

Le Conservatoire d'espaces naturels Hauts-de-France (CEN HdF) est une association à but non lucratif, loi 1901 de protection de l'environnement, et adhérente à la FCEN. Cet organisme a vu le jour en 2020 suite à la réunification du CEN Picardie intervenant sur les départements de l'Aisne, de l'Oise et de la Somme et du CEN Nord-Pas-de-Calais dont les actions s'étendaient sur les départements du Nord et du Pas-de-Calais. Cette fusion permet aujourd'hui au CEN HdF de couvrir l'ensemble des cinq départements de la région Hauts-de-France.

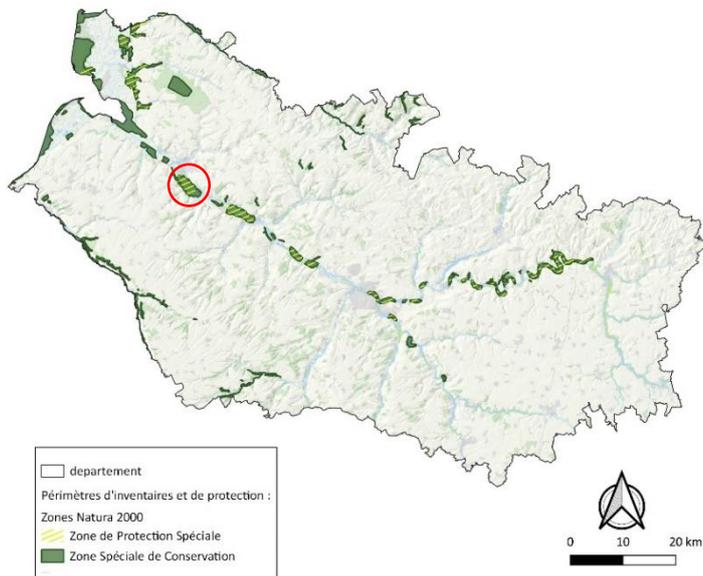
Il est gestionnaire de 500 sites naturels, représentant une superficie totale de plus de 16800 hectares. Les missions principales de cette structure s'axent autour de 5 enjeux : l'amélioration des connaissances naturalistes et scientifiques sur le territoire et notamment espaces gérés (CONNAITRE), le développement d'un réseau de sites naturels préservés avec une maîtrise foncière ou d'usage (PROTEGER), la mise en place d'actions pour protéger les milieux naturels et leurs espèces (GERER), la valorisation du territoire et du patrimoine naturel notamment à travers l'éducation à l'environnement (VALORISER), et l'accompagnement des politiques publiques en faveur de l'environnement (ACCOMPAGNER). Pour mener à bien ces missions, une centaine de salariés et de nombreux bénévoles se mobilisent auprès du conservatoire. Cette équipe s'accompagne de deux conseils regroupant des bénévoles spécialistes de la biodiversité : un Conseil d'administration et un Conseil scientifique.

L'association possède de nombreuses relations partenariales avec les ministères (Transition Écologique et de la Cohésion des territoires, Agriculture et souveraineté alimentaire...), les entreprises privées, les établissements publics (DREAL, Office français de la biodiversité, Agence de l'eau...), les acteurs dans la préservation de la biodiversité (Grands sites de France, Réserves naturelles de France, Fédération des Parcs naturels régionaux de France, RAMSAR France...). Elle tisse aussi des liens avec les propriétaires fonciers pour l'acquisition de nouvelles parcelles.

Le CEN HdF bénéficie de plusieurs sources de financement, principalement publiques pour mener à bien ses missions de protection, de valorisation et de gestion des milieux naturels : Europe, Agence de l'eau, collectivités territoriales (régions, départements, communes). Des subventions peuvent être allouées à des projets spécifiques ou pour le bon fonctionnement de l'organisme. D'autre part, ses multiples partenariats peuvent lui apporter un soutien financier. Enfin, les dons et legs de particuliers souhaitant promouvoir leur action de conservation, le mécénat d'entreprises, ainsi que les adhésions représentent un second apport de financement.

2. Contexte écologique et socio-économique territorial

I. Contexte écologique



Le département de la Somme, situé dans la région des Hauts-de-France offre une biodiversité remarquable. Ce vaste territoire de 6170 km² comprend de nombreux sites Natura 2000 (cf. Fig. 1) ainsi que de nombreuses Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF) (cf. Fig. 2), attestant de la présence d'une flore et d'une faune à préserver.

Le territoire présente une large diversité d'habitats naturels favorisant l'existence de cette flore diversifiée. Riches en zones humides, il représente aussi un haut lieu d'accueil pour plusieurs taxons, notamment pour l'avifaune, la mammalofaune marine et l'odonatofaune (Bensettiti, Gaudillat, hayra, 2022).

Figure 1 : Localisation des Zones Natura 2000 dans le département de la Somme. L'étude principale va se dérouler sur la ZPS « Étangs et marais du bassin de la Somme » (FR2212007) et la ZSC « Marais et monts de Mareuil-Caubert » (FR2200354) en rouge (Piron, 2023).

A l'embouchure de la Somme se situe la Réserve naturelle nationale de la Baie de Somme, venant s'ajouter au panel de ces espaces protégés.

Ces multiples sites naturels permettent au territoire de présenter de bonnes continuités écologiques favorables aux espèces et de s'axer dans une trame verte et bleue complète.

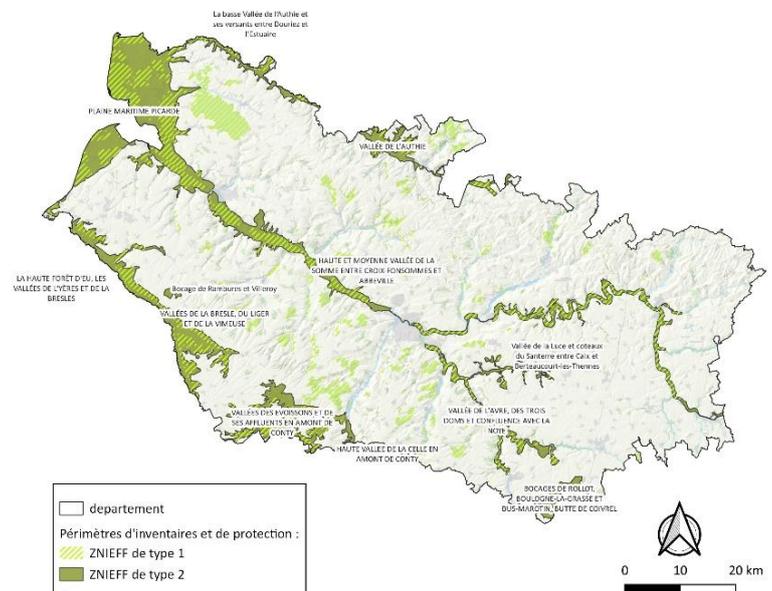


Figure 2 : Localisation des ZNIEFF de type I et de type II dans le département de la Somme. Seuls les titres des ZNIEFF de type II ont été inscrits. (Piron, 2023).

Le département s'insère au cœur d'un réseau hydrographique important (cf. fig. 3), traversé par son fleuve principal, la Somme, qui lui en a donné son nom.

A lui seul, le département est parcouru par 1200 km de cours d'eau façonnant 30 000 hectares de zones humides (EPTB de la Somme AMEVA., 2021). Selon le Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE), le bassin versant de la Somme s'établit à 6380 km² (EPTB de la Somme AMEVA., 2021). La vallée de la Somme forme un ruban de zones humides traversant le plateau agricole picard.

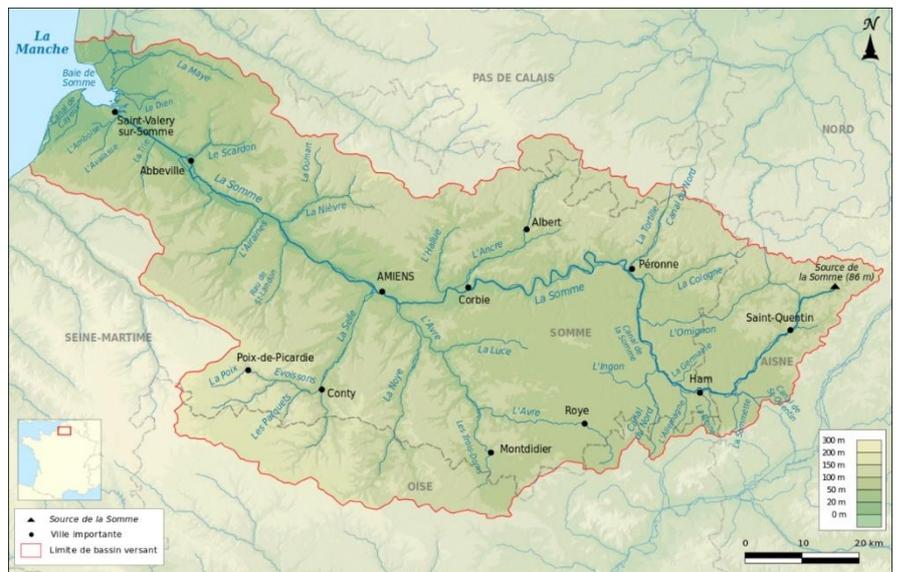


Figure 3 : Contexte hydrographique de la Somme (EPTB de la Somme AMEVA, 2021).

Elle forme l'un des derniers plus grands complexes tourbeux alcalins du nord-ouest de l'Europe, inscrit au label Ramsar et reconnu de par ce titre, comme zone humide d'importance mondiale.

Ce réseau se déploie en de nombreux étangs, marais et tourbières s'étendant jusqu'à l'estuaire de la Somme. Ces tourbières peuvent être qualifiées d'« actives », la formation de la tourbe y est encore en cours aujourd'hui. Elles sont généralement enclavées dans les marais établis sur des sols d'argiles ou de limons apportés par les eaux de ruissellement ou les cours d'eau (Life Anthropofens, 2019). La roche calcaire poreuse du sous-sol de ce territoire est propice à l'infiltration et au stockage de cette eau. Les nappes souterraines contribuent à l'alimentation de ce réseau hydrographique. La biodiversité exceptionnelle de ce département se retrouve principalement dans ces habitats sensibles à hauts enjeux écologiques, essentiels pour de nombreuses espèces animales et végétales. Ces espaces représentent des poumons de biodiversité pour le territoire et son marqueur d'une forte identité paysagère.

II. Contexte socio-économique et historique

La Somme est marquée par un contexte socio-économique fort, principalement dirigé par l'agriculture, l'industrie, le tourisme et les activités de loisirs.

L'agriculture occupe une place importante dans l'économie de la Somme. Le département est connu pour sa production agroalimentaire. L'élevage est également présent, avec la production de viande bovine, porcine et aviaire. Le pastoralisme, qui désigne l'élevage extensif de troupeaux en pâturages, est majoritairement pratiqué sur les sites naturels tels que les zones humides. Principalement axé sur l'élevage bovin et ovin, il permet de maintenir ces milieux naturels ouverts.

Le secteur industriel est également développé, avec notamment des industries agroalimentaires, chimiques et pharmaceutiques présentes dans différents secteurs du département, contribuant ainsi à la création d'emplois et au dynamisme économique.

Le tourisme joue un rôle important dans l'économie de la Somme en raison de son patrimoine et de ses paysages naturels variés. La côte picarde, qui s'étend le long de la Manche, attire de nombreux touristes chaque année avec plusieurs stations balnéaires telles que Le Crotoy ou encore Saint-Valéry-sur-Somme, couplant des espaces naturels préservés et des activités nautiques. La Baie de Somme est un site naturel d'importance internationale et très prisé des touristes elle aussi, classée Grand Site de France. Les paysages de dunes, de marais, d'estuaires et de prés-salés en font un haut lieu attractif.

Les activités de loisir occupent une place importante dans le département. Les amateurs de plein air peuvent profiter d'activités telles que la randonnée, le cyclisme, l'équitation, la pêche, la chasse, et des activités nautiques.

L'extraction de la tourbe dans le département de la Somme est une pratique qui a eu lieu pendant plusieurs siècles et qui a transformé de manière importante les paysages retrouvés dans le bassin de la Somme, avec la création de nombreux étangs. La tourbe était utilisée comme combustible, notamment pour le chauffage domestique, et également dans le domaine agricole pour servir de fertilisant organique ou substrat horticole pour la culture des plantes (Joosten & Clarke, 2022). Celle-ci possède de nombreuses propriétés physicochimiques qui améliorent la structure, la capacité de rétention d'eau, l'aération et le pouvoir tampon des sols. La formation de la tourbe est toutefois un processus long avec une moyenne d'environ 1 mm par an sur les tourbières actives (Charman, 2002), cette ressource s'est donc rapidement épuisée et d'autres énergies (pétrole, électricité, gaz) ont ensuite été utilisées par les habitants pour se chauffer à partir de la fin du XIX^{ème} – début du XX^{ème} siècle.

3. Cadre de l'étude

Le plan de gestion d'un espace naturel est un document d'objectifs faisant état des lieux d'un espace naturel et de ses enjeux de conservation à un moment donné, et décrivant les préconisations de mesures de gestion devant être mises en place afin de préserver ou restaurer les habitats ainsi que les espèces faunistiques et floristiques qui y demeurent. Les plans de gestions doivent être régulièrement révisés et mis à jour afin de s'assurer de leur efficacité et de leur pertinence. Le plus souvent, le renouvellement d'un plan de gestion doit être effectué tous les 5 à 10 ans.

Ce document doit être rédigé par des spécialistes en expertise naturaliste possédant une grande connaissance des espaces naturels. Il est composé de deux parties principales qui sont le diagnostic environnemental du site naturel présentant ses enjeux, et les mesures de gestion recommandées pour une conservation pérenne. En 2023-2024, le plan de gestion des marais et des tourbières de l'Abbevillois, situés dans la Somme, a été planifié pour être renouvelé. C'est dans le cadre de sa révision que cette mission de 6 mois de stage s'est inscrite au Conservatoire d'Espaces Naturels des Hauts-de-France. Plus particulièrement, la partie confiée fut celle de la réalisation du diagnostic écologique du site à travers la réflexion et la mise en place de protocoles d'inventaires faunistiques. Les taxons étudiés furent les suivant : Avifaune, Odonates, Orthoptères, Hétérocères, Coléoptères coprophages, Mollusques (les espèces inscrites en Annexe de la Directive Habitats), Arachnides (essentiellement les espèces du genre *Dolomedes*). La recherche des protocoles et leur application sur le terrain fut réalisée en autonomie la majeure partie du temps, et avec le référent de stage (cf. fig 4).

Par ailleurs, la fédération des conservatoires des espaces naturels a été maître d'ouvrage de plusieurs programmes européens LIFE (Instrument Financier pour l'Environnement) consacrés à la préservation d'espaces naturels. Lancé en 2018, le LIFE Anthropofens provenant de la contraction des mots « anthropocène » et « fens » (« marais » en anglais), a pour vocation la restauration et la conservation de 480 ha de tourbières alcalines des Hauts-de-France et de Wallonie. Cet écosystème offre une richesse écologique conséquente dont la protection est primordiale, tant au niveau de ses habitats, de sa flore que de sa faune. Pour une meilleure connaissance de ce milieu, le projet implique la réalisation de nombreux inventaires faunistiques.

Les Marais de l'Abbevillois étant inclus dans le périmètre du programme, les données collectées lors de ces prospections naturalistes ont pu contribuer à la bonne efficacité de ce programme.

Mois	mars				avril			mai				juin				juillet				août				
Semaines	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Bureau																								
Élaboration des différents des protocoles																								
Détermination en laboratoire (exuvies, coléo...)																								
Cartographie et saisie des données																								
Bibliographie de l'étude principale																								
Rédaction du rapport de stage																								
Préparation de l'oral																								
Inventaires naturalistes terrain																								
Inventaires oiseaux diurnes																								
Inventaires oiseaux nocturnes																								
Prospection odonates et exuvies																								
Transects <i>Coenagrion mercuriale</i>																								
Site occupancy <i>Pseudochorthippus montananus</i>																								
Inventaires hétérocères (1j/ mois)																								
Pose de pièges barber coléoptères coprophages																								
Site occupancy <i>Gagitodes sagittata</i>																								
Site occupancy des mollusques à enjeu																								
Prospection Dolomèdes																								

Figure 4 : Planification et répartition des missions réalisées au cours du stage. (Piron, 2023)

Les marais de l'Abbevillois s'étendent sur environ 1000 ha au sein de la vallée de la Somme. Les tourbières présentes abritent de nombreux habitats particulièrement favorables à un taxon : celui des odonates. Ils y trouvent des conditions idéales pour effectuer leur cycle de vie, offrant à la fois des lieux de repos, de refuges, des zones de reproduction ainsi que des zones assurant de bonnes ressources en nourriture. Des inventaires sur les imagos (état adultes des libellules) ont déjà été réalisés sur certains sites gérés des marais de l'Abbevillois sans toutefois s'intéresser à leur caractère indigène. Les odonates pouvant parcourir d'importantes distances (Grand et al, 2006), la seule observation d'une espèce ne peut pas permettre d'affirmer qu'elle se reproduit sur le territoire d'observation. L'objectif principal de cette étude était donc de définir les espèces d'anisoptères indigènes au territoire de l'Abbevillois sur un réseau de mares et d'analyser l'impact potentiel de différentes variables environnementales sur ce cortège d'odonates.

Plus précisément, différents éléments peuvent varier d'une mare à une autre, notamment le recouvrement en végétation d'hélophytes et d'hydrophytes, la végétation des berges, le contexte paysager de la mare (au sein d'une prairie, d'une roselière...) et les éventuelles activités qui ont lieu dessus (chasse, pêche, alimentation en eau du bétail...), ou encore le recouvrement en eau durant la période estivale. Ces paramètres ont-ils une influence sur la présence et l'abondance des espèces d'anisoptères se reproduisant dans les mares ?

En effet, selon la bibliographie, l'hypothèse qui peut être émise est qu'une végétalisation accrue d'une mare ainsi que ses berges, notamment en hélophyte et en hydrophytes, seraient favorables à la reproduction de ces odonates, servant à la fois de sites de pontes, d'abris pour leurs larves ou encore de support pour l'accouplement (Gand & Boudot, 2006). Par ailleurs, certaines espèces ont besoin de plusieurs années afin d'effectuer le cycle de développement de leur larve (Gand & Boudot, 2006), ainsi, une mare dont le recouvrement en eau s'affaiblit au cours de la saison, voire une mare devenant à sec à un moment donné, ne serait pas favorable à leur présence. D'autre part, il peut être supposé que des activités de chasse sur une mare peuvent perturber le dérangement des libellules. Les activités pastorales peuvent, elles, attirer des insectes, principale source alimentaire des odonates (Gand & Boudot, 2006), et accroître ainsi leur présence, mais elles peuvent aussi déstructurer les berges par le piétinement des animaux. Ces différents paramètres environnementaux vont être recherchés, développés et analysés à travers cette étude.

III - MATERIELS ET METHODES

1. Secteurs d'études

L'étude s'est ancrée au sein d'un réseau de marais et de tourbières alcalines dénommé l'Abbevillois en raison de sa proximité avec la métropole d'Abbeville, située en aval des sites. Ceux-ci sont alimentés par la nappe du fleuve Somme prenant sa source dans le département de l'Aisne. 9 sites gérés par le CEN HdF sont présents sur ce territoire, représentant près de 400 ha, dénommés ainsi (cf. fig 5) : Le Marais d'Espagne-Epagnette, le Marais communal d'Eaucourt sur Somme, le Marais Duno, La Lourde Queue, les Quarante, le Genoive, l'Etang le Maçon, les Marais communaux de Mareuil-Caubert, et le Marais Saint Gilles. La zone d'étude a été étendue à l'ensemble des marais de l'Abbevillois, correspondant globalement au périmètre du site N2000 « Marais et monts de Mareuil-Caubert » qui s'étend sur une superficie de 1000 ha. Administrativement, les marais gérés s'organisent ainsi :

Les Marais d'Espagne-Epagnette (146 hectares) sont composés de plusieurs parcelles appartenant à la fois à des propriétaires privés, à la commune d'Espagne-Epagnette et au Conservatoire du Littoral. La maîtrise d'usage effectuée par le Conservatoire d'Espaces Naturels diffère en fonction des secteurs du site : convention d'assistance à la gestion, convention de gestion, ou baux emphytéotiques (Helie & Chevalier, 2011).

Le Marais Saint-Gilles (28 hectares) est constitué de parcelles privées, de parcelles communales et de parcelles appartenant au Conservatoire du Littoral. Sa gestion est réalisée par le Conservatoire d'espaces naturels par convention de gestion et convention assistance à la gestion (Adam & Chevalier, 2013).

Les Marais communaux de Mareuil-Caubert (72,5 hectares) sont détenus par cette commune et sont gérés par le Conservatoire d'espaces naturels par un bail emphytéotique (Adam & Bruneau, 2020).

L'Etang le maçon (11 hectares), Le Genoive (20,5 hectares), Les Quarante (17 hectares) (Adam, 2014) et le Marais Duno (11 hectares) (Leroy & chevalier, 2012) se composent de parcelles qui appartiennent uniquement au Conservatoire du Littoral. Le Conservatoire d'espaces naturels en a la gestion par le biais d'une convention de gestion.

La Lourde Queue (23 hectares) est un marais privé où le Conservatoire d'espaces naturels est assistant à la gestion (Chevalier, 2011). Le propriétaire privé met en place des pratiques de gestion en suivant autant que possible les recommandations du CEN.

Le Marais Communal d'Eaucourt-sur-somme (38 hectares) est composé de parcelles dépendant de la commune d'Eaucourt-sur-Somme et de propriétés Conservatoire du littoral. Ils sont gérés par le Conservatoire d'espaces naturels grâce à une convention de gestion et convention d'assistance à la gestion (Meire, 2011).

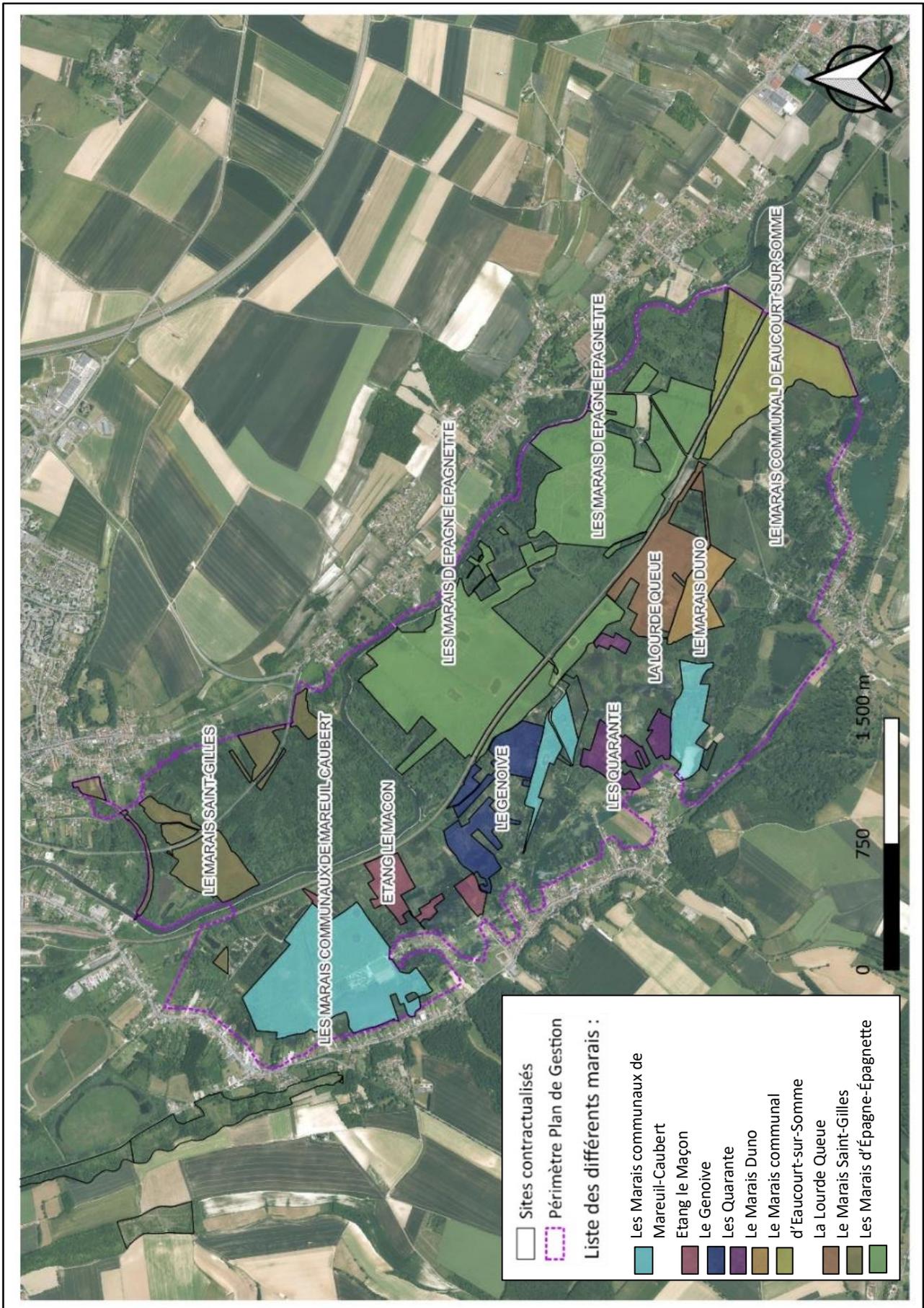


Figure 5 : Secteurs d'études où les inventaires ont été réalisés (Piron E., 2023).

2. Recueil de données existantes

La collecte de données préliminaires est importante pour justifier de la pertinence d'une étude. La première étape de ce recueil de données fut de réunir à la fois des informations sur les habitats présents dans le périmètre d'étude et des informations sur l'écologie des espèces d'odonates présentes sur les sites. Cette visualisation des données déjà connues sur le site permet à terme d'avoir des comparaisons avec les résultats déjà obtenus sur les sites et les nouveaux après étude. Pour plus de cohérence, ces recherches ont été réalisées sur une zone géographique plus large que l'aire d'étude permettant ainsi d'inclure les espèces de passages et d'analyser avec cohérence le périmètre avec les habitats frontaliers et les continuités écologiques présentes.

Cette bibliographie a permis de formuler des hypothèses pour définir une méthodologie rigoureuse et standardisée à la zone d'étude. Elle a permis d'identifier des variables pertinentes à mesurer, ainsi qu'appréhender les potentiels biais à prendre en compte pour concevoir le protocole le plus fiable possible afin d'avoir des résultats exploitables.

Pour ce faire, de nombreuses sources (ouvrages naturalistes, articles scientifiques, atlas de biodiversité, clés d'identification, sites internet, bases de données...) ont été consultées pour l'élaboration écrite du protocole, sa mise en place, et l'exploitation des résultats obtenus. Toutes les références ont été citées dans la bibliographie située à la fin de l'étude.

3. Les Libellules

I. L'exuvie et le cycle biologique d'une Libellule

La vie d'une libellule se scinde en trois phases : l'incubation, la phase larvaire et la phase adulte dont l'ensemble constitue une génération. Certaines espèces vont avoir des cycles générationnels plus longs que d'autres espèces. Ces cycles peuvent durer en moyenne de 6 à 10 semaines jusqu'à plusieurs années (Boudot, Doucet & Grand, 2019), c'est par exemple le cas des Cordulegaster, dont la phase larvaire va mettre 6 ans. Leur cycle va démarrer par la reproduction du mâle et de la femelle. Après l'accouplement, la femelle va venir pondre ses œufs dans la végétation herbacée à la surface de l'eau ou sur des débris végétaux flottants. La durée du développement embryonnaire est très variable en fonction des espèces.

La larve qui éclot de ces œufs est appelée une larve primaire. Celle-ci va se développer en passant par des phases de mues successives pouvant aller de 8 à 18 mues selon les espèces (Boudot, Doucet & Grand, 2019). La phase larvaire est toujours aquatique. Les larves vivent dans la végétation aquatique immergée, au sein de laquelle elles se dissimulent et chassent.

La dernière étape de la phase larvaire est l'émergence, afin que la larve atteigne son stade imaginal (état adulte). La larve quitte l'eau et va venir se fixer sur la végétation émergée. L'adulte, aussi appelé imago, va se libérer de cette enveloppe larvaire autrement appelée mue imaginale (Boudot, Doucet & Grand, 2019) ou exuvie. Après une longue période d'immobilité durant laquelle les pattes se durcissent et les ailes s'assèchent, l'odonate est prêt à réaliser son premier vol imaginal.



Figure 6 : Emergence d'un odonate : *Epitheca bimaculata*. (Boudot, Doucet & Grand, 2019).

II. Protocole de recherche des exuvies

A. Méthodologie pour la recherche des exuvies

Afin de répondre au mieux à la problématique initiale sur les espèces d'anisoptères indigènes peuplant les marais de l'Abbevillois et afin d'améliorer les connaissances sur la biologie et l'écologie de ces espèces, un protocole rigoureux a été élaboré. L'élaboration de ce protocole a eu pour but de répondre à quatre sous-axes d'investigations :

- Connaître la diversité du peuplement indigène des sites de l'Abbevillois
- Connaître l'abondance de chaque espèce indigène d'odonates
- Connaître l'aire de répartition des odonates natives de ces sites

Hors cadre de l'étude, cette méthodologie vise aussi à être reproduite afin de mesurer à terme les variations et changements au cours du temps dans le peuplement, les effectifs et la répartition et ainsi déterminer la direction dans laquelle évoluent les populations d'odonates indigènes au sein des marais et tourbières de l'Abbevillois.

Pour répondre au mieux à ces axes de recherches, le protocole retenu est une stratégie d'échantillonnage adapté à notre étude par une recherche des exuvies. L'exuvie est une précieuse donnée utilisable afin de déterminer si un odonate est indigène à une région donnée. Elle représente tout d'abord une preuve attestant de leur reproduction. La présence d'exuvies indique que les odonates se sont reproduits avec succès à l'emplacement où celle-ci a été découverte. Cela atteste qu'ils ont complété leur cycle de vie jusqu'à l'âge adulte, ce qui est un signe positif pour leur établissement durable dans cet habitat.

L'exuvie permet aussi une identification précise et fiable des espèces grâce à de nombreux critères morphologiques faciles à discerner, et permet ainsi de répondre à la question de la diversité et de l'abondance du peuplement. Seuls les anisoptères peuvent être identifiées de manière fiable c'est pour cela que l'étude se focalise sur ce groupe taxonomique. Enfin cette donnée va permettre la compréhension de la distribution géographique de la population des odonates indigènes au sein aux sites étudiés.

Le protocole est basé sur des études déjà effectuées, notamment trois études, une sur la Cordulie métallique (*Somatochlora metallica*) (Iorio & Largarde, 2016), l'autre que la Grande Aeshne (*Aeshna grandis*) (Iorio & Noel., 2017) et une dernière sur l'émergence de la Cordulie à deux tâches (*Epiptera bimaculata*) (Vanappelghem & Quevillart, 2013) montrant l'efficacité de ce type de prospection pour répondre à la question de l'autochtonie des cortèges de libellules sur un lieu donné. L'objectif est de dresser une liste aussi complète que possible des espèces d'anisoptères natives présentes. La recherche des exuvies va se réaliser à pied en long et en scrutant les berges des stations mentionnées dans le paragraphe suivant, afin d'y récolter toutes les exuvies d'anisoptères visibles. Les tiges des végétaux présents au-dessus de la nappe d'eau et ceux situés dans une bande deux mètres autour de la mare ainsi que les reliefs (pierres, débris végétaux, troncs, pontons) situés sur les berges, vont être scrupuleusement examinés. Ces endroits sont préconisés pour effectuer la prospection puisque ce sont les supports de prédilections des larves souhaitant accomplir leur émergence (Iorio & Largarde, 2016). Les échantillons récoltés vont être mis dans des piluliers pour une identification ultérieure en laboratoire. Ceux-ci vont pouvoir être identifiés simplement grâce à des clefs et des ouvrages d'identification. Suite à l'identification, pour chaque échantillon, il va falloir veiller à noter la date de récolte, le numéro de la station concernée, le nom de chaque espèce contactée ainsi que le nombre d'individu par espèces.

Pour réaliser le suivi, la sélection de plusieurs sites attractifs pour les populations d'odonates a été choisie. Les emplacements ont été sélectionnés de manière à couvrir le périmètre de la zone des 9 marais et tourbières de l'Abbevillois (cf. figure 7). Ils ont été placés non-aléatoirement sur une sélection de mares offrant différentes conditions écologiques représentatives du territoire d'étude. Ainsi, les localisations de 15 stations, possédant une mare chacune, ont été pointées sur GPS. Une distance de plusieurs centaines de mètres doit être respectée pour ne pas que les stations se chevauchent. Un minimum de 30 minutes d'observation et de collecte des exuvies est octroyé à chaque placette afin d'effectuer une prospection rigoureuse de l'ensemble de la zone.

Afin d'avoir un protocole reproductible dans le temps qui servira à la rédaction des futurs plans de gestion et à l'amélioration de la connaissance scientifique au sein des sites et afin d'éviter le plus de biais possible, il est important de garder approximativement les mêmes dates, la même localisation des stations et un effort de prospection similaire d'une année de suivi à l'autre, ainsi que si possible, garder le même observateur. L'objectif est de maintenir une méthodologie cohérente pour les relevés ultérieurs (Raebel, Merckx, Riordan, Macdonald, & Thompson, 2010). Pour pouvoir comparer les données collectées d'une année sur l'autre de manière fiable, il est nécessaire d'effectuer un suivi pendant au moins trois années consécutives (Iorio & Lagarde, 2016), il sera alors possible de statuer sur l'état local de conservation des espèces et de préconiser de futures mesures de gestion favorables à leur maintien. Dans le cas des sites de l'Abbevillois, il est important de prolonger les suivis sur une période plus longue pour identifier les tendances à long terme du cortège d'odonates et de l'état de leurs mares. Le protocole sera donc à renouveler tous les cinq ans *in-situ*. La mise en place de ce suivi durable de l'aire d'étude est nécessaire afin d'évaluer en continu le patrimoine biodiversitaire du milieu et en vue de préserver son cortège d'odonates de manière pérenne.

B. Périodes d'inventaires

Pour mener à bien l'étude, le protocole est à mettre en place au cours de 3 sessions. Les conditions météorologiques doivent être similaires pour chaque session. Il est préférable de les effectuer par temps clément afin d'obtenir un nombre d'observations plus conséquent. Il convient donc d'éviter les jours de fortes précipitations, de fort vent ou de gel, et de veiller à ce que la température soit assez similaire pour chaque passage.

Sa mise en place doit avoir lieu pendant les mois de mai, juin et juillet afin de couvrir l'ensemble de la période de reproduction des odonates. Pour chacune des sessions, les 15 sites de l'aire d'étude doivent être visités.

- 1^{ère} session : 1 passage doit avoir lieu en mai pour les espèces émergent précocement.
- 2^{ème} session : 2 passages doivent avoir lieu en juin.
- 3^{ème} session : 2 passages doivent avoir lieu en juillet pour les espèces qui émergent plus tardivement.

C. Analyse et saisie des données

Toutes les données recueillies sur le terrain et toutes les informations sur les échantillons identifiés ont été retranscrites à l'identique dans des tableurs Excel préalablement dessinés, afin de pouvoir en réaliser une analyse statistique des résultats.

En outre, ces éléments ont été reportés sur des cartographies via le logiciel SIG (Système d'Information Géographique) « Qgis », dans les bases de données SIG du Conservatoire d'espaces naturels Hauts-de-France. Enfin, il a été également nécessaire de compléter la base de données naturalistes du CEN Hauts-de-France.

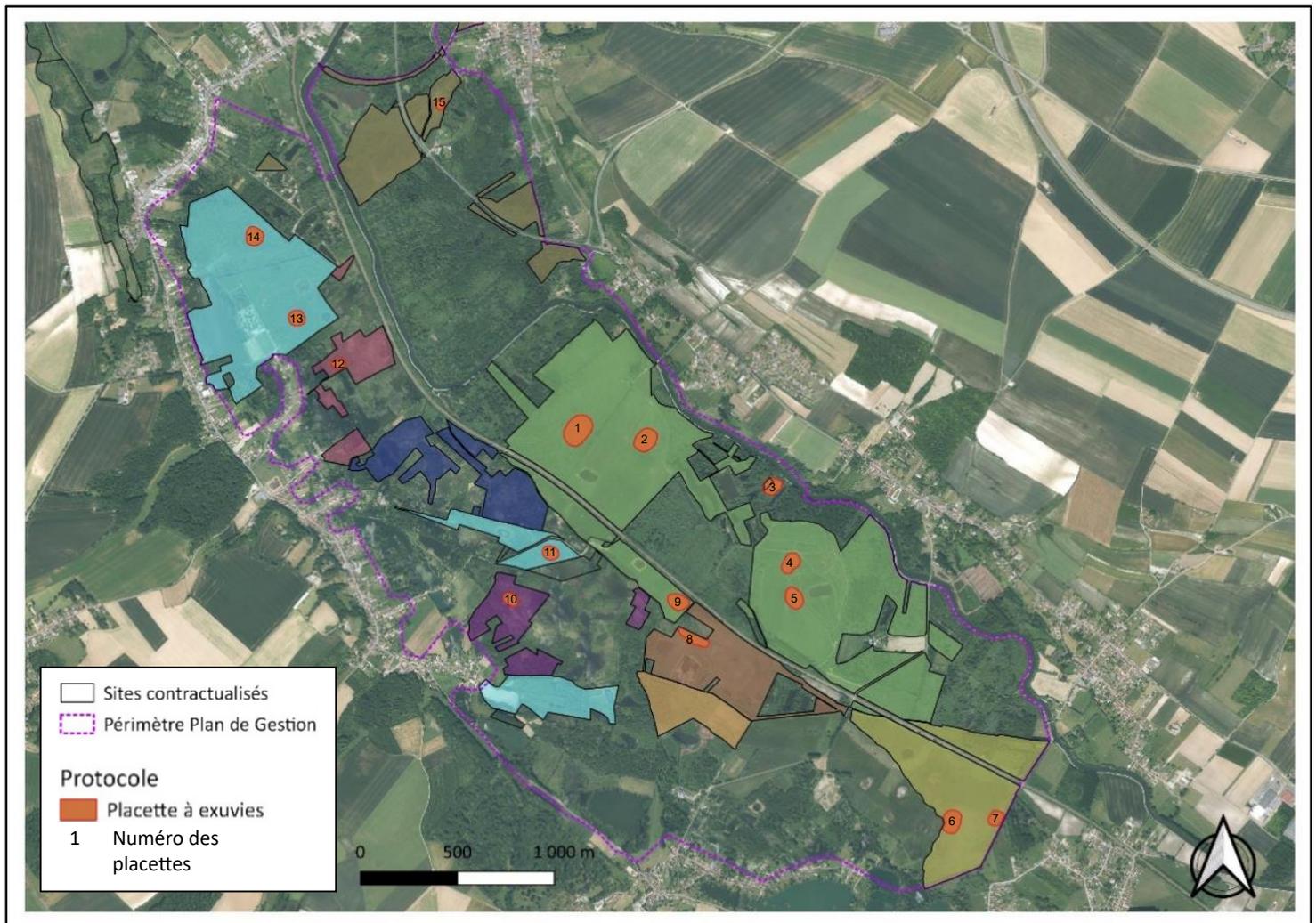


Figure 7 : Localisation des placettes pour la recherche des exuvies (Piron, 2023).

III. Identification des exuvies

Au vu de leur petitesse, l'identification des exuvies d'anisoptères doit être effectuée à la loupe binoculaire ou, à minima, à la loupe de terrain x20. Dans le cas de l'étude, elle a été réalisée en laboratoire sous binoculaire. L'identification a pu être réalisée à partir de d'ouvrages condensant des clés d'identification dichotomiques dont le cahier d'identification des Libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse de Biotopie éditions (Boudot, Doucet & Grand, 2019), et le Fotogids larvenhuidjes van Libellen (Brochard & Van der Ploeg, 2012).

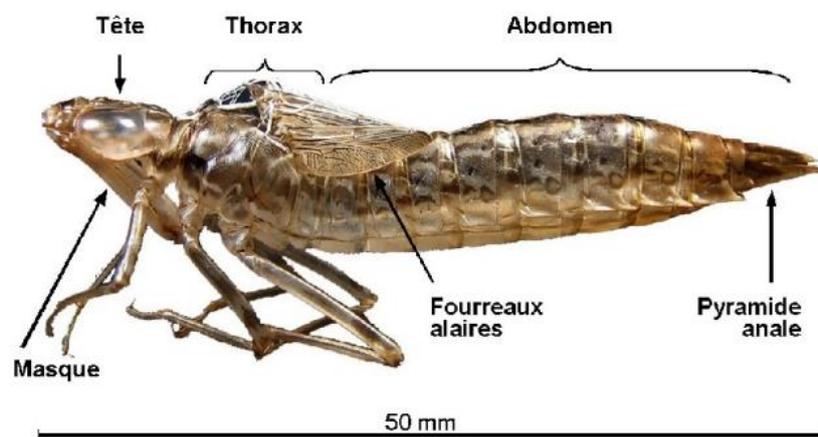


Figure 8 : Anatomie d'une exuvie d'anisoptère (*Anax imperator*). (Boudot, Doucet & Grand., 2019)

Certaines exuvies peuvent avoir des caractéristiques morphologiques distinctifs permettant de les identifier. Quatre critères principaux peuvent être mis en exergue afin d'identifier l'exuvie en main : la forme de la tête, le masque, la pyramide anale et l'abdomen (Boudot, Doucet & Grand, 2019).

Le masque se situe en dessous des yeux. On distingue deux types de masques, le masque plat et le masque en forme de cuillère. Sur le masque plat on distingue facilement le labrum et le clypéus, tandis que le masque en cuillère va cacher ces deux parties qui vont être recouverte de palpes labiaux. La forme et la taille du masque vont aussi jouer dans la détermination des espèces. Ces critères permettent de diviser des taxons. Les familles des *Gomphidae* et des *Aeshnidae* vont posséder un masque plat plutôt étroit à l'inverse des *Cordulegastridae*, *Corduliidae* et *Libellulidae* qui eux arborent un masque en cuillère assez large.

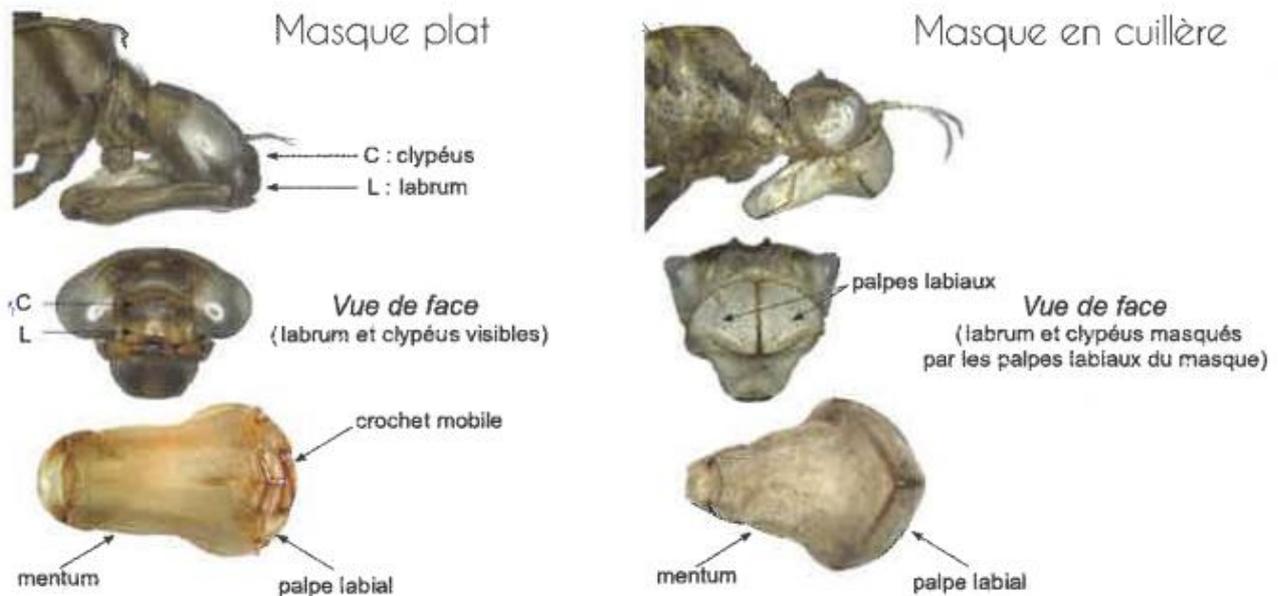


Figure 9 : Masque plat chez *Anax imperator* et masque en cuillère chez un *Libellulidae*. (Boudot, Doucet & Grand, 2019)



Pour aller au genre, différents autres critères sont important à prendre en compte. La forme de la tête peut être différente chez les espèces. Notamment au niveau des occiputs pouvant être convergents chez certaines espèces, alors que d'autres vont être parallèles.

Figure 10 : Tête de l'exuvie chez *Aeschna juncea* (Boudot, Doucet & Grand, 2019)

La pyramide anale se situe à l'extrémité de l'abdomen. Cette pyramide est une structure complexe comprenant deux cerques, deux paraproctes et un épiproctes. Selon les espèces, cette pyramide est plus ou moins développée, avec des espacements différents entre chaque partie.

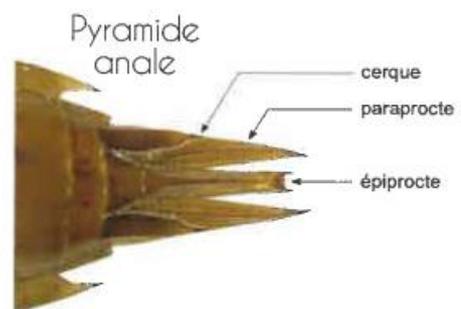


Figure 11 : Pyramide anale chez *Anax imperator* (Boudot, Doucet & Grand, 2019)

L'abdomen se compose de 10 segments. Chez certaines espèces, un premier critère est la taille des segments (Boudot, Doucet & Grand, 2019).

Un second critère à observer pour différencier des espèces, sont les excroissances épineuses longeant les segments abdominaux, plus développées chez certaines espèces et sur certains segments, que chez d'autres espèces.



Figure 12 : Segments abdominaux chez *Anax imperator* (Boudot, Doucet & Grand, 2019)

4. Identification des variables et analyse

I. Variables choisies et corrélations

Afin de répondre à l'interrogation de seconde partie de la problématique « quelles étaient les variables environnementales qui influencent la reproduction des anisoptères » et aux différentes hypothèses posées, plusieurs paramètres ont été choisis pour pouvoir réaliser des tests statistiques sur les préférences d'habitats des différentes populations d'anisoptères indigènes. En se référant à la bibliographie, les paramètres susceptibles d'influencer la présence ou l'absence d'exuvies sont notamment les variations de végétation, la profondeur en eau proche des berges, la pente, ou encore la présence d'une strate de végétation hydrophyte au sein même de la mare. Une conjecture positive à ces éléments laisse supposer une possibilité d'autochtonie favorable aux odonates (Iorio & Largarde, 2016).

Des variables complémentaires ont été relevées en vue d'obtenir des résultats plus rigoureux pour l'analyse. Toutes les données ont été recueillies grâce à une fiche de renseignements (cf. annexe 1) puis retranscrites pour chaque station prédéfinie (cf. annexe 2) ainsi que dans un tableau Excel (cf. annexe 3). Ces différentes variables ont dû être relevées une seule fois aux dates du 26 et 27 juin 2023 :

- Surface de la mare
- Périmètre de la mare
- Contexte de la parcelle (prairie pastorale, de fauche, ou croissance libre)
- % de la couverture en hélophytes des mares
- % de la couverture en hélophytes des berges des mares
- % de la couverture en hydrophytes des mares
- % d'herbiers hydrophytes flottants
- % de la couverture ligneuse des berges
- % du recouvrement de la mare en eau
- Définition de la pente (abrupte ou douce)
- Présence tremblants tourbeux ou non
- Activité sur la mare (mare de chasse/pêche active ou non active)

Les pourcentages de ces paramètres ont été catégorisés de cette façon : 0 à 25% pour un score de 1 ; 25 à 50% pour un score de 2, 50 à 75% pour un score de 3 ; 75% à 100% pour un score de 4, au sein du tableau récapitulatif (cf. annexe 3).

Dans un premier temps, l'existence de corrélations entre les différentes variables a dû être vérifiée avant de débiter une analyse statistique plus approfondie sur le jeu de données. Réaliser un test de corrélations est en effet nécessaire pour effectuer des modèles statistiques car la présence de corrélations entre variables explicatives viole les hypothèses d'application des modèles linéaires. Les fonctions *pairs(data)* et *corrplot(data)* (Wei & Simko, 2021) ont été appliquées au jeu de données dans le logiciel R (R Core Team, 2023). Elles permettent une visualisation graphique assez simple des corrélations positives et négatives entre les variables, par des points de tailles et de couleurs allant du bleu au rouge en fonction des relations entre variables (cf. fig. 29).

I. 1ère Analyse statistique : Existe-il des grandes catégories de mares ?

A l'issue de cette collecte d'informations, la première analyse sur le jeu de données devait nous permettre de savoir si une catégorisation des différentes mares étudiées est possible à l'aide des différentes variables relevées sur le terrain. Pour cela, une Analyse Factorielle Multiple a été réalisée (AFM). Il existe de nombreuses méthodes analytiques pour interpréter et analyser des jeux de données collectées. Pour simplifier la compréhension et le traitement d'un ensemble de données comportant de nombreuses variables, l'Analyse Factorielle Multiple est idéale.

En écologie, l'étude d'un écosystème et ses interactions, dans ses dimensions espace-temps, conduit à l'obtention d'un ensemble complexe de données tridimensionnelles (variables x temps x espace) qui s'organisent naturellement sous la forme de plusieurs tableaux (Blanc et al, 1992). L'Analyse Factorielle Multiple est une technique statistique utilisée pour analyser simultanément plusieurs tableaux de données ou les variables sont ainsi structurées. Son objectif est de visualiser ces ensembles à travers des représentations graphiques dans un espace à deux ou trois dimensions, ce qui simplifie la compréhension et l'interprétation des corrélations entre les différentes observations, les variables et les tableaux (Escofier & Pagès, 1984). Une autre caractéristique importante de l'AFM est qu'elle permet également d'étudier l'impact des différents tableaux sur chacune des observations séparément.

La technique d'AFM la plus couramment appliquée est l'Analyse en Composantes Principales (ACP). En préservant autant que possible l'information contenue dans les tableaux de données, l'ACP vise à réduire le nombre important de ces valeurs pour les représenter algébriquement sous forme d'une matrice, puis graphiquement en un nuage de points. Dans le cas de cette étude, l'ACP est privilégiée au vu du grand nombre de paramètres relevés sur les mares et réunies dans le tableau (cf annexe 3).

Pour réaliser l'analyse des groupes (clusters) de mares, la fonction du *kmeans(data)* (Bolar, 2019) du logiciel R a été utilisée. Elle est intéressante pour effectuer la méthode de « clustering k-means ». Le « clustering k-means » est un algorithme de regroupement largement utilisé pour partitionner un ensemble de données en k groupes distincts et pour tirer une visualisation graphique simple à interpréter.

Pour obtenir une visualisation graphique de ces clusters, la fonction *fviz_cluster(kmeans, data)* (Kassambara, 2020) a été appliquée.

II. 2ème analyse statistique : Quelles variables influent sur la richesse et l'abondance des larves d'anisoptères ?

La seconde analyse s'est intéressée à l'influence des différentes variables environnementales relevées sur le cortège d'odonates se reproduisant au sein des marais et tourbières de l'Abbeville. Pour réaliser cette étude, un modèle linéaire général (GLM – General Linear Model) est optimal. En écologie, c'est une méthode statistique largement utilisée pour analyser les relations entre des variables de types numériques et une variable dépendante « réponse », continue ou discrète. Dans son ouvrage *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*, l'auteur Zuur (2009) donne de nombreux exemples de GLM applicables à des cas similaires à l'étude. Dans le cadre de cette étude, cette méthode est utile afin d'évaluer les effets des différents paramètres sur les variables réponses « richesse » et « abondance ». Les coefficients du modèle fournissent des informations sur la direction et la force des relations entre les variables, permettant une interprétation des résultats.

Les modèles linéaires généralisés sont une extension des modèles linéaires classiques qui peuvent être utilisés lorsque les réponses ne sont pas de type numérique continues mais lorsque les données sont de type comptage (nombre d'œufs pondus, nombre de larve présentes...) ou lorsqu'elles sont de type binaire (malade/non malade ou mort/vivant...). Dans le cas des variables relevées il y a des données de type comptage (surface, périmètre, score de la couverture en hélophytes des mares, score de la couverture en hélophytes des berges, score de la couverture en hydrophytes, score d'herbiers hydrophytes flottants, score de la couverture ligneuse des berges, score du recouvrement de la mare en eau) et des données de type binaire (contexte de la parcelle, définition de la pente, présence de tremblants tourbeux, activité sur la mare). Les données de comptages, ou régression de Poisson, sont distribuées selon une loi de Poisson. Pour que la loi s'applique, les hypothèses doivent être indépendantes, distribuées selon une loi de Poisson, et de la surdispersion ne doit pas exister. Enfin, pour établir un GLM, les variables étudiées ne doivent pas être corrélées, c'est un prérequis important à vérifier avant de débiter toute analyse.

Le type de GLM utilisé est un GLMER (Generalized Linear Models Random Effects). Ils représentent une extension des GLM permettant de prendre en compte la dépendance entre les observations dans un jeu de données. En effet, les variables employées sur lesquelles portent l'étude ne respectent pas l'hypothèse d'indépendances car elles ont été faites sur les mêmes mares ; elles sont donc dépendantes. Il existe un « effet mare » à prendre en compte dans les modèles statistiques. Ces données doivent être mises en variables aléatoires, le GLMER qui prend en compte les effets aléatoires, permet de modéliser des données qui présentent des structures de dépendance. Sans cette prise en compte de la dépendance entre certaines données, cela entraînerait à un biais dans la variance résiduelle du modèle employé pour analyser les données. Cela conduirait aussi à une estimation biaisée de l'erreur standard des paramètres, ainsi qu'à une p-value (la puissance du résultat du test) erronée.

Les GLMER combinent deux composantes essentielles : les effets fixes (variables mesurées) et les effets aléatoires (ici effet mare). Les effets fixes sont similaires à ceux d'un GLM. Ils représentent les relations entre les variables explicatives et la variable réponse. Les effets aléatoires servent seulement à indiquer au modèle que les données ne sont pas indépendantes pour une mare. C'est ce qui permet à la variance résiduelle d'être bien estimée, et ainsi à l'erreur standard des paramètres de ne pas être biaisée pour obtenir des résultats fiables.

Toutes les variables environnementales ont été testées une par une, une première fois sur la variable réponse « richesse », puis sur la variable « Abondance ». La fonction *glmer(data)* du package *lme4* (Bates *et al.*, 2015) a été utilisé afin de réaliser ce GLMER via cette fonction. Pour observer les effets de la surface sur la richesse par exemple, le modèle a été codé comme suit :

glmer(Richesse ~ surface + (1|Mare), family=poisson, data=data2) ; ou *data2* représentait le jeu de données.

IV – RESULTATS

1. Résultats des prospections

I. Première session d'inventaire

Le passage de mai s'est effectué entre les dates du 23, 24, 25 et 26 mai 2023. Toutes les placettes ont été parcourues. Sur ce mois de mai avait lieu un seul passage dans le but de contacter les espèces émergentes précocement.

Sur toutes les différentes placettes, seules les placettes 2, 6, 8 et 11 ont attestées de la présence d'exuvies. Les photographies des mares se retrouvent en annexe 1.

25 exuvies ont été observées sur la placette 2 située au sein du marais d'Epagne-Epagnette : 23 d'Anax empereur (*Anax imperator*) et 2 d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*).

Figure 13 : Exuvies d'Anax empereur (*Anax imperator*) collectées sur le terrain. (Piron, 2023).



La placette 6 présente dans le marais d'Eaucourt-sur-Somme a permis de relever 5 exuvies d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*).



La placette 8 située sur le marais de la Lourde Queue a dévoilée la présence d'une exuvie d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*).

Enfin, une exuvie d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*) a été trouvé sur la placette 11 se trouvant dans les Marais communaux de Mareuil-Caubert

Figure 14 : Exuvies d'Orthetrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*) collectées sur le terrain. (Piron, 2023)

Les résultats de cette première session de prospection ont permis d'identifier la reproduction certaine de 2 espèces sur les Marais de l'Abbevillois. Il s'agit de l'**Anax empereur** et de l'**Orthétrum réticulé**.

L'**Anax empereur** (*Anax imperator*) est un grand *Aeshnidae* robuste mesurant généralement 70 à 85 mm de long. Il possède un thorax vert vif avec un abdomen bleu, parfois vert chez la discrète femelle, surmonté d'une ligne noire sur le dessus.

L'espèce se rencontre en Eurasie : de l'ouest de l'Europe jusqu'au nord-ouest de l'Inde. Elle se retrouve aussi jusqu'au sud de l'Afrique. Elle fréquente les eaux stagnantes et faiblement courantes ensoleillées de toute nature, même acide ou polluée, telles que les mares, les étangs, les lacs, les gravières ou encore les parties calmes des rivières et des fleuves. Il s'observe en plaine, jusqu'à 1600 m d'altitude dans les Alpes (Gand & Boudot, 2006).

La phase larvaire peut durer de 3 mois à 2 ans. Dans les zones tempérées, une majeure partie de larves ayant atteint leur stade terminal entrent en diapause à la fin de l'été et donnent lieu à des émergences groupées sur une courte période au printemps. Ainsi, l'espèce s'observe de mai à octobre en Europe occidentale. La moitié d'une population donnée peut émerger en trois jours seulement, tandis qu'une plus faible partie donne lieu à des émergences estivales voire automnales (Gand & Boudot, 2006).

Classé Préoccupation mineure en Europe, en France et en ex-région Picardie sur la liste rouge de l'UICN (MNHN & OFB., 2003-2023), l'Anax empereur n'est nullement menacé. Il est même en expansion en raison du changement climatique (Gand & Boudot, 2006).



Figure 15 : Anax empereur (*Anax imperator*). (Piron, 2023)

L'**Orthétrum réticulé** (*Orthetrum cancellatum*) est un *Libellulidae* mesurant entre 36 à 50 mm. Le mâle possède un abdomen bleu avec un thorax brun sombre, tandis que la femelle est entièrement jaune avec deux lignes noires parallèles sur son abdomen.



Figure 16 : Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*). (David J.)

Il se rencontre de l'ouest de l'Europe jusqu'à l'Oural, ainsi qu'en Afrique du nord. L'Orthétrum réticulé présente un caractère pionnier (guide libellule) indéniable. Il apprécie les eaux stagnantes, douces ou saumâtre, de tailles et de nature diverses jusqu'à 1300m d'altitude : mares, étangs et lacs, marais littoraux, bassins artificiels. Il fréquente parfois les fossés en eau et les rivières avec un faible courant (Gand & Boudot, 2006).

Sa phase larvaire dure entre 1 et 3 ans. Ses émergences s'étalent particulièrement sur le mois de juin bien qu'il puisse y avoir des émergences plus précoces et plus tardives. L'espèce peut s'observer surtout au printemps, à partir de mai jusqu'en octobre (Gand & Boudot, 2006).

L'espèce est classée en Préoccupation mineure sur la liste rouge européenne, nationale et en ex-région Picardie (MNHN & OFB., 2003-2023).

II. Deuxième session d'inventaire

La deuxième session d'inventaire a été composée de deux passages. Toutes les placettes ont été inventoriées lors de chacun de ces passages.

Le **premier passage** a été réalisé aux dates du 12, 13, 14 et 15 mai 2023. La présence d'exuvies a été avérée sur les mares n°1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 13 et 14 soit 10 placettes sur les 15.



Figure 17 : Exuvies de Sympetrum strié (*Sympetrum striatum*) collectées sur le terrain. (Piron, 2023).

Situées au sein du marais d'Epagne-Epagnette, les placettes 1, 2, 3, 4 et 5 ont prouvé la présence d'exuvies. La placette 1 située a certifié la présence de 91 exuvies de Sympetrum strié (*Sympetrum striatum*). La placette 2 a montré la présence de 18 exuvies d'Anax empereur (*Anax imperator*), 41 exuvies d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*) et 6 exuvies de Sympetrum strié (*Sympetrum striatum*). Sur la 3^{ème} placette ont été retrouvés 233 exuvies de Sympetrum strié (*Sympetrum striatum*) et 3 exuvies de Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*). La placette 4 a présenté 12 exuvies d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*) et 2 exuvies de Sympetrum strié (*Sympetrum striatum*). Enfin, la 5^{ème} placette a approuvé la présence de 18 exuvies de Sympetrum strié (*Sympetrum striatum*).

Sympetrum strié (*Sympetrum striatum*) :
présence de longues épines dorsales



Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) :
présence de courtes épines dorsales

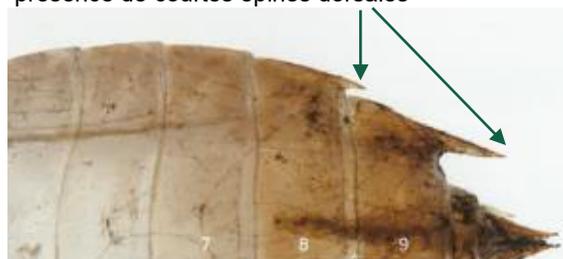
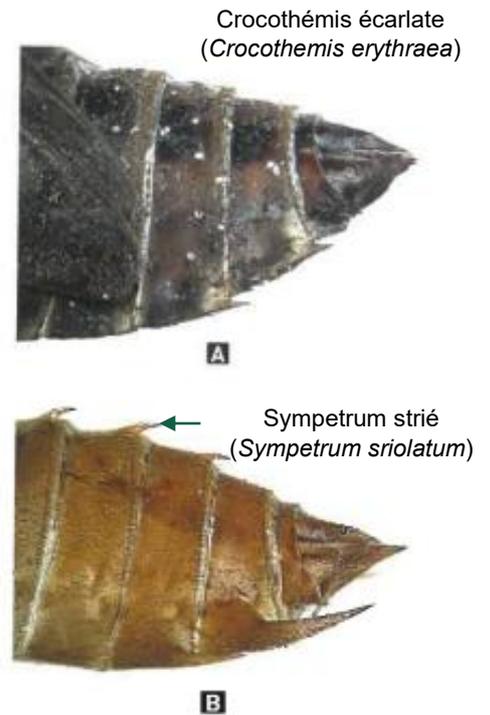


Figure 18 : Identification et différenciation de Sympetrum strié (*Sympetrum striatum*) et Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) par les épines latérales. (Brochard & Van der Ploeg, 2012)

Les deux placettes 6 et 7 sont situées au sein du Marais Communal d'Eaucourt-sur-somme. La première a dévoilé la présence de 1 exuvie d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*). La seconde, 1 exuvie d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*) ainsi que 5 exuvies de Sympetrum strié (*Sympetrum striatum*).

Les placettes 11, 13 et 14 situées au sein des Marais communaux de Mareuil-Caubert ont eux aussi confirmé la présence de nombreuses espèces d'odonates. La placette 11 a validé la reproduction de plusieurs espèces avec 1 exuvie d'Anax empereur (*Anax imperator*), 1 exuvie d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*), 1 exuvie de Crocothémis écarlate (*Crocothemis erythraea*), et 1 exuvie de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*). La 13^{ème} placette a démontré la présence de 3 exuvies de Sympétrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) et 438 exuvies de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*). La 14^{ème} placette relate de la reproduction de l'Anax empereur (*Anax imperator*) avec 1 exuvie et de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*) avec 94 exuvies pour cette espèce.

Figure 19 : Identification et différenciation d'un Crocothémis écarlate (*Crocothemis erythraea*) avec un Sympétrum (*Sympetrum* sp.) par la présence d'épines dorsales. (Brochard, Van der Ploeg, 2012)



Le **second passage** a été réalisé aux dates du 26, 27 et 28 juin 2023. Des exuvies ont été retrouvées dans les mares n°1, 2, 3, 5, 13 et 14.

Dans le marais d'Espagne-Epagnette, les placettes 1, 2, 3 et 5 ont confirmé la présence d'exuvies. La placette 1 a montré la présence d'une exuvie de Sympétrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) et 83 exuvies de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*). La 2^{ème} placette a démontré la présence de 2 exuvies d'Anax empereur (*Anax imperator*), 11 exuvies d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*) et 15 exuvies de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*). Sur la 3^{ème} placette ont été retrouvé 5 exuvies de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*). Enfin, la placette 5 atteste de la reproduction de l'Anax empereur (*Anax imperator*), avec 2 exuvies et celle du Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*) avec 27 exuvies.

Au sein des marais communaux de Mareuil-Caubert, les placettes 13 et 14 ont confirmé la reproduction de trois espèces. La placette 13 a dévoilé la présence de 1 exuvie d'Aeshne mixte (*Aeshna mixta*), 106 exuvies de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*) et 4 exuvies de Sympétrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*). La 14^{ème} placette montre que l'Aeshne mixte (*Aeshna mixta*) se reproduit sur le site avec 3 exuvies, ainsi que le Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*) avec 32 exuvies.

Figure 20 : Exuvies de d'Aeshne mixte (*Aeshna mixta*) collectées sur le terrain. (Piron, 2023).



Les mêmes espèces que celles de la première session d'inventaires se retrouvent sur ces prospections. Trois nouvelles espèces viennent s'y ajouter, le **Sympétrum strié** (*Sympetrum sriolatum*) et le **Sympétrum sanguin** (*Sympetrum sanguineum*) et l'**Aeshne mixte** (*Aeshna mixta*).



Figure 21: Sympetrum strié (*Sympetrum striolatum*). (Gourdain P.)

Le **Sympetrum strié** (*Sympetrum striolatum*) est un *Libellulidae* qui mesure entre 35 à 45 mm. Les adultes ont un corps de couleur jaune, parfois rouge vif pour les mâles et plus rarement chez les femelles. Ses fémurs et ses tibias sont striés de jaunes et noirs.

Espèce très commune, elle réside en Eurasie, de l'ouest de l'Europe à l'ouest de l'Asie, ainsi qu'au Maghreb. Elle fréquente une grande diversité d'habitats, à la fois les eaux stagnantes comme les mares, étangs, lacs, gravières, bassins anthropiques même légèrement pollués, mais aussi les eaux faiblement courantes. Elle peut se reproduire jusqu'à plus de 1600 m. Le Sympetrum strié a une très forte capacité de dispersion. Les immatures se dispersent très loin et effectuent fréquemment de grands déplacements (Gand & Boudot., 2006).

La phase larvaire dure entre 5 mois et 1 an et les émergences s'échelonne principalement de juin à novembre, elle est donc observable durant l'entièreté de cette période (Gand & Boudot., 2006).

L'espèce est classée en préoccupation mineure sur liste rouge en ex-région Picardie, en France et en Europe (MNHN & OFB., 2003-2023). Elle a une tendance à s'expandre vers le nord en raison du réchauffement climatique (Gand & Boudot., 2006).

Le **Sympetrum sanguin** (*Sympetrum sanguineum*) est un *Libellulidae* de 35 à 40 mm de long. Le mâle est rouge sang avec un abdomen qui se termine par une massue. La femelle est jaunâtre, plus rarement de même teinte que celle du mâle. Ses pattes sont totalement noires.

La distribution géographique de l'espèce se trouve en Eurasie sauf au nord de la Scandinavie, jusqu'en Sibérie. Elle apprécie les eaux stagnantes et les petits cours d'eau possédant un faible débit, entourés de zones riches en végétation aquatiques, roselières et cariçaies, comme les marais, étangs, bras morts, gravières ou encore bassins de décantation. Elle se retrouve essentiellement en basse altitude, en plaine, jusqu'à 1700m dans les Alpes. Tout comme son proche cousin le Sympetrum strié, sa capacité de dispersions est grande. Les mâles se déplacent continuellement et n'ont pas de territoire fixe (Gand & Boudot, 2006).



Figure 22: Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*). (Gourdain P.)

Son stade larvaire va durer entre 6 à 10 semaines, et sa période d'émergence s'étend avant tout sur les mois de juin et juillet. Le Sympetrum sanguin se rencontre en vol de juin à septembre pour le nord de la France (Gand & Boudot, 2006).

L'espèce est classée en Préoccupation mineure en ex-région Picardie, en France et en Europe sur liste rouge de l'UICN (MNHN & OFB., 2003-2023). Elle est omniprésente en France (Gand & Boudot, 2006).

Le **Crocothémis écarlate** (*Crocothemis erythraea*) est un *Libellulidae* mesurant entre 37 à 42 mm. Mâle et femelle se caractérisent par un abdomen déprimé. Le mâle est de couleur rouge écarlate et la femelle possède une teinte brun jaune.



L'espèce est originaire d'Afrique, et se rencontre aussi en Europe, surtout méridionale et jusqu'au nord-est de l'Inde. En France, elle est présente dans toutes les régions. Sa distribution tend à s'entendre vers le nord. Ses habitats demeurent les eaux stagnantes et faiblement courantes peu profondes, même saumâtres ou notablement eutrophes, comme les mares, étangs, marais, bassins artificiels, bras morts, rivière à petit débit. Sa présence se fait jusqu'à 1300m d'altitude (Gand & Boudot, 2006).

La phase larvaire du Crocothémis écarlate dure près d'un an en fonction de la température de l'eau. Il émerge principalement sur deux mois au printemps. Sa période de vol s'étend de juin à septembre dans le nord de la France (Gand & Boudot, 2006).

Figure 23 : Crocothémis écarlate (*Crocothemis erythraea*). (Laignel J.)

En ex-région Picardie, en France et en Europe, l'espèce est classée en Préoccupation mineure en sur la liste rouge (MNHN & OFB., 2003-2023).

L'**Aeschne mixte** (*Aeshna mixta*) est un *Aeshnidae* pouvant atteindre une taille de 64mm. Le mâle est de couleur bleue, entièrement barré de noir sur l'abdomen et le thorax, tandis que la femelle est plutôt de couleur vert-jaune, marquée de bandes noires elle aussi.

Eurasiatique, l'espèce se retrouve de l'ouest de l'Europe, plus rarement dans les régions septentrionales, jusqu'au Japon. Elle est également présente localement dans le nord de l'Afrique. Elle réside dans les eaux stagnantes aux berges ouvertes, bien végétalisées telles que les étangs, les mares littorales, les anciennes gravières, et peut être présente sur les petits ruisseaux. Elle est commune en plaine et ne dépasse pas les 1100m d'altitude (Gand & Boudot, 2006).

La phase larvaire dure entre 4 à 5 mois. Les émergences se concentrent sur quatre semaines durant le mois d'août et peuvent dépasser sur le mois de septembre. Il peut y avoir cependant des émergences plus précoces voire plus tardive. Ainsi, l'espèce s'observe de juillet à octobre (Gand & Boudot, 2006).



Figure 24 : Aeschne mixte (*Aeshna mixta*). (David J.)

En ex-région Picardie, en France et en Europe, l'espèce est classée en Préoccupation mineure en sur la liste rouge (MNHN & OFB., 2003-2023).

III. Troisième session d'inventaires

La troisième session d'inventaire a été composée de deux passages et toutes les placettes ont été inspectées.

Le **premier passage** a eu lieu les 10, 11 et 12 juillet 2023, La présence d'exuvies c'est révélé sur les placettes 1, 2, 5, 6 et 13.

Au sein du marais d'Epagne-Epagnette, la placette 1 a prouvé la reproduction de trois espèces par la présence de 1 exuvie d'Aeshne mixte (*Aeshna mixta*), 98 exuvies de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*) et 2 exuvies de Sympétrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*). Par ailleurs, la seconde placette a aussi démontré la reproduction de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*) avec 25 exuvies découvertes. Enfin, la 5^{ème} placette elle aussi dévoilée 7 exuvies de Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*).

La station 6 du Marais Communal d'Eaucourt-sur-Somme confirme la présence de 5 exuvies de Sympétrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) et 14 exuvies d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*),

La 13^{ème} station située dans les Marais communaux de Mareuil-Caubert annonce que le Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) se reproduit sur le site avec la présence d'une exuvie, ainsi que le Sympétrum strié (*Sympetrum sriolatum*) avec la présence de 40 exuvies pour cette espèce.

Le **second passage** a été réalisé aux dates du 19 et 20 juillet 2023. Des exuvies ont été retrouvées dans les mares n°1, 2, 5, 6 et 13.

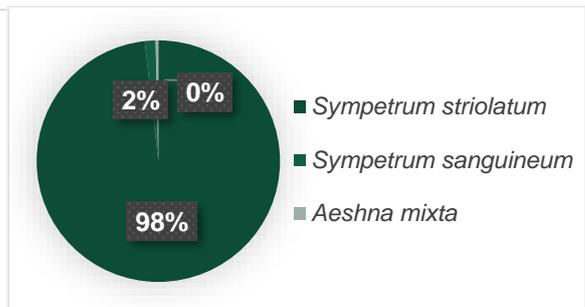
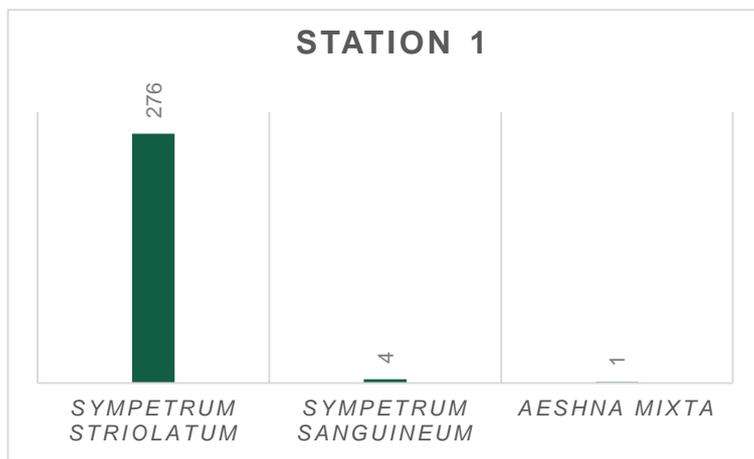
Dans les marais d'Epagne-Epagnette, les placettes 1, 2, 5 et 6 ont une nouvelle fois démontré la présence de plusieurs exuvies. 4 exuvies de Sympetrum strié (*Sympetrum sriolatum*) et 1 exuvie de Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) a été relevée sur la première placette. Sur la seconde placette, une exuvie de Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) a été retrouvée. La placette 5 a confirmé la reproduction de l'Aeshne mixte (*Aeshna mixta*) avec 1 exuvie, ainsi que celle du Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) avec 4 exuvies et celle du Sympetrum strié (*Sympetrum sriolatum*) avec 4 exuvies pour cette espèce. Enfin la placette 6 a montré que l'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*) se reproduit lui aussi sur le site avec la présence de 5 exuvies.

Situé sein des marais communaux de Mareuil-Caubert, la placette 13 a confirmé la reproduction de seulement une seule espèce lors de ce passage : le Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*) avec une exuvie retrouvée.

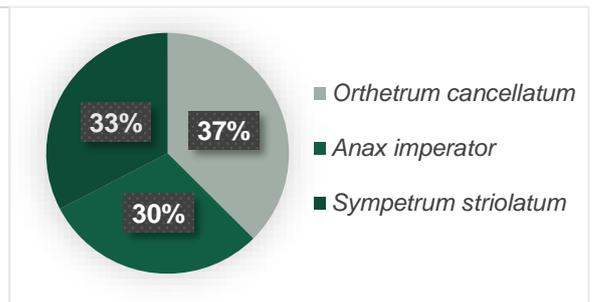
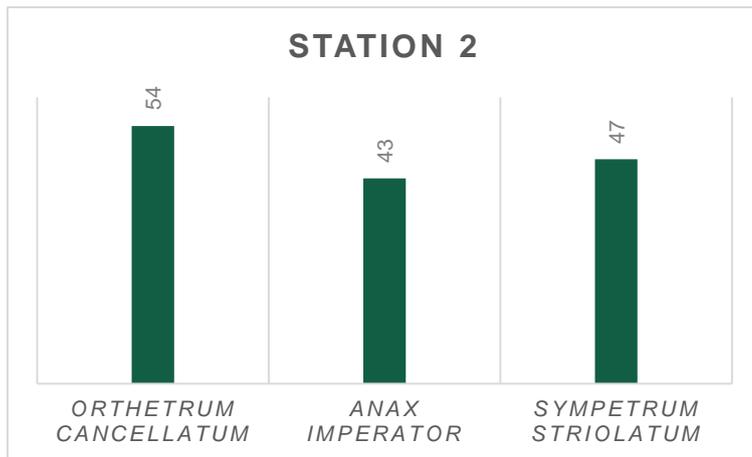
Se sont donc les mêmes espèces que celles de la 1^{ère} et de la 2^{ème} session d'inventaires qui viennent se reproduire sur les sites de l'Abbevillois. Aucune nouvelle espèce n'a été retrouvée lors de ces prospections.

IV. Récapitulatif des sessions d'inventaires

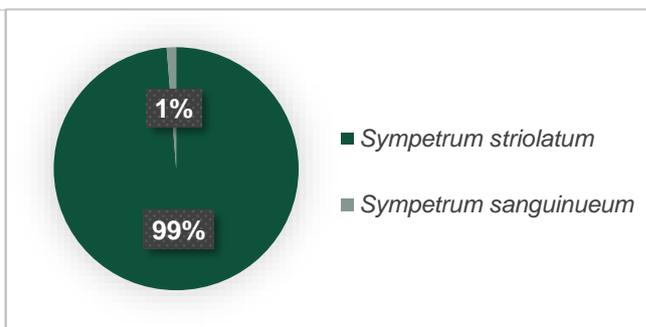
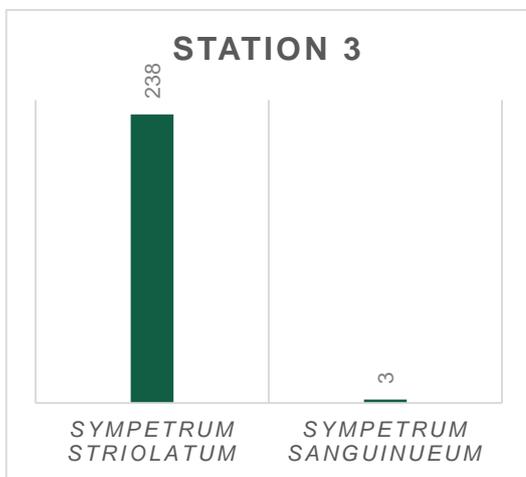
Pour chaque station, la totalité des données a permis de représenter graphiquement la richesse spécifique et l'abondance concernant les espèces se reproduisant sur chacune des différentes mares afin d'avoir un aperçu des stations accueillant des communautés plus grandes. Seules les placettes qui ont accueilli des Anisoptères ont été décrites, soit une totalité de 11 mares : les placettes n°1, n°2, n°3, n°4, n°5, n°6, n°7, n°8, n°11, n°13, n°14. Les stations n°9, n°10, n°12, n°15 n'ont donc pas été incluses dans ces représentations graphiques.



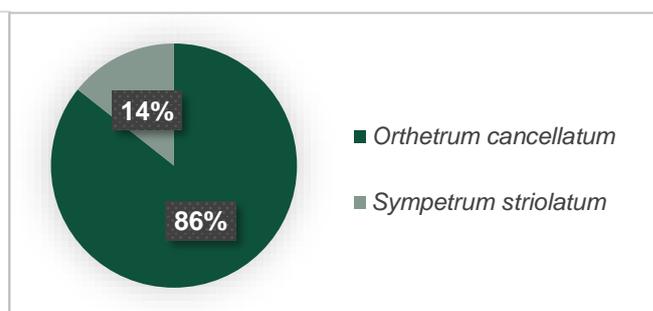
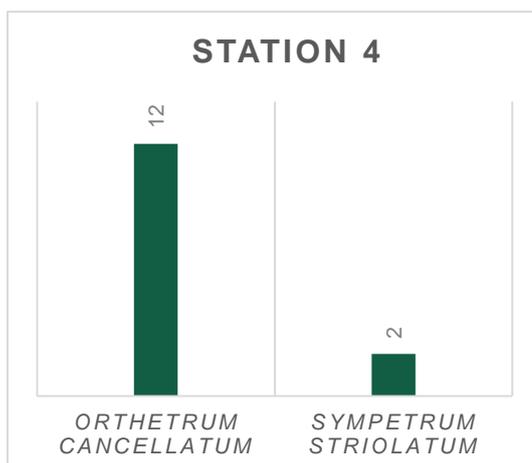
Cette placette a totalisé une richesse spécifique de 3 espèces se reproduisant sur site avec une abondance de 281 exuvies.



La 2nd station a prouvé le caractère indigène de 3 espèces différentes avec un total de de 144 exuvies présentes.

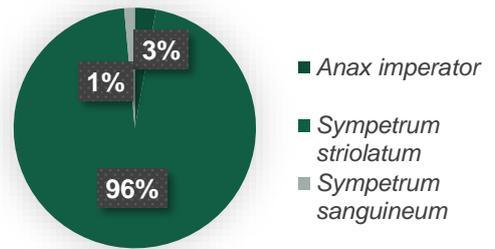
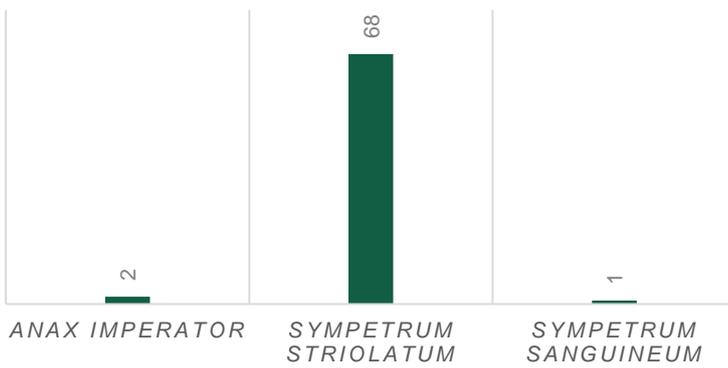


La mare a démontré que 2 espèces différentes y étaient autochtones. Elle totalise une abondance de 241 exuvies.



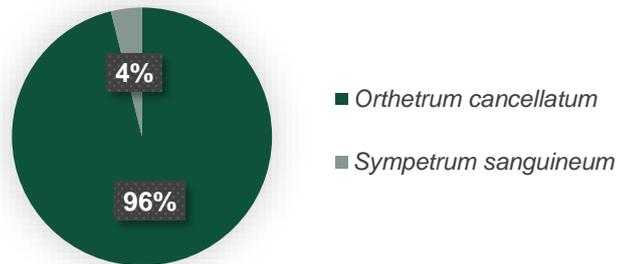
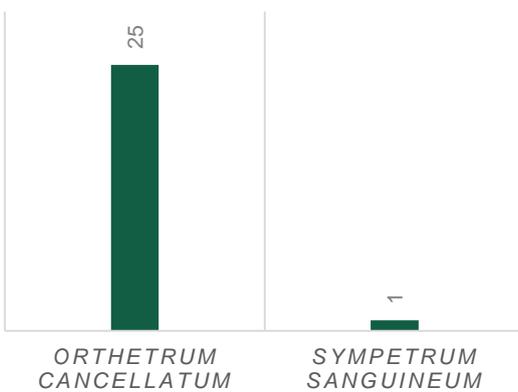
Ce site a permis d'identifier la reproduction certaines de 2 espèces avec un nombre total d'exuvies s'élevant à 14.

STATION 5



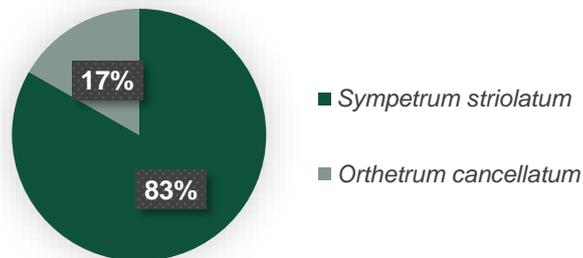
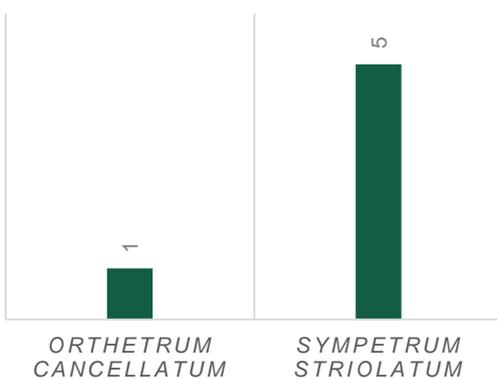
La station 5 a confirmé le caractère indigène de 3 espèces d'anisoptères avec 71 exuvies retrouvées en terme d'abondance.

STATION 6



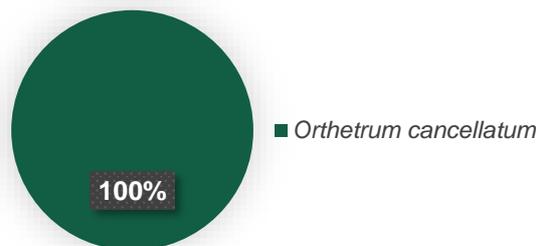
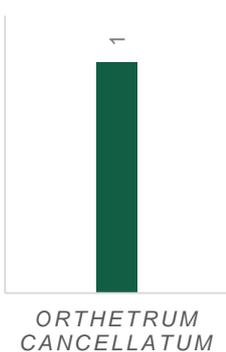
Cette placette a comptabilisé une richesse spécifique de 2 espèces se reproduisant *in-situ*. Ont été recensées en tout, 26 exuvies.

STATION 7



Cette mare a prouvé que de 2 espèces s'y reproduisent. Elle a une abondance de seulement 6 exuvies retrouvées.

STATION 8



L'étude montre qu'une seule espèce est indigène à la 8^{ème} station. Une seule exuvie a été inventoriée sur ce point d'eau.

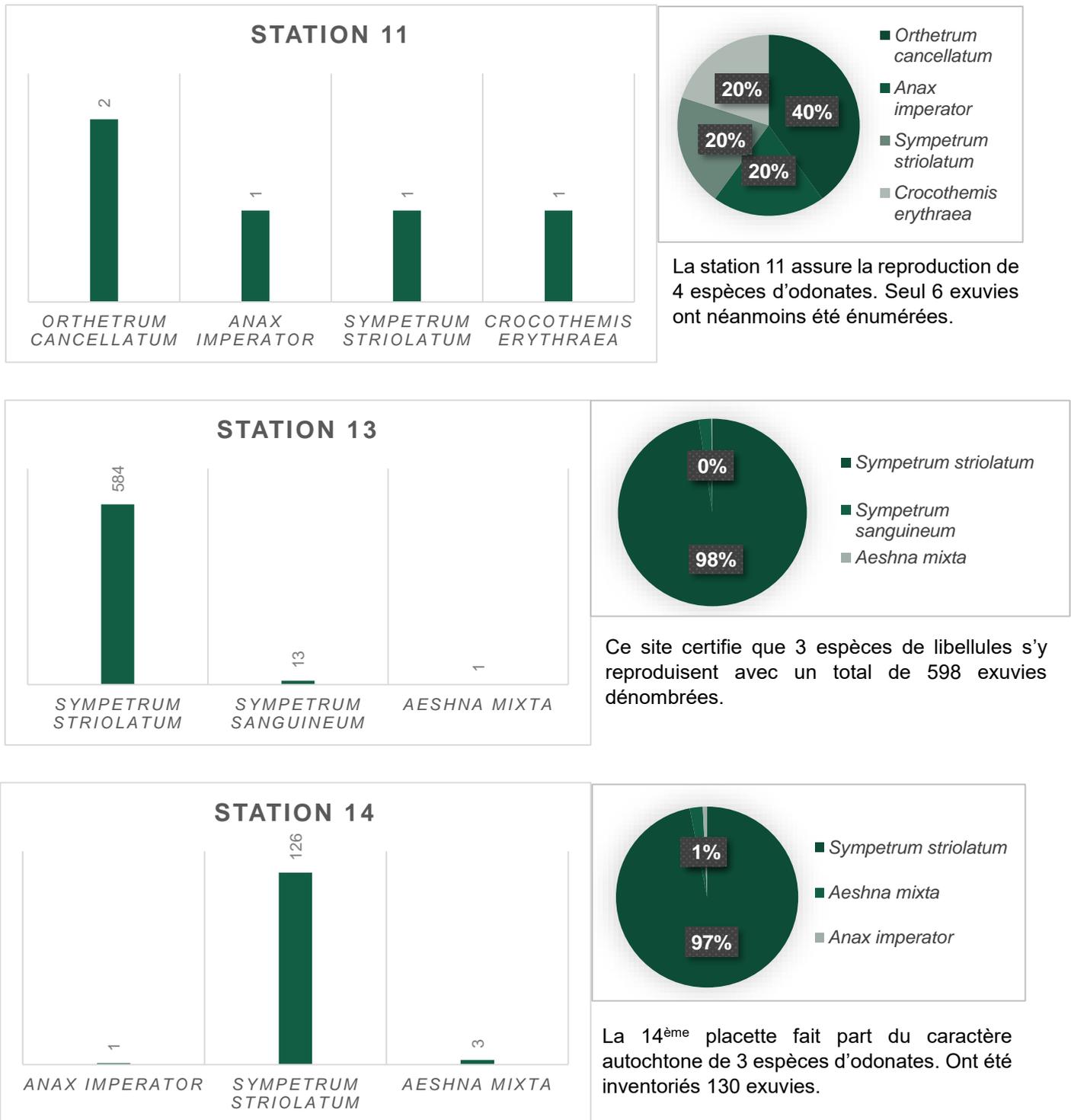


Figure 25 : Représentations graphiques de la diversité spécifique et de l'abondance en exuvies de chaque station échantillonnée. (Piron, 2023)

La récolte des exuvies sur l'Abbevillois a permis de montrer que les stations ont compilé entre 1 à 4 espèces d'anisoptères, avec majoritairement 2 à 3 espèces en.

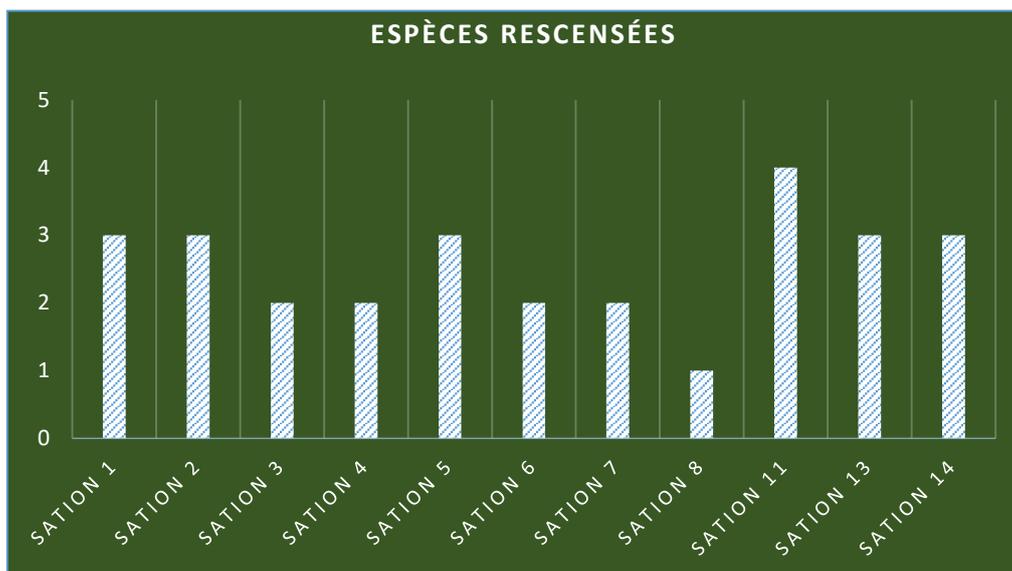


Figure 26 : Représentation graphique du nombre d'espèces recensées sur chacune des stations prospectées. (Piron, 2023)

Les stations 1, 2, 3 situées dans le marais d'Espagne-Epagnette, ainsi que les placettes 13 et 14 au sein des Marais communaux de Mareuil-Caubert ont obtenus une plus grande abondance en exuvies.

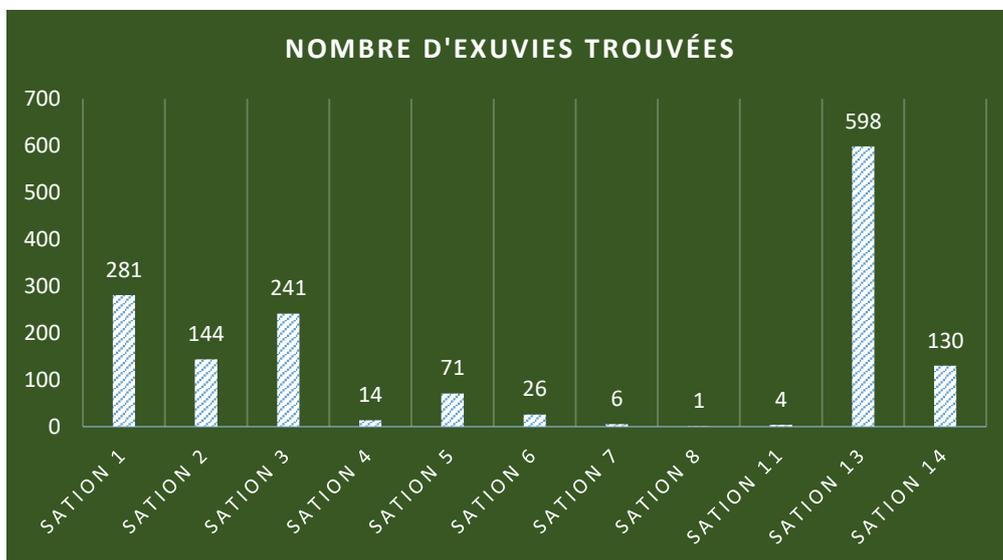


Figure 27 : Représentation graphique du nombre d'exuvies trouvées sur chacune des stations inventoriées. (Piron, 2023)

Certaines stations se détachent nettement d'autres au vu de cette abondance en exuvies. L'analyse statistique des variables environnementales des mares va être utile pour permettre d'expliquer tenter d'expliquer ces disparités et déterminer les paramètres influençant sur la richesse et l'abondance en exuvies.

V. Analyse statistique des variables

Les variables environnementales relatives aux placettes ont été récoltées le 26 et 27 juin 2023. Ces différentes informations se retrouvent en annexe 2 et ont été condensées dans un tableau récapitulatif (cf. annexe 3) afin d'être analysées. Le tableau récapitulatif (cf. annexe 3) a été utilisé pour réaliser toutes les analyses statistiques entre les variables.

Les placettes 9 et 10 ont été supprimées de l'analyse. Ces mares sont en effet entourées de tremblants tourbeux dans lesquels il est difficile d'évoluer, rendant la recherche d'exuvie délicate. L'absence d'exuvie observée lors de l'étude est donc biaisée par l'impossibilité d'avoir une qualité de prospection similaire aux autres mares. Elles ne peuvent donc pas rentrer dans l'analyse. De plus, les données sous forme de facteurs (contexte, activités sur la mare, présence de tremblants tourbeux, et degré de pente) n'ont pas pu être prises en compte dans l'analyse car seules les informations de types numériques ont pu être analysées dans les modèles codés.

I. Analyses préliminaires des corrélations entre les variables

Les fonctions *pairs(data)* et *corrplot(data)* ont été appliquées au jeu de données. Elles permettent la visualisation du graphique suivant. Pour rappel, dans cette représentation, la taille et la couleur des points sont utilisées pour indiquer le degré de corrélation entre les variables. Les points plus grands et bleus représentent une corrélation positive forte entre les variables, ce qui signifie que lorsque la valeur d'une variable augmente, l'autre variable tend également à augmenter. À l'inverse, les points plus grands et rouges indiquent une corrélation négative forte entre les variables, ce qui signifie que lorsque la valeur d'une variable augmente, l'autre variable tend à diminuer.

Ainsi, sont observées des corrélations positives entre la présence d'hydrophytes flottants, les herbiers hydrophytes, la couverture ligneuse et la couverture en eau libre lorsque la surface et le périmètre de la mare sont plus importants. Une corrélation négative de la surface et du périmètre de la mare sur les héliophytes des berges, est constatée. Ces deux variables n'ont en revanche pas d'influence sur les héliophytes des mares.

La présence d'héliophyte des mares n'a aucun impact sur la surface et le périmètre des mares. Elle est corrélée négativement avec toutes les autres variables : la couverture d'héliophyte sur les berges, la couverture d'hydrophytes flottants, les herbiers hydrophytes, la couverture ligneuse en m

o La couverture d'héliophytes sur les berges est corrélée négativement avec la surface, le périmètre de la mare, ainsi que la couverture en héliophytes des mares et celle des hydrophytes flottants. Une corrélation positive est légèrement observée sur la présence en herbier aquatique, la couverture ligneuse et la couverture en eau libre.

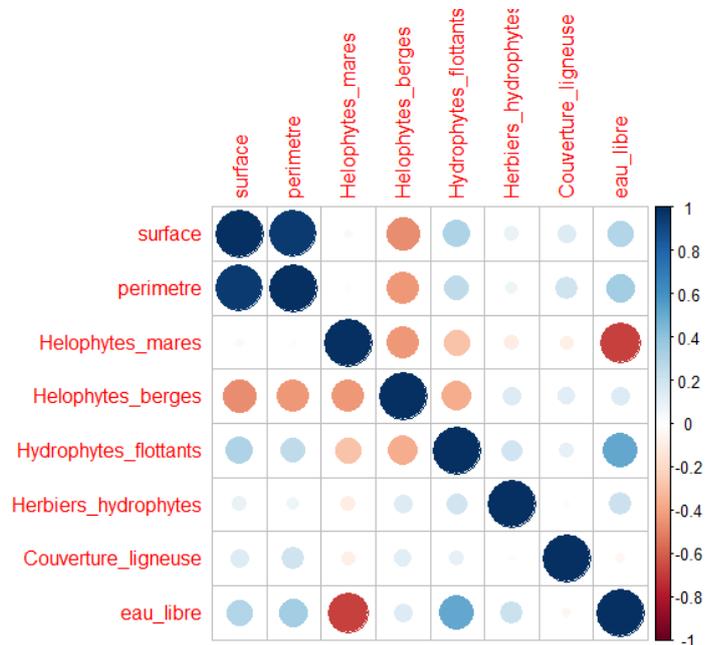


Figure 28 : Représentation graphique des corrélations entre les variables environnementales. (Piron E, 2023)

Les hydrophytes flottants sont corrélés négativement avec les héliophytes au sein de la mare ainsi que les héliophytes sur les berges. Une corrélation positive de la surface et du périmètre de la station, ainsi des autres paramètres environnementaux : la couverture en eau libre de la mare, la couverture ligneuse et la présence d'herbiers hydrophytes, est remarquée.

Les herbiers hydrophytes influent que très faiblement positivement sur toutes les données pour la surface, le périmètre, les héliophytes des berges et les hydrophytes flottantes, ainsi que l'eau libre. Ils n'ont pas de corrélation sur la couverture ligneuse.

La couverture ligneuse possède une faible corrélation sur la surface, le périmètre, ainsi que les héliophytes des berges, les hydrophytes flottantes en plus forte quantité. Elle n'a pas d'impact sur les herbiers hydrophytes ni sur la couverture en eau libre, et possède un léger impact négatif sur la couverture en héliophytes des mares.

Enfin, la présence en eau libre est corrélée positivement avec la surface, le périmètre de la mare, ainsi que la couverture en héliophytes des berges, en hydrophytes flottants et en herbiers hydrophytes. A l'inverse, une corrélation négative de l'eau libre sur la couverture en héliophyte est observée. La couverture en eau libre n'intervient pas sur la couverture ligneuse.

En conclusion, ce graphique montre qu'il y a de nombreuses corrélations entre les variables. Elles vont devoir être prises en compte pour la seconde analyse statistique afin que les conditions d'applications d'un GLM soient respectées.

II. Analyse statistique des clusters de mares

Comme évoqué dans la partie méthode, la fonction du *kmeans(data)* a été utilisée afin de décrire les éventuelles ressemblances entre les mares, ce qui permettra par la suite de faciliter l'analyse des données pour expliquer les différences d'abondance et de richesse spécifique au sein du peuplement d'anisoptères.

Il s'avère que deux groupes de mares se dégagent de l'analyse, expliquant 60% de la variance du jeu de données, ce qui est assez robuste (cf. fig. 29, total de Dim1 + Dim2). Les deux clusters se répartissent ainsi :

Un premier cluster regroupe les placettes avec une forte couverture en héliophytes dans la mare et sur les berges, ainsi qu'une faible proportion en hydrophyte flottants et en eau libre. Ces notions vont être développées en partie « discussions ».

Les stations 3, 7, 12, 14 et 15 appartiennent au cluster 1.

Un second cluster est associé à une plus faible couverture en héliophytes au sein des mares et sur les berges, mais une plus forte couverture en eau libre et une plus importante présence en hydrophytes flottants. De même que pour le cluster 1, ces variables vont être commentée en partie « discussion ». Les mares 1, 2, 4, 5, 6, 8 11, 13 appartiennent au cluster 2.

Dans ce modèle, les nombres inscrits n'ont pas de significations spécifiques, ils représentent seulement les lignes du fichier Excel (cf. annexe 3).

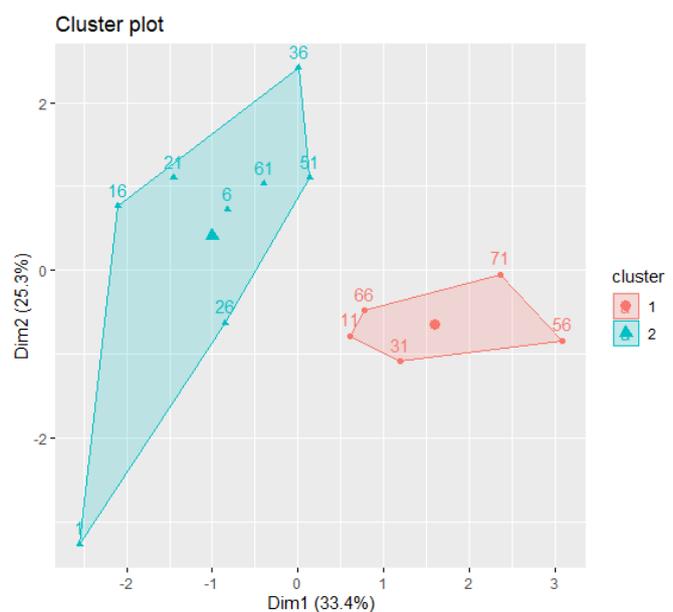


Figure 29 : Représentation graphique des clusters de mares. (Piron, 2023)

III. Analyse statistique des variables influant sur la richesse et l'abondance

Avant de débiter l'analyse, les variables ont été centrées réduites à l'aide de la fonction *scale*. Le principal avantage de la centration-réduction est de rendre comparables des variables qui ne le seraient pas directement parce qu'elles ont des moyennes et ou des variances trop différentes. Les modèles exposés ci-dessous respectent les conditions d'application d'un modèle linéaire.

L'idéal aurait été de construire un modèle statistique avec toutes les variables environnementales ensemble pour observer leur effet réuni sur les variables réponses « richesse » et « abondance ». Cependant, celles-ci ont dû être testées une par une sur la variable « richesse » puis sur la variable « abondance » car beaucoup étaient corrélées entre elles (cf. fig 28) et ne respectaient pas ainsi la condition d'application d'un GLM. Par ailleurs, le modèle manquait de force statistique pour une telle quantité de variables à analyser, le nombre d'observations dans l'échantillon de mares était trop faible.

Concernant l'abondance, les modèles présentent une hétéroscédasticité trop importante pour être exploité tel quel. Dans le contexte d'une régression, lorsque l'hétéroscédasticité est présente, cela signifie que les résidus du modèle ont des variances différentes pour toutes les observations. En d'autres termes, les erreurs sont plus ou moins dispersées dans l'échantillon. Cela peut être problématique car les tests statistiques et les intervalles de confiance associés aux coefficients de régression peuvent devenir moins fiables et biaisés. Sur ces variables a été appliqué une fonction logarithme. Le « log » transforme les données de l'abondance en données plus resserrées, autour de 0, afin d'obtenir un modèle exploitable.

La surface sur la richesse

Pour chaque variable, les résultats obtenus sont présentés ainsi sous le logiciel R (cf. annexe 4).

Un coefficient positif de **0.0005** est observé. Celui-ci est très faible mais indique que la surface a un effet qui augmente la richesse en

```
Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -1.5178931  0.5215216  -2.911  0.00361 **
surface      0.0004695  0.0001602   2.931  0.00337 **
```

exuvie sur la mare. La p-value, égale à **0.003** est significative, car elle est inférieure ou égale à 0.05. Cette dernière valeur est le seuil d'erreur pris classiquement en analyse statistique pour valider ou non un test.

L'augmentation de la surface a un effet positif sur la richesse en exuvie sur la mare. Cela est toutefois très léger avec un ce coefficient très faible.

Le périmètre sur la richesse

L'augmentation du périmètre de la mare affiche un effet positif sur la richesse avec un coefficient de **0.01** De plus, la p-value de **0.01** est aussi significative car elle est inférieure à 0.05. Cet effet reste là aussi toutefois très faible.

Les hélophytes des mares sur la richesse

Le coefficient des hélophytes sur les placettes est négatif et égale à **-0.27**. C'est-à-dire qu'une diminution en hélophytes se répercuterait à une richesse accrue. Cependant la p-value obtenu qui est de **0.23**, est strictement à 0.05.

Aucun effet significatif négatif n'est donc montré. Si la tendance est négative, l'effet n'est pas significatif. La présence en hélophytes n'a pas d'impact sur la richesse.

Les hélophytes des berges sur la richesse

La présence en hélophytes sur les berges possède un résultat similaire à la présence de ceux dans les mares. Bien que le coefficient de **-0.282** manifeste qu'avec une baisse en hélophytes, la richesse augmenterait, la p-value, de **0.25**, bien au-dessus de 0.05, marque que cette tendance n'a pas d'effet significatif.

La présence en hélophytes sur les berges n'a donc pas un impact de réduction de la richesse en exuvies sur les mares.

Les hydrophytes flottants sur la richesse

Les hydrophytes flottants dévoilent un coefficient positif de **0.407** sur le paramètre richesse. La p-value, égale à **0.37**, affirme néanmoins une valeur bien supérieure à 0.05. Elle n'est donc pas significative.

Malgré l'observation d'une tendance positive de la donnée des hydrophytes flottants sur la richesse, l'effet n'est pas significatif.

Les herbiers hydrophytes sur la richesse

Le coefficient affiche un résultat négatif de **-0.176** pour les herbiers hydrophytes. Par ailleurs, la p-value de **0.46**, montrant une conclusion supérieure à 0.05 n'est pas significative.

Le recouvrement en herbiers hydrophytes n'a donc pas un effet négatif significatif sur l'accroissement de la richesse.

La couverture ligneuse sur la richesse

Un coefficient négatif de **-0.31** est montré. C'est-à-dire qu'une couverture en ligneux devrait répondre à un abaissement de la richesse. Cependant, la p-value de **0.64**, supérieure à 0.05 ne montre pas d'effet significatif.

Leur réduction n'engendrait donc pas une augmentation significative de la richesse en exuvie malgré une tendance négative observée.

L'eau libre sur la richesse

Un coefficient positif de **0.2974** est observé. La couverture en eau répondrait donc à une augmentation de la richesse. Néanmoins, une p-value non significative égale à **0.108** est observé, elle ne marque donc pas un effet significatif.

Aucun effet significatif positif n'est donc présent, même si la tendance est positive. La richesse n'augmente pas avec l'eau libre.

La surface sur l'abondance

Il en est de même pour l'abondance. Pour chaque variables, les résultats obtenus sont présentés ainsi sous le logiciel Rstudio (cf. annexe 5).

Fixed effects: logAbondance ~ surface					
	value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	-0.007293684	0.22127399	52	-0.0329622	0.9738
surface	0.000247965	0.00008083	11	3.0677559	0.0107

Le coefficient positif de **0.0002**, très faible, signifie que la surface a un effet positif sur l'abondance. La p-value, égale à **0.01**, est significative car elle est bien inférieure à 0.05. La surface de la mare possède donc un impact positif significatif, elle augmente avec l'abondance.

Le périmètre sur l'abondance

Le périmètre affiche un coefficient positif de **0.004** c'est-à-dire qu'il augmente légèrement l'abondance. En outre, p-value de **0.02**, est aussi significative puisqu'elle donne un résultat bien inférieur à 0.05. La tendance du périmètre est favorable à l'abondance et sa p-value est significative. La mesure du périmètre a donc un impact sur cette variable.

Les hélophytes des mares sur l'abondance

Le coefficient de **-0.09** des hélophytes sur les placettes des mares est négatif. C'est-à-dire qu'une diminution en hélophytes amènerait à un accroissement de l'abondance en exuvie. Cependant, la p-value obtenu, qui équivaut à **0.56**, est strictement supérieur à 0.05. Elle n'est pas significative. La présence en hélophytes n'a donc pas d'impact sur l'abondance. Si la tendance est négative, l'effet n'est pas significatif.

Les hélophytes des berges sur la l'abondance

Les hélophytes des berges montrent un coefficient négatif de **-0.272**, ce qui signifie que leur présence réduirait l'abondance. Par ailleurs, la p-value, égale à **0.134** n'est pas significative, car elle est bien supérieure à 0.05.

Aucun effet significatif négatif n'est donc montré. Si la tendance est négative, l'effet n'est pas significatif. La présence en hélophytes n'a pas d'impact sur l'abondance.

Les hydrophytes flottants sur l'abondance

En ce qui concerne les hydrophytes flottants, ils dévoilent un coefficient positif et élevé de **0.34** sur la variable de l'abondance. La p-value affirme néanmoins une valeur bien supérieure à 0.05 puisque qu'elle s'élève à **0.2**, elle n'est donc pas significative.

Malgré l'observation d'une tendance positive de la couverture en hydrophytes flottants, l'effet n'est pas significatif. Leur présence n'augmente pas avec la richesse.

Les herbiers hydrophytes sur l'abondance

Le coefficient affiche un résultat négatif de **-0.13** au sujet de la couverture en herbiers hydrophytes. La p-value qui est égale à **0.39**, montrant une conclusion nettement supérieure à 0.05 n'est pas significative.

La diminution en herbiers hydrophytes n'a donc pas un effet négatif significatif sur l'augmentation de l'abondance en exuvie des mares.

La couverture ligneuse sur l'abondance

Ce paramètre indique un coefficient négatif de **-0.13**. La présence d'une strate ligneuse favoriserait donc une réduction de l'abondance. D'autre part, la p-value de **0.75**, supérieure à 0.05, n'expose pas d'effet significatif.

Leur réduction n'engendrait donc pas une augmentation significative de l'abondance en exuvie malgré une tendance négative observée.

L'eau libre sur l'abondance

Pour le recouvrement en eau, un coefficient positif de **0.080** est observé. La couverture en eau répondrait donc à une augmentation de la richesse. De surcroît, une p-value non significative de **0.52** est affichée, elle ne marque donc pas un effet significatif.

Aucun effet significatif positif n'est donc présent, même si la tendance constatée est positive. La richesse n'augmente pas avec l'eau libre.

L'analyse des GLM a été représentée graphiquement afin d'obtenir un aperçu de l'influence de toutes les variables réunies sur les variables réponses « richesse » et « abondance ». Le coefficient de chaque variable est le « a » d'une fonction affine $ax+b$, le « b » est l'ordonnée à l'origine (Intercept). Dans ces représentations, le choix de ne pas afficher la surface et le périmètre des mares a été fait. Au vu de leur coefficient extrêmement faible vis-à-vis des autres coefficients, leur visualisation aurait été insignifiante.

Richesse

Les droites croissantes sont associées aux influences des hydrophytes flottants (verte) et de la couverture en eau libre (violette) sur la variable réponse « richesse ». Malgré une p-value non significative, elles ont une tendance positive sur la richesse.

Les droites décroissantes sont une visualisation des hélophytes des mares (noire), des hélophytes des berges (rouge), des herbiers hydrophytes (bleue), et de la couverture ligneuse (cyan) sur la « richesse ». Malgré une p-value non significative, ces variables ont tendance à avoir un effet négatif sur la richesse.

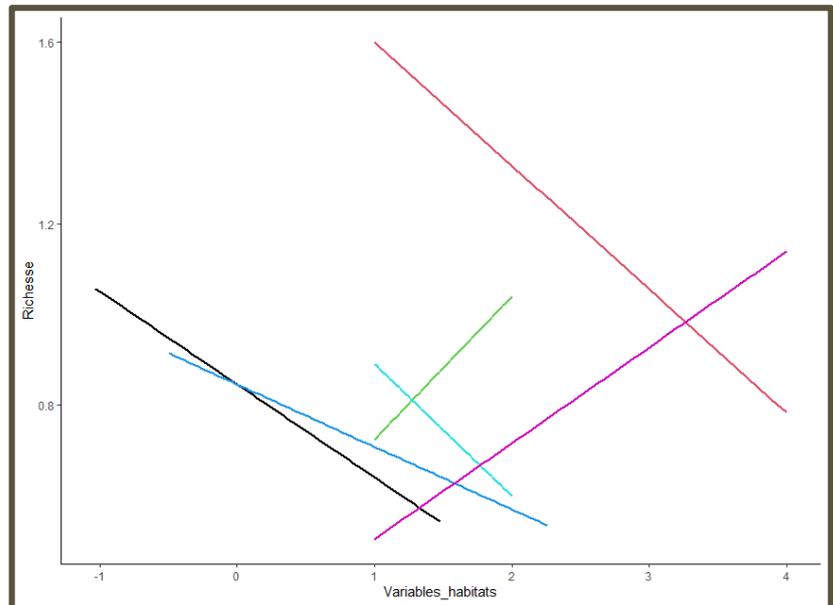
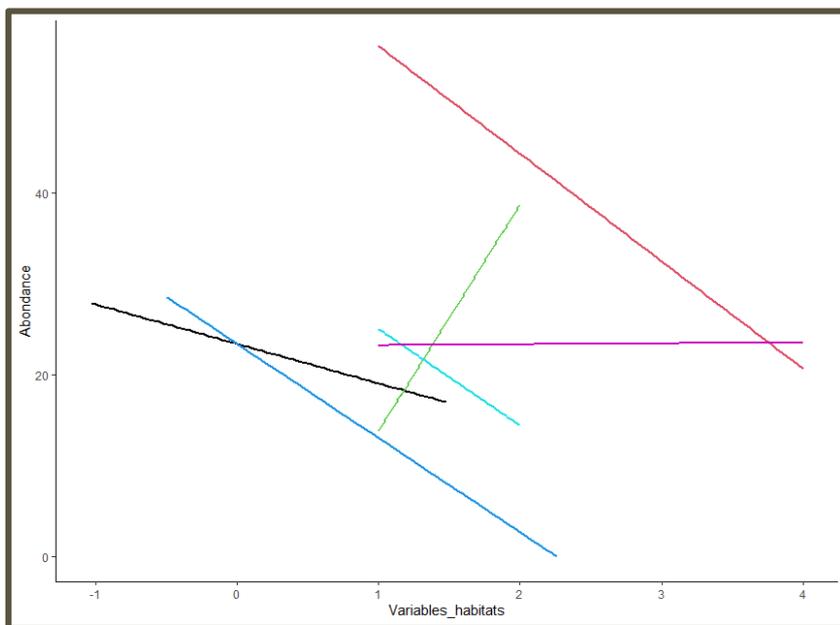


Figure 30 : Représentation graphique des différentes variables sur la variable réponse « richesse ». (Piron, 2023)

Abondance



Les droites croissantes sont associées aux influences des hydrophytes flottants (verte) et de la couverture en eau libre (violette) sur la variable réponse « abondance ». Malgré une p-value non significative, elles ont tendance à avoir un effet positif sur l'abondance.

Les droites décroissantes sont une visualisation des hélophytes des mares (noire), des hélophytes des berges (rouge), des herbiers hydrophytes (bleue), et de la couverture ligneuse (cyan) sur l'« abondance ». Malgré une p-value non significative, elles ont tendance à avoir un effet négatif sur l'abondance.

Figure 31 : Représentation graphique des différentes variables sur la variable réponse « abondance ». (Piron, 2023)

V- DISCUSSIONS

1. Discussion des résultats

I. Discussions sur les relevés

Les résultats ont montré que plusieurs espèces se reproduisent sur les marais et tourbières de l'Abbevillois. Même si la richesse spécifique n'est pas élevée, avec seulement 4 espèces au maximum pour un site et avec une moyenne de 2 à 3 exuvies par mare, c'est tout de même une bonne abondance en exuvies qui se retrouve sur les espèces inventoriées, notamment en *Sympetrum strié* (*Sympetrum striolatum*) et une bonne abondance en Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*). Ces taxons sont des espèces pionnières. Aucune exuvie d'espèces à enjeux n'a été relevée.

Cependant, lors de prospections odonatologiques réalisées en parallèles pour le plan de gestion, des suivis des imagos ont été effectués. Ceux-ci ont montré la présence de nombreuses autres espèces comme celles de la Libellule déprimé (*Libellula depressa*), Libellule fauve (*Libellula fulva*), Libellule à quatre tâches (*Libellula quadrimaculata*), Cordulie à corps fin (*Oxygastra curtisii*), Cordulie bronzée (*Cordulia aenea*), Aeschne printanière (*Brachytron pratense*), Aeschne isocèle (*Aeshna isoceles*), Gomphe joli (*Gomphus pulchellus*), Orthétrum brun (*Orthetrum brunneum*). Sur l'Abbevillois, *Oxygastra curtisii*, *Orthetrum brunneum* et *Aeshna isoceles* sont à enjeux en raison de leurs statuts d'évaluation, de protection et de menace plus important.

D'autre part, à l'échelle régionale, selon le Plan régional d'actions 2022-2031 déclinaison Hauts-de-France en faveur des libellules (Fierimonte & Vanappelghem, 2021) et selon la Liste Rouge des odonates de Picardie (Delasalle, Legris, et Monnet, 2017) d'autres taxons classés en danger pourraient prospérer dans ces milieux mais dont les exuvies et les imagos n'ont pas été trouvées. Il y a par exemple la Leucorrhine à gros thorax (*Leucorrhinia pectoralis*) qui affectionne les plans d'eau tourbeux (Gand & Boudot., 2006), classée en danger critique d'extinction, ou encore la Leucorrhine à large queue (*Leucorrhinia caudalis*), la Cordulie à tâches jaunes (*Somatochlora flavomaculata*), deux espèces qui s'acclimateraient parfaitement dans les marais et tourbières.

Or, en ce qui concerne tous ces anisoptères, aucune exuvie n'a été retrouvée. Est-ce que les exuvies n'ont pas été trouvées car la reproduction de ces libellules ne s'effectue pas dans les marais, ou est-ce que le protocole serait à revoir ? La méthode utilisée et le protocole mis en place était pourtant celui le mieux préconisé par la bibliographie. Il serait intéressant de se pencher sur ces questions à l'avenir pour améliorer la méthodologie.

II. Discussions sur l'analyse statistique

Concernant les regroupements de mares, l'ACP a montré que deux clusters ont pu être mis en évidence. Un premier avec les placettes 3, 7, 12, 14 et 15 et un second cluster avec les placettes 1, 2, 4, 5, 6, 8, 11, 13, 12.

A l'égard des variables relevées sur le terrain et du clustering suite à l'analyse statistique, il est constaté que la superficie de la mare ainsi que son périmètre ne définissent pas ces deux regroupements. Ces variables diffèrent en effet d'un plan d'eau à l'autre et n'ont donc pas d'impact. Ce sont surtout les paramètres relatifs aux couvertures végétales, et notamment les héliophytes et hydrophytes, ainsi que la couverture en eau qui sont similaires entre les mares du cluster 1 et semblables entre celles du cluster 2, déterminent ainsi les deux groupements de mares.

Au sujet du premier cluster, les variables analogues qui peuvent être mises en lumière sont une forte présence en hélophytes à la fois au sein de la mare ainsi que sur les berges. Cette couverture, principalement, composée de phragmites (*Phragmites australis*), à tendance à refermer le plan d'eau puisque que leur présence est corrélée avec une faible couverture en eau libre. Or, ce faible taux en eau limite considérablement le développement des larves qui doit être impérativement aquatique (Gand & Boudot., 2006). Les larves sont asphyxiées à l'air libre. D'autre part, ces hélophytes qui prennent le pas, ajouté à ce manque en eau, ne laissent pas la place aux hydrophytes, principalement du Plantain d'eau (*Alisma plantago-aquatica*), de se développer pour accueillir les larves et permettre leur émergence.

Dans ce premier cluster de mares, ce ne sont que très peu d'exuvies qui ont été trouvées, à l'exception de la mare 3 et 14 qui ont montré un taux en eau légèrement supérieure : entre 25 à 50% pour la 3^{ème} placette, et un taux de 0 à 25% pour la 14^{ème} station se rapprochant plus du 25% à dire d'experts. Aucune exuvie n'a été retrouvée sur les mares 12 et 15, et seulement 6 pour la 7^{ème}. Ce premier cluster de mares ne se profile pas comme être propice à la reproduction des odonates.

Concernant le second cluster, les paramètres présentant des similitudes entre les mares sont une faible à moyenne couverture en hélophytes dans les mares, pouvant permettre cette fois le développement d'hydrophytes en plus forte densité. Par ailleurs, ces mares montrent toutes un moyen à fort recouvrement en eau libre avec une majorité possédant une forte couverture. Ce fort taux en eau permet aux larves de prospérer dans le milieu et les hydrophytes bien présents donnent lieu à l'émergence des odonates sur leurs tiges (Gand & Boudot, 2006).

Au sein de toutes ces placettes ont été retrouvées des exuvies. Elles présentent une bonne diversité puisqu'elles regroupent toutes les espèces observées dans l'étude. Les mares 1, 2, 5 et 13 ont montré une forte abondance en exuvies avec respectivement 281, 144, 71 et 598 exuvies retrouvées *in-situ*. A propos des mares 4, 6, 8, 11, les exuvies obtenues sont présentes en moindre mesure, mais l'accès à ces sites a présenté un important biais. Les mares étaient envasées et la prospection fut délicate. Ce second cluster paraît plus avantageux au développement des larves.

En conclusion, sur ce clustering, les principaux éléments favorables à l'occurrence des exuvies sont un recouvrement en eau important avec une bonne densité en hydrophytes, bénéfiques à leur émergence (Gand & Boudot, 2006). Ces paramètres contribuent à effectuer le cycle complet de développement d'un odonate dont la reproduction, critère premier du caractère indigène d'une libellule.

L'étude statistique du GLM a permis d'analyser statistiquement l'influence de chaque variable sur les variables réponses « richesse » et « abondance ». Seules deux variables se sont avérées avoir un effet significatif, il s'agissait de la surface et du périmètre de la mare. Bien que leur p-value soient significatives, les coefficients affichent des tendances assez faibles. Ces deux paramètres possèdent donc un effet minime sur les deux variables réponses.

Au sujet des variables environnementales, les forts coefficients négatifs obtenus des hélophytes sur les mares ainsi que sur les berges, ont montré que ceux-ci sont corrélés avec une diminution de la richesse des taxons odonatologiques et de leur abondance. Cependant, au regard de leur p-value strictement supérieur à 0.05, même si leur tendance est défavorable aux exuvies, celle-ci n'est pas significative. La présence en herbiers en hydrophytes et d'une couverture ligneuse possède la même conjecture. Ces variables sont enclines à diminuer l'abondance et la richesse en exuvie sur les mares de l'Abbevillois, mais leur p-value n'est pas significative car relativement supérieur à 0.05. Pour obtenir des p-value inférieur à 0.05, une des hypothèses est que le modèle aurait dû être enrichi de relevés supplémentaires afin d'acquérir une puissance statistique plus importante. Les tendances observées auraient ainsi pu être validées. Cette analyse va tout de même dans le sens de l'étude des clusters : les variables présentant un coefficient négatif sur la richesse et l'abondance sont les mêmes que celle du cluster 1, c'est-à-dire celui en défaveur de l'occurrence en exuvies.

A l'inverse, pour ce qui est des hydrophytes flottants, leur fort coefficient positif montre qu'ils auraient une influence positive sur l'accroissement des variables réponses. Néanmoins, il en va de même pour la p-value de ces variables qui n'est pas significative puisqu'elle est supérieure à 0.05. Bien que leur tendance soit favorable, la présence de ces hydrophytes flottants n'a donc pas d'impact significatif. La couverture en eau libre représente aussi une variable positive sur la richesse et l'abondance des exuvies puisqu'elle indique un coefficient positif. Malheureusement, ce paramètre dévoile lui aussi une p-value qui est bien supérieur à 0.05 et n'est donc pas significatif. De même que pour les variables négatives, une force statistique accrue avec des relevés terrain complémentaires aurait potentiellement permis d'enrichir le modèle, et ainsi baisser la p-value afin de valider les tendances. Cette étude peut être mise en parallèle avec celle des clusters : les variables faisant augmenter les variables réponses « richesse » et « abondance » sont les mêmes que celle du cluster 2, c'est-à-dire celui possédant les variables faisant augmenter la présence en exuvies sur les mares.

En conclusion sur cette analyse, tout comme avec l'étude des clusters, les principaux éléments favorables à l'occurrence des exuvies, même s'ils ne sont pas significatifs dans cette étude en raison des p-value trop importante, seraient un recouvrement en eau important avec une bonne densité de la couverture en hydrophytes flottants, bénéfiques à l'émergence des odonates. Ces résultats donnent une piste mais ne permettent pas de répondre complètement à la problématique ni aux hypothèses de départ. Des effets significatifs auraient pu potentiellement être démontré sur ces variables si l'échantillonnage avait été plus important.

2. Pertinence de l'étude

Les données récoltées vont pouvoir garantir une amélioration des connaissances pour le Plan de gestion des marais et tourbières de l'Abbevillois, ainsi que pour le Programme life Anthropofens. Les derniers inventaires réalisés dataient de la production des derniers plans de gestion, cela remonte donc à 2010 pour le plan de gestion le plus ancien. De surcroît, à l'époque était principalement étudié le groupe des oiseaux, celui des libellules était sous-évalué. Il était important d'actualiser les données des odonates et de compléter ces données par un apport de connaissances au sujet l'autochtonie des libellules à ces sites. Aucune étude à l'échelle de la moyenne vallée de la Somme ou n'avait été réalisée afin de connaître le caractère indigène des espèces. Ce rapport apparait donc comme nécessaire par rapport aux données préexistantes.

L'analyse portant sur les paramètres environnementaux favorables au développement des odonates apporte une meilleure connaissance sur l'écologie de ce groupe taxonomique et sur les mares de l'Abbevillois. Aucune précédente étude non plus n'avait été réalisé sur de telles variables favorisant la reproduction des espèces dans la vallée de la Somme. Elle pourrait être transposée et servir aux autres mares qui sont nombreuses dans le département.

C'est donc une double pertinence qu'apporte ce rapport de stage à la fois sur l'apport de connaissances sur les espèces indigènes à l'Abbevillois mais aussi sur les habitats favorables à la reproduction des odonates sur des marais et tourbières alcalines.

3. Limite de l'étude

De nombreux biais peuvent être cités sur cette étude. Une première limite peut être émise sur la période et l'effort de prospection. Sur les sites de prospection, de nombreux adultes de Cordulie bronzée (*Cordulia aenea*), Aesche printanière (*Brachytron pratens*), Libellule déprimée (*Libellula depressa*) et Libellule fauve (*Libellula fulva*) ont été observés autour des mares. La période d'émergence de ces espèces pionnières commence dès le mois avril (Gand & Boudot, 2006). Aucune exuvie concernant ces odonates n'a été retrouvée sur l'Abbevillois. Les individus observés pouvaient provenir potentiellement d'autres sites, mais il est aussi possible que la période d'émergence de ces taxons ait été manquée. Pour un prochain inventaire, il serait judicieux de revoir le protocole en commençant les prospections plus tôt dans la saison et en ayant un effort d'inventorisation plus important afin d'avoir des résultats sur ces spécimens.

La météorologie critique du début de saison a aussi pu jouer en la défaveur pour la recherche de ces exuvies. Il est probable que les exuvies des espèces citées précédemment aient été emportées par la pluie et le vent. En effet avec ces conditions climatiques, les fragiles exuvies peuvent se décrocher de leur support ou se détériorer facilement (Boudot, Doucet & Grand, 2019). En général, tout au long de la saison, il y a eu beaucoup d'averses qui n'ont pas aidé à la conservation des exuvies sur les végétaux.

Un autre biais pouvant être mentionné repose sur le fait que plusieurs stations ont été réellement compliquées à prospecter en raison des tremblants tourbeux dangereux, empêchant l'accès aux berges. Les placettes 9 et 10 ont dû être supprimées des recherches pour cette raison. Pour d'autres stations, il s'est avéré impossible d'en faire le tour complet en raison de la végétation très dense. Les exuvies pouvaient aussi se trouver sur les herbiers aquatiques qui n'étaient pas accessibles à pieds.

En ce qui concerne les variables environnementales relevées, le choix de n'effectuer qu'un seul passage pour les prendre alors que la végétation change au cours de la saison pose question. Les paramètres des strates végétales ont été obtenus à un temps T mais au cours de la saison, le couvert végétal se densifie. Il aurait été intéressant de soumettre à l'étude ces variations dans la phénologie végétale. De même, plus l'été approche, plus la couverture en eau diminue. Certaines mares, à la fin de la saison, étaient presque atterrie, alors qu'en début des sessions de prospections, celles-ci étaient en eau. Cette partie du protocole serait donc à revoir.

A propos des analyses statistiques, tout d'abord, les variables sous forme de données non numériques (contexte, activités sur la mare, présence de tremblants tourbeux ou non, degré de la pente) n'ont pas pu être pris en compte dans l'analyse car seules les informations de types numériques ont pu être traitées dans les modèles statistiques utilisés. Ce sont des informations pertinentes qui auraient pu enrichir le modèle statistique si elles avaient été relevées ou converties différemment lors de la phase de terrain.

Une autre limite pouvant être mentionnée passe par le fait que le modèle manquait de force statistique. C'est un biais conséquent puisque pour la majorité des variables analysées dans les GLM, la p-value obtenue était largement supérieure à 0.05, les tendances observées n'étaient donc pas significatives et n'ont pas pu répondre pleinement à la problématique ni aux hypothèses du départ. Pour obtenir plus de puissance statistique, le modèle aurait pu être complété de relevées terrains plus conséquents. Avec 13 placettes utilisables pour l'analyse de données, le jeu de données est assez faible. En augmentant la taille de l'échantillon, il y aurait eu une amélioration de la capacité du modèle à révéler des relations significatives entre les variables étudiées, ce qui aurait renforcé la confiance dans les résultats et aurait permis de tirer des conclusions plus solides sur la validité des tendances observées. C'est aussi le temps restreint, de quelques mois seulement alloués à l'étude, qui a fait qu'il fut compliqué de passer du temps sur une éventuelle collecte d'informations complémentaires..

4. Perspectives envisagées

I. Améliorations des connaissances sur l'étude

Cette première étude réalisée sur les odonates au sein des tourbières et marais de l'Abbevillois a constitué un jalon essentiel dans la compréhension de la biodiversité de ces milieux en apportant des connaissances initiales sur les espèces fréquentant ces habitats et sur les variables environnementales qui favorisaient leur présence. Cependant, malgré ces recherches, il reste beaucoup à apprendre. Poursuivre cette démarche permettra d'approfondir les analyses pionnières déjà réalisées. Comme il a été mentionné dans la rubrique « pertinence de l'étude », la bibliographie effectuée en amont a mis en évidence un manque d'études sur le territoire, soulignant l'importance de combler ces lacunes par de telles analyses pour une meilleure prise en compte de ce taxon dans le futur. Une connaissance plus approfondie des odonates dans la région de l'Abbevillois aura des implications importantes pour leur conservation et leur gestion future.

En développant davantage ces recherches, il sera possible, non seulement de mieux comprendre comment les odonates interagissent avec leur environnement, mais également d'observer comment ils sont affectés par les changements climatiques, les perturbations anthropiques et la perte d'habitat. Ces informations seront d'une grande valeur pour élaborer des plans de gestion et de conservation efficaces visant à protéger les populations d'odonates et à préserver la diversité des écosystèmes dans lesquels ils évoluent *in-situ*. De plus, en continuant à approfondir les connaissances sur les espèces fréquentant ces milieux, il sera envisageable de mieux évaluer leur état de conservation et identifier les mesures nécessaires pour leur protection. Cette recherche aura également des retombées positives pour la sensibilisation du public et des acteurs locaux, en mettant en avant l'importance de ces espèces dans l'équilibre écologique et en encourageant des actions de conservation concrètes.

II. Améliorations du protocole sur l'étude

Pour garantir des résultats plus solides et une meilleure compréhension de l'écologie des odonates, il est essentiel d'améliorer le protocole de recherche. Quelques perspectives d'amélioration peuvent être à prévoir au niveau de la méthode de prélèvement des exuvies. Augmenter le nombre de placettes de prospection en choisissant un plus grand nombre de sites d'échantillonnage concourrait à obtenir davantage de relevés d'exuvies et de paramètres environnementaux, ce qui contribuerait à augmenter la puissance statistique de l'étude. Cela conduirait à une meilleure représentativité de la diversité des odonates et améliorerait la fiabilité des résultats.

Commencer le protocole plus tôt dans la saison, dès le début du printemps, à partir d'avril par exemple, serait un choix sans doute pertinent afin de capter les espèces émergentes dès le début du printemps qui n'ont pas été captés lors de ces passages. Cela permettrait potentiellement d'obtenir une image plus complète de la richesse et de l'abondance des espèces présentes dans les tourbières et marais de l'Abbevillois.

Par ailleurs, en étendant la durée de l'étude sur plusieurs années, il va être possible d'observer les fluctuations saisonnières et annuelles des populations d'odonates de cet écosystème. Cela permettrait de mieux comprendre les variations dans leur abondance et leur distribution, ainsi que les facteurs environnementaux qui pourraient influencer ces variations. Le suivi à long terme est particulièrement important pour étudier les écosystèmes fragiles tels que les tourbières et les marais, qui peuvent être sensibles aux changements environnementaux et aux perturbations. Par ailleurs, en observant ces écosystèmes sur une période prolongée, une meilleure évaluation de leur résilience et leur capacité à faire face aux défis futurs pourra être faite.

Afin de renforcer le modèle statistique, il serait bénéfique de collecter les variables de l'étude de manière plus fréquente, idéalement à intervalles réguliers, une fois par mois par exemple afin de voir leurs fluctuations dans le temps. Plusieurs autres paramètres environnementaux seraient judicieux à relever pour ajouter de la force statistique à l'analyse.

Il serait notamment intéressant d'effectuer des mesures complémentaires comme des mesures chimiques telles que le pH, la température de l'eau, la turbidité ou des mesures oxymétriques qui sont essentielles pour comprendre la qualité de l'eau et son impact sur la vie aquatique. Un faible niveau d'oxygène peut indiquer une mauvaise qualité de l'eau. Ce taux pourrait être un facteurs déterminants car les larves d'odonates sont présumées être sensibles à la pollution organique (Grand & Boudot, 2006). Enregistrer la température de l'eau de manière continue permettrait d'observer les variations saisonnières et leur influence sur le développement des larves. La turbidité de l'eau est un autre paramètre important à prendre en compte, car une eau trouble peut indiquer une mauvaise qualité de l'eau, ce qui pourrait être préjudiciable pour leur survie.

Par ailleurs, il serait pertinent de pendre la profondeur en eau plutôt que le recouvrement, cela donnerait des données en format numériques, plus fiables à analyser.

Outre les paramètres environnementaux, il serait intéressant d'étudier la disponibilité des ressources alimentaires et l'éventuelle compétition afin de voir si ces paramètres influencent la distribution des espèces.

III. Suivi et conservation pérenne des cortèges odonatologiques

En parallèle de cette étude il est important de rappeler que la mise en place d'un suivi régulier standardisé est plus que nécessaire au contrôle de l'évolution des populations, leur distribution et leur abondance. Pour qu'un suivi soit efficace il doit être réalisé sur le long terme avec la même pression de suivi.

Au-delà de ces différentes actions à poursuivre, les réponses à apporter passent nécessairement par un renforcement de la préservation des zones humides, qui forment le milieu de vie de ces espèces ainsi que de toute une faune et une flore riches et diversifiées. La principale mesure de conservation à prendre est celle visant à la fois à maintenir en bon état le milieu et à restaurer les habitats larvaires et de reproduction des odonates lorsqu'ils se dégradent.

L'étude a pu mettre en évidence plusieurs axes de gestion essentiels aux sites. Il est d'abord primordial de veiller à ce que les mares ne se referment pas. Une présence excessive en hélophytes dans la mare et sur les berges peut entraîner une réduction de l'eau libre disponible pour les odonates ainsi qu'une diminution de la végétation aquatique, importante aux odonates. Ce phénomène apparaît typiquement sur les mares à l'abandon, qui s'envase petit à petit. Les hélophytes colonisent ces mares à mesure que la hauteur d'eau diminue. L'existence d'une végétation ligneuse trop imposante autour des mares peut avoir le même effet. Il est donc important de gérer la densité de ces strates pour maintenir des zones ouvertes et des conditions favorables pour les odonates. Enfin, une gestion appropriée de l'irrigation est prépondérante pour maintenir un niveau d'eau adéquat dans les mares et assurer le cycle de développement aquatique des larves. En outre, un niveau suffisant est nécessaire pour permettre le développement de la couverture en hydrophytes flottants, fournissent des habitats de prédilection pour le repos et l'émergence larves.

Ces mesures de gestion passent majoritairement par des opérations de fauchage et de débroussaillage. Des curages ponctuels et localisés des mares peuvent également être préconisés. Il est toutefois important de ne jamais curer une mare d'un seul tenant sous peine de détruire l'entièreté de la faune qu'elle hébergeait. Il conviendra de mettre en place une surveillance de ces milieux, en mettant l'accent sur la surveillance du niveau des eaux dans les mares, pour se préserver d'une évolution néfaste sur les cortèges des odonates (Grand & Boudot, 2006).

V- CONCLUSION

En totalisant nos trois sessions de prospection, ce sont 90 exuvies d'Orthétrum réticulé (*Orthetrum cancellatum*), 47 d'Anax empereur (*Anax imperator*), 1340 de Sympétrum strié (*Sympetrum striolatum*), 25 de Sympetrum sanguin (*Sympetrum sanguineum*), 1 Crocothémis écarlate (*Crocothemis erythraea*), 6 Aesche mixte (*Aeshna mixta*) qui ont été inventoriées. Le fait de trouver ces exuvies permet de valider le caractère indigène de ces espèces aux marais et tourbières de l'Abbevillois et répond à la première problématique qui était de connaître les populations d'anisoptères autochtones aux sites. Ces relevés fournissent donc un aperçu de la richesse et l'abondance sur ces espèces *in-situ*. Il serait tout de même intéressant de compléter ces premières données par des prospections complémentaires pour les prochaines années, en prenant en compte les différentes limites observées sur l'étude afin de mettre en place des alternatives pour améliorer le protocole.

Pour répondre à la seconde partie de cette problématique qui visait à détecter les variables environnementales favorisant la présence en exuvie, et par ce biais de d'apprécier les préférences des espèces indigènes aux sites, deux analyses statistiques ont été réalisées. La première analyse, basée sur l'étude des clusters, a révélé que les principaux éléments favorables à l'occurrence des exuvies étaient un recouvrement en eau important ainsi qu'une bonne densité en hydrophytes, bénéfiques à leur émergence. Ces paramètres contribuent à effectuer le cycle complet de développement d'un odonate. La seconde analyse statistique a également identifié les principaux facteurs propices à l'occurrence des exuvies même si les résultats ne sont pas significatifs dans cette étude en raison des p-value trop importante. Ces paramètres rejoignent ceux obtenus dans le clustering, c'est-à-dire, un niveau en eau correct ajouté à une couverture en hydrophytes flottants importante. Ces résultats donnent une piste mais ne permettent pas de répondre complètement à la problématique ni de valider les hypothèses de départ. Ces analyses mériteraient elles aussi à être complétées afin de donner plus de force statistique au modèle et obtenir des résultats significatifs sur les préférences d'habitats des anisoptères. Cela passe par le choix de compléter l'étude par des relevés supplémentaires ainsi qu'une collecte d'informations complémentaires sur les variables.

Sur une conclusion plus personnelle, ce stage a permis d'acquérir des compétences solides en expertise naturalistes sur les groupes taxonomiques étudiés. Il a permis d'assimiler et de mettre en pratique plusieurs protocoles appris au cours de la formation, renforçant ainsi la compréhension de ces méthodologies. La collaboration avec des collègues expérimentés au sein d'un organisme tel qu'un Conservatoire d'espaces naturels a joué un rôle majeur dans l'obtention de ces connaissances, en contribuant de manière significative à une étude dont les retombées pourront servir à l'avenir. Cette recherche, présentée au travers de ce mémoire, a développé une grande rigueur scientifique, tant dans la recherche bibliographique, la rédaction, l'analyse de données, la production de cartographies. Elle a également établi de solides bases en biostatistiques en renforçant celles déjà acquises au cours de l'année scolaire. Ces notions contribueront grandement pour une poursuite en master en Biodiversité, Écologie et Évolution et à une insertion professionnelle future.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAM, D. (2016). Diagnostic écologique des parcelles du CELRL « Les Quarante » et « Etang Le Maçon » (Mareuil-Caubert – Somme). Conservatoire d'espaces naturels de Picardie. 37 p.
- ADAM, D. (2014). Diagnostic écologique des nouvelles parcelles du CELRL au Genoive (Mareuil-Caubert – Somme) – Conservatoire d'espaces naturels de Picardie. 20 p.
- ADAM, D., & BRUNEAU M. (2020). Diagnostic écologique des marais communaux de Mareuil-Caubert (Mareuil-Caubert – Somme) et préconisations de gestion. Conservatoire d'espaces naturels de Picardie. 58 p.
- ADAM, D., & CHEVALIER, G. (2013). Diagnostic écologique du marais Saint-Gilles et propositions de gestion (Abbeville – Somme) – Conservatoire d'espaces naturels de Picardie. 114 p.
- AMEVA: EPTB de la Somme. *Le bassin de la Somme, un territoire d'eau*. <https://www.ameva.org/fr>. Consulté le 26 juillet 2023 à l'adresse <https://www.ameva.org/fr/page/le-bassin-de-la-somme-un-territoire-deau-21>
- BATES, D., MACHLER, M., BOLKER, B., & WALKER, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- BENSETTITI, F., GAUDILLAT, V. & HAURY, J. (2002). « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides. MATE/MAP/ MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p.
- BLANC, L. (1992). Données spatio-temporelles en écologie et analyses multitableaux : examen d'une relation. Université Claude Bernard-Lyon I. 274 p.
- BOLAR, K. (2019) Interactive Document for Working with Basic Statistical Analysis.(Version 0.1.0). Consulté le 24 juillet 2023 à l'adresse <https://cran.r-project.org/web/packages/STAT/STAT.pdf>
- BOUDOT, J-P., DOUCET, G., & GRAND D. (2019). Cahier d'identification des Libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Edition Biotope. 151 p.
- BROCHARD, C., & VAN DER PLOEG, E. (2012). Fotogids Larvenhuidjes van Libellen, KNNV Uitgeverij. 320p.
- CHARMAN, D. J. (2002). Peatlands and environmental change. J. Wiley. 312 p.
- CHEVALLIER, G. (2011). La Lourde Queue (commune de Mareuil-Caubert ; Somme), Plan de gestion 2012-2016. Conservatoire d'espaces naturels de Picardie. 59 p.
- DELASALLE, J., LEGRIS, S. & MONNET, S. (2017). Liste rouge des odonates de Picardie. Picardie-Nature. 8p.
- ESCOFIER, B., & PAGES J. (1984), L'analyse factorielle multiple. Cahiers du Bureau universitaire de recherche opérationnelle. Série Recherche 42 : 3-68.
- FIERIMONTE, B., & VANAPPELGHEM C. (coord.) (2021). Plan régional d'actions Hauts-de-France en faveur des « libellules menacées » 2022-2031 - Agir pour la préservation des odonates menacés et de leurs habitats. Conservatoire d'espaces naturels Hauts-de-France & DREAL Hauts-de-France. 80 p.

- GRAND, D., & BOUDOT, J.P. (2006). Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Mèze, (Collection Parthénope). 480p.
- HELIE, C., CHEVALLIER G. (2010). Préservation et mise en valeur du marais d'Épagne-Épagnette. Plan de gestion 2012-2021. Conservatoire d'espaces naturels de Picardie. 94 p.
- HOUARD, X. (coord.), (2020). Plan national d'actions en faveur des « libellules » - Agir pour la préservation des odonates menacés et de leurs habitats 2020-2030. Office pour les insectes et leur environnement – DREAL Hauts-de-France - Ministère de la transition écologique. 66 p.
- IORIO, E., & LAGARDE, M. (2016). Deuxième année de suivi de la Cordulie métallique *Somatochlora metallica* (Vander Linden, 1825) dans l'étang ouest de l'Ermitage (Orne). Rapport GRECIA réalisé grâce aux financements de l'Europe (fonds FEADER), de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne et de l'Agence de l'eau Seine-Normandie, dans le cadre de la déclinaison régionale du PNAO. 19 p.
- IORIO, E. & NOËL, F. (2016). Première année de suivi de la Grande Aeshne *Aeshna grandis* (L., 1758) dans deux étangs du Perche (Orne). Rapport GRECIA réalisé grâce aux financements de l'Europe (fonds FEADER), de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne et de l'Agence de l'eau Seine-Normandie, dans le cadre de la déclinaison régionale du PNAO. 19 p.
- JOOSTEN, H., & CLARKE, D. (2002). « Wise use of mires and peatlands – Background and principles including a framework for decision-making ». International Mire Conservation Group / International Peat Society. 305 p.
- KASSAMBARA, A. (2020). Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. (Version 1.0.7). Consulté le 24 juillet à l'adresse <https://cran.r-project.org/web/packages/factoextra/factoextra.pdf>
- LIFE Anthropofens. *Les Tourbières des Hauts-de-France et de Wallonie*. <https://www.life-anthropofens.fr/> . Consulté le 27 juillet 2023 à l'adresse <https://www.life-anthropofens.fr/les-tourbieres/les-tourbieres-des-hauts-de-france-et-de-wallonie/>
- LEROY, S., & CHEVALIER G. (2012). Marais Duno (Bray-lès-Mareuil, Somme) – Plan de gestion 2013-2017. Conservatoire d'espaces naturels de Picardie. 91 p
- MEIRE, G. (2011). Diagnostic écologique et perspectives de gestion et de valorisation du marais communal d'Eaucourt-sur-Somme. Conservatoire d'espaces naturels Picardie. 21 p.
- MNHN & OFB [Ed]. (2003-2023). Fiche de *Anax imperator* Leach, 1815. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN).
- MNHN & OFB [Ed]. (2003-2023). Fiche de *Orthetrum cancellatum* (Linnaeus, 1758). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN).
- MNHN & OFB [Ed]. (2003-2023). Fiche de *Sympetrum striolatum* (Charpentier, 1840). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN).
- MNHN & OFB [Ed]. (2003-2023). Fiche de *Sympetrum sanguineum* (O.F. Müller, 1764). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN).
- MNHN & OFB [Ed]. (2003-2023). Fiche de *Crocothemis erythraea* (Brullé, 1832). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN).
- MNHN & OFB [Ed]. (2003-2023). Fiche de *Aeshna mixta* Latreille, 1805. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN).

- RAEBEL, E. M., MERCKX, T., RIORDAN, P., MACDONALD, D. W., & THOMPSON, D. J. (2010). The dragonfly delusion : Why it is essential to sample exuviae to avoid biased surveys. *Journal of Insect Conservation*. 14(5), 523-533.
- TERMAAT, T., VAN STRIEN, A., VAN GRUNSVEN, R., DE KNIJF, G., BJELKE, U., BURBACH, K., CONZE, K.-J., GOFFART, P., HEPPEL, D., KALKMAN, V., MOTTE, G., PRINS, M., PRUNIER, F. & SPARROW, D., TOP, G., VANAPPELGHEM, C., WINTERHOLLER, M., & WALLISDEVRIES, M., (2019). Distribution trends of European dragonflies under climate change. *Diversity and Distributions*. 1-15.
- UICN France, MNHN, OPIE & SFO. (2016). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Libellules de France métropolitaine. Paris, France. 5 p.
- VANAPPELGHEM, C., & QUEVILLART, R. (2013). Émergence d'*Epiheca bimaculata* sur les étangs de la Forge à Glageon (Nord) (Odonata : Corduliidae). *Martinia*, Tome 29, fascicule 2.
- WEI, T. & SIMKOR, V. (2021). R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix. (Version 0.92). Consulté le 24 juillet 2023 à l'adresse <https://github.com/taiyun/corrplot>.
- ZUUR, F., IENO, E., WALKER, N., SAVALIEV, A., SMITH, G. (2009). *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer. DOI 10.1007/978-0-387-87458-6. 580 p.

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de renseignements utilisée pour collecter les données.

Annexe 2 : Informations collectées sur les différentes stations.

Annexe 3 : Tableau condensé des données récoltées sur les différentes stations.

Annexe 4 : Effets des variables sur la richesse.

Annexe 5 : Effets des variables sur l'abondance.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de renseignements utilisée pour collecter les données.

Fiche de relevés Odonates

Numéro de la placette : Nom de l'observateur : Date :	Surface de la mare : Périmètre de la mare :
---	--

Variables à relever :

Contexte de la parcelle : *prairie pastorale* *prairie de fauche* *croissance libre*

% de la couverture en hélophytes des mares (Phragmite, Iris, Carex...) :
 0 à 25% 25 à 50 % 50 à 75% 75 à 100%

% de la couverture en hélophytes des berges :
 0 à 25% 25 à 50 % 50 à 75% 75 à 100%

% de la couverture en hydrophytes des mares (Plantes aquatiques) :
 0 à 25% 25 à 50 % 50 à 75% 75 à 100%

% d'herbiers hydrophytes flottants (Nénuphars...) :
 0 à 25% 25 à 50 % 50 à 75% 75 à 100%

% de la couverture ligneuse des berges :
 0 à 25% 25 à 50 % 50 à 75% 75 à 100%

% du recouvrement de la mare en eau :
 0 à 25% 25 à 50 % 50 à 75% 75 à 100%

Définition de la pente : *abrupte* *douce*

Présence tremblants tourbeux : *oui* *non*

Activité(s) sur la mare (mare de chasse/pêche active ou non active) :

Informations complémentaires :

Annexe 2 : Informations collectées sur les différentes stations.

Station 1 :

- Surface de la mare : 4570m²
- Périmètre de la mare : 280m
- Contexte de la parcelle : prairie pastorale
- % de la couverture en hélophytes : 75 à 100%
- % de la couverture en hélophytes des berges : 0 à 25 %
- % de la couverture en hydrophytes : 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 25 à 50%
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 25 à 50%
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : non
- Activité sur la mare : hutte de chasse



Station 2 :

- Surface de la mare : 3180m²
- Périmètre de la mare : 239m
- Contexte de la parcelle : fauche annuelle
- % de la couverture en hélophytes : 0 à 25 %
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 75 à 100%
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : non
- Activité sur la mare : hutte de chasse



Station 3 :

- Surface de la mare : 1872m²
- Périmètre de la mare : 203m
- Contexte de la parcelle : fauche annuelle
- % de la couverture en hélophytes : 50 à 75 %
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 25 à 50%
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : non
- Activité sur la mare : hutte de chasse



Mare 4 :

- Surface de la mare : 3400m²
- Périmètre de la mare : 254m
- Contexte de la parcelle : fauche ponctuelle
- % de la couverture en hélophytes : 25 à 50%
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 25 à 50%
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 25 à 50%
- % de la couverture ligneuse des berges : 25 à 50%
- % du recouvrement de la mare en eau : 75 à 100%
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : non
- Activité sur la mare : hutte de chasse



Mare 5 :

- Surface de la mare : 3665m²
- Périmètre de la mare : 196m
- Contexte de la parcelle : fauche ponctuelle
- % de la couverture en hélophytes : 0 à 25 %
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 25 à 50%
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 75 à 100%
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : non
- Activité sur la mare : photographie



Mare 6 :

- Surface de la mare : 4270m²
- Périmètre de la mare : 252m
- Contexte de la parcelle : fauche annuelle
- % de la couverture en hélophytes : 50 à 75%
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 75 à 100%
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 25 à 50%
- Définition de la pente : abrupte
- Présence tremblants tourbeux : non
- Activité sur la mare : hutte de chasse



Mare 7 :

- Surface de la mare : 1820m²
- Périmètre de la mare : 169m
- Contexte de la parcelle : croissance libre
- % de la couverture en hélophytes : 75 à 100%
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 25 à 50%
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : oui
- Activité sur la mare : aucune



Mare 8 :

- Surface de la mare : 724m²
- Périmètre de la mare : 109m
- Contexte de la parcelle : croissance libre
- % de la couverture en hélophytes : 0 à 25 %
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 25 à 50%
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 75 à 100%
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 75 à 100%
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : oui
- Activité sur la mare : aucune



Mare 9 :

- Surface de la mare : 3425m²
- Périmètre de la mare : 241m
- Contexte de la parcelle : fauche ponctuelle
- % de la couverture en hélophytes : 0 à 25 %
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 50 à 75%
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 75 à 100%
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 75 à 100%
- Définition de la pente : abrupte
- Présence tremblants tourbeux : oui
- Activité sur la mare : hutte de chasse



Mare 10 :

- Surface de la mare : 150m²
- Périmètre de la mare : 90m
- Contexte de la parcelle : croissance libre
- % de la couverture en hélophytes : 25 à 50%
- % de la couverture en hélophytes des berges : 25 à 50%
- % de la couverture en hydrophytes : 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 50 à 75%
- % du recouvrement de la mare en eau : 75 à 100%
- Définition de la pente : abrupte
- Présence tremblants tourbeux : oui
- Activité sur la mare : aucune



Mare 11 :

- Surface de la mare : 2000m²
- Périmètre de la mare : 174m
- Contexte de la parcelle : fauche annuelle
- % de la couverture en hélophytes : 0 à 25 %
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 75 à 100%
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : non
- Activité sur la mare : hutte de chasse



Mare 12 :

- Surface de la mare : 53m²
- Périmètre de la mare : 51m
- Contexte de la parcelle : fauche annuelle
- % de la couverture en hélophytes : 75 à 100%
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 0 à 25 %
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : oui
- Activité sur la mare : aucune



Mare 13 :

- Surface de la mare : 2136m²
- Périmètre de la mare : 173m
- Contexte de la parcelle : prairie pastorale
- % de la couverture en hélophytes : 0 à 25 %
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 25 à 50%
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 50 à 75%
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : oui
- Activité sur la mare : hutte de chasse



Mare 14 :

- Surface de la mare : 2250m²
- Périmètre de la mare : 172m
- Contexte de la parcelle : fauche poncutelle
- % de la couverture en hélophytes : 25 à 50%
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 25 à 50%
- % du recouvrement de la mare en eau : 0 à 25 %
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : oui
- Activité sur la mare : hutte de chasse



Mare 15 :

- Surface de la mare : 478m²
- Périmètre de la mare : 92m
- Contexte de la parcelle : prairie pastorale
- % de la couverture en hélophytes : 25 à 50%
- % de la couverture en hélophytes des berges : 75 à 100%
- % de la couverture en hydrophytes : 0 à 25 %
- % d'herbiers hydrophytes flottants : 0 à 25 %
- % de la couverture ligneuse des berges : 0 à 25 %
- % du recouvrement de la mare en eau : 0 à 25 %
- Définition de la pente : douce
- Présence tremblants tourbeux : non
- Activité sur la mare :



Annexe 3 : Tableau condensé des données récoltées sur les différentes stations.

Mois	Date	Surface	perimetre	contexte	Helophytes_mares	Helophytes_berges	Hydrophytes_floetants	Herbiers_hydrophytes	Couverture_lignouse	eau_libre	Pénis	Tremblants	Activités	Richesse	Abondance	Ombretum_camel	Anax_impai	Sympetrum_situla	Sympetrum_sanguin	Crocothemis	Ephesma_nivka
1	24/05/2023	4570	280	prairie pastorale	4	1	2	1	1	2	4	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
2	12/06/2023	4570	280	prairie pastorale	4	1	2	1	1	2	2	non	Hutte chasse	1	91	0	0	0	0	0	0
3	26/06/2023	4570	280	prairie pastorale	4	1	2	1	1	2	2	non	Hutte chasse	2	84	0	0	0	0	0	0
4	10/07/2023	4570	280	prairie pastorale	4	1	2	1	1	2	2	non	Hutte chasse	3	101	0	0	0	0	0	0
5	19/07/2023	4570	280	prairie pastorale	4	1	2	1	1	2	2	non	Hutte chasse	2	5	0	0	0	0	0	0
6	24/05/2023	3180	239	fauche annuelle	1	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	2	25	0	0	0	0	0	0
7	12/06/2023	3180	239	fauche annuelle	4	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	3	65	41	18	6	0	0	0
8	26/06/2023	3180	239	fauche annuelle	1	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	3	28	11	2	15	0	0	0
9	10/07/2023	3180	239	fauche annuelle	1	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	1	25	0	0	0	0	0	0
10	19/07/2023	3180	239	fauche annuelle	1	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	1	1	0	0	0	0	0	0
11	26/05/2023	2347	203	fauche annuelle	3	4	1	1	1	2	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
12	13/06/2023	2347	203	fauche annuelle	3	4	1	1	1	2	2	non	Hutte chasse	2	236	0	0	0	0	0	0
13	26/06/2023	2347	203	fauche annuelle	3	4	1	1	1	2	2	non	Hutte chasse	1	5	0	0	0	0	0	0
14	10/07/2023	2347	203	fauche annuelle	3	4	1	1	1	2	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
15	19/07/2023	2347	203	fauche annuelle	3	4	1	1	1	2	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
16	24/05/2023	3400	254	fauche ponctuelle	2	4	2	2	2	4	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
17	13/06/2023	3400	254	fauche ponctuelle	2	4	2	2	2	4	2	non	Hutte chasse	2	14	12	0	0	0	0	0
18	26/06/2023	3400	254	fauche ponctuelle	2	4	2	2	2	4	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
19	10/07/2023	3400	254	fauche ponctuelle	2	4	2	2	2	4	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
20	19/07/2023	3400	254	fauche ponctuelle	2	4	2	2	2	4	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
21	24/05/2023	3665	196	fauche ponctuelle	1	4	2	2	1	4	2	non	Photographe	0	0	0	0	0	0	0	0
22	12/06/2023	3665	196	fauche ponctuelle	1	4	2	1	1	4	2	non	Photographe	1	18	0	0	0	0	0	0
23	26/06/2023	3665	196	fauche ponctuelle	1	4	2	1	1	4	2	non	Photographe	2	29	0	2	27	0	0	0
24	10/07/2023	3665	196	fauche ponctuelle	1	4	2	1	1	4	2	non	Photographe	1	7	0	0	0	0	0	0
25	19/07/2023	3665	196	fauche ponctuelle	1	4	2	1	1	4	2	non	Photographe	3	21	0	0	0	0	0	0
26	24/05/2023	4270	252	fauche annuelle	3	4	1	4	1	2	2	non	Hutte chasse	1	5	5	0	0	0	0	0
27	12/06/2023	4270	252	fauche annuelle	3	4	1	1	1	2	2	non	Hutte chasse	1	1	1	0	0	0	0	0
28	26/06/2023	4270	252	fauche annuelle	3	4	1	1	1	2	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
29	11/07/2023	4270	252	fauche annuelle	3	4	1	1	1	2	2	non	Hutte chasse	2	15	0	0	0	0	0	0
30	19/07/2023	4270	252	fauche annuelle	3	4	1	1	1	2	2	non	Hutte chasse	1	5	0	0	0	0	0	0
31	24/05/2023	1820	169	croissance libre	4	4	1	1	1	2	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
32	12/06/2023	1820	169	croissance libre	4	4	1	1	1	2	2	oui	Aucune	2	6	1	0	0	0	0	0
33	26/06/2023	1820	169	croissance libre	4	4	1	1	1	2	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
34	11/07/2023	1820	169	croissance libre	4	4	1	1	1	2	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
35	19/07/2023	1820	169	croissance libre	4	4	1	1	1	2	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
36	23/05/2023	724	109	croissance libre	1	4	2	4	1	4	2	oui	Aucune	1	1	1	0	0	0	0	0
37	13/06/2023	724	109	croissance libre	1	4	2	4	1	4	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
38	29/06/2023	724	109	croissance libre	1	4	2	4	1	4	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
39	11/07/2023	724	109	croissance libre	1	4	2	4	1	4	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
40	19/07/2023	724	109	croissance libre	1	4	2	4	1	4	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
41	24/05/2023	3425	241	fauche ponctuelle	1	4	3	4	1	4	2	oui	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
42	12/06/2023	3425	241	fauche ponctuelle	1	4	3	4	1	4	2	oui	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
43	26/06/2023	3425	241	fauche ponctuelle	1	4	3	4	1	4	2	oui	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
44	11/07/2023	3425	241	fauche ponctuelle	1	4	3	4	1	4	2	oui	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
45	19/07/2023	3425	241	fauche ponctuelle	1	4	3	4	1	4	2	oui	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
46	26/05/2023	150	90	croissance libre	2	2	1	1	3	4	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
47	14/06/2023	150	90	croissance libre	2	2	1	1	3	4	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
48	29/06/2023	150	90	croissance libre	2	2	1	1	3	4	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
49	11/07/2023	150	90	croissance libre	2	2	1	1	3	4	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
50	19/07/2023	150	90	croissance libre	2	2	1	1	3	4	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
51	24/05/2023	2000	174	fauche annuelle	1	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	1	1	1	0	0	0	0	0
52	12/06/2023	2000	174	fauche annuelle	1	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	4	4	1	1	1	0	0	0
53	26/06/2023	2000	174	fauche annuelle	1	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
54	10/07/2023	2000	174	fauche annuelle	1	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
55	19/07/2023	2000	174	fauche annuelle	1	4	1	1	1	4	2	non	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
56	24/05/2023	53	51	fauche annuelle	4	4	1	1	1	1	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
57	14/06/2023	53	51	fauche annuelle	4	4	1	1	1	1	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
58	28/06/2023	53	51	fauche annuelle	4	4	1	1	1	1	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
59	10/07/2023	53	51	fauche annuelle	4	4	1	1	1	1	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
60	19/07/2023	53	51	fauche annuelle	4	4	1	1	1	1	2	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
61	24/05/2023	2136	173	prairie pastorale	1	4	2	1	1	3	2	oui	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
62	14/06/2023	2136	173	prairie pastorale	1	4	2	1	1	3	2	oui	Hutte chasse	2	441	0	0	0	0	0	0
63	29/06/2023	2136	173	prairie pastorale	1	4	2	1	1	3	2	oui	Hutte chasse	3	111	0	0	0	0	0	0
64	10/07/2023	2136	173	prairie pastorale	1	4	2	1	1	3	2	oui	Hutte chasse	2	45	0	0	0	0	0	0
65	19/07/2023	2136	173	prairie pastorale	1	4	2	1	1	3	2	oui	Hutte chasse	1	1	0	0	0	0	0	0
66	24/05/2023	2250	172	fauche ponctuelle	2	4	1	1	1	1	2	oui	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
67	14/06/2023	2250	172	fauche ponctuelle	2	4	1	1	1	1	2	oui	Hutte chasse	2	95	0	1	94	0	0	0
68	29/06/2023	2250	172	fauche ponctuelle	2	4	1	1	1	1	2	oui	Hutte chasse	2	35	0	0	32	0	0	0
69	10/07/2023	2250	172	fauche ponctuelle	2	4	1	1	1	1	2	oui	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
70	19/07/2023	2250	172	fauche ponctuelle	2	4	1	1	1	1	2	oui	Hutte chasse	0	0	0	0	0	0	0	0
71	25/05/2023	478	92	prairie pastorale	2	4	1	1	1	1	1	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
72	12/06/2023	478	92	prairie pastorale	2	4	1	1	1	1	1	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
73	26/06/2023	478	92	prairie pastorale	2	4	1	1	1	1	1	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
74	10/07/2023	478	92	prairie pastorale	2	4	1	1	1	1	1	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0
75	19/07/2023	478	92	prairie pastorale	2	4	1	1	1	1	1	oui	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0

Élise Piron

État des populations indigènes des Anisoptères au sein d'un réseau de marais et de tourbières dans le département de la Somme

Annexe 4 : Effets des variables sur la richesse.

```
Fixed effects:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -1.5178931  0.5215216  -2.911  0.00361 **
surface      0.0004695  0.0001602   2.931  0.00337 **
```

```
Fixed effects:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -2.276096  0.872151  -2.610  0.00906 **
perimetre    0.010254  0.004086   2.509  0.01210 *
```

```
Fixed effects:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  -0.3598    0.2403  -1.497  0.134
Helophytes_mares -0.2659  0.2238  -1.188  0.235
```

```
Fixed effects:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   0.7056    0.9282   0.760  0.447
Helophytes_berges -0.2820  0.2458  -1.147  0.251
```

```
Fixed effects:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  -0.9247    0.7015  -1.318  0.187
Hydrophytes_flottants  0.4072  0.4570   0.891  0.373
```

```
Fixed effects:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  -0.3568    0.2445  -1.459  0.144
Herbiers_hydrophytes -0.1761  0.2397  -0.735  0.463
```

```
Fixed effects:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   0.0007176  0.7993840  0.001  0.999
Couverture_ligneuse -0.3094345  0.6602333  -0.469  0.639
```

```
Fixed effects:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  -1.1434    0.5807  -1.969  0.049 *
eau_libre     0.2974    0.1848   1.609  0.108
```

Annexe 5 : Effets des variables sur l'abondance.

Fixed effects: logAbondance ~ surface					
	value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	-0.007293684	0.22127399	52	-0.0329622	0.9738
surface	0.000247965	0.00008083	11	3.0677559	0.0107

Fixed effects: logAbondance ~ perimetre					
	value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	-0.30093363	0.3448016	52	-0.8727734	0.3868
perimetre	0.00485521	0.0017861	11	2.7182947	0.0200

Fixed effects: logAbondance ~ Helophytes_mares					
	value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	0.5819667	0.1472284	52	3.952817	0.0002
Helophytes_mares	-0.0893487	0.1483741	11	-0.602185	0.5593

Fixed effects: logAbondance ~ Helophytes_berges					
	value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	1.6082784	0.6481519	52	2.481330	0.0164
Helophytes_berges	-0.2722868	0.1682170	11	-1.618664	0.1338

Fixed effects: logAbondance ~ Hydrophytes_flottants					
	value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	0.1078713	0.4252028	52	0.2536938	0.8007
Hydrophytes_flottants	0.3424022	0.2897269	11	1.1818104	0.2622

Fixed effects: logAbondance ~ Herbiers_hydrophytes					
	value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	0.5819667	0.1444586	52	4.028606	0.0002
Herbiers_hydrophytes	-0.1304242	0.1455828	11	-0.895877	0.3895

Fixed effects: logAbondance ~ Couverture_ligneuse					
	value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	0.7326489	0.4991198	52	1.4678817	0.1482
Couverture_ligneuse	-0.1305912	0.4128571	11	-0.3163109	0.7577

Fixed effects: logAbondance ~ eau_libre					
	value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	0.3729205	0.3491929	52	1.0679498	0.2905
eau_libre	0.0799295	0.1211505	11	0.6597534	0.5230