

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biologie de la Conservation



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Structure et comportement des
peuplements d'odonates dans quelques
zones humides susceptibles d'être impactées
par les sources géothermales dans la région
de Bejaia.**

Présenté par :

OUAMAR Kahina & FELTANE Massouma

Soutenu le : 14/11/2023

Devant le jury composé de :

Mr RAMDANE Zohir	Pr	Président
Mr. CHELLI Abdelmadjid	MCA	Encadreur
Mme SAD-EDDINE Ouardia	MCA	Examineur

Année universitaire : 2022 / 2023

Remerciements

Après plus de trois mois de travail pour réaliser ce mémoire, nous tenons à remercier du fond du cœur nos parents qui ont su nous donner une bonne éducation qui nous ont permis d'arriver à ce stade d'étude.

Un grand merci à **Mr. CHELLI Abdelmadjid** notre cher promoteur pour son encadrement, sa disponibilité, ses encouragements et soutien moral tout au long de cette période.

Nos remerciements vont également aux membres de jury : **Pr RAMDANE Zohir** pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider ce jury et **Dr SAD-EDDINE Ouardia** d'avoir accepté l'examen de ce travail.

Enfin, nous remercions tout ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

***Kahina &
Massouma***



SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

DEDICACES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION01

CHAP. I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. GENERALITES SUR LES ODONATES	03
I.1. Les odonates entre mythes et croyances.....	03
I.2. Etymologie du mot Odonata et libellula.....	03
I.3. Origines des odonates.....	04
I.4. Systématique et classification.....	05
I.5. Description des sous-ordres.....	06
I.5.1. Les Anisoptères.....	07
I.5.2. Les zygoptères.....	07
I.6. Morphologie des Odonates.....	08
1.6.1. Morphologie des adultes.....	08
1.6.2. Morphologie larvaire.....	09
II. BIOÉCOLOGIE DES ODONATES.....	10
II.1. Cycle de vie des Odonates.....	10
II.2. Les Odonates dans la chaîne trophique.....	12
II.3. Menaces et facteurs limitant les odonates.....	14
II.3.1. Climat.....	14





II.3.2. Prédateurs.....15
II.3.3. Parasites.....15
II.3.4. Anthropisation16
II.3.5. Les menaces naturelles.....16
II.4. Habitat et écologie des odonates.....16
III. INTERET DE L'ETUDE DES ODONATES.....19
IV. STATUT ET CONSERVATION DES ODONATES.....20
V. HISTORIQUE ET ETAT DES LIEUX DES ODONATES ALGERIENNE21

CHAP. II. MATERIEL ET METHODES

I. DESCRIPTION DES SITES D'ETUDE.....26
I.1. Choix des sites..... 26
I.2. Localisation et caractéristiques des sites.....26
II. MATERIEL UTILISE..... 28
III. METHODOLOGIE DE TRAVAIL 31
IV. INDICES ECOLOGIQUES APPLIQUES32
IV.1. Indices écologiques de composition.....33
IV.1.2. Fréquence centésimale (Fc) ou abondance relative (Ar).....33
IV.1.3. Fréquence d'occurrence (Fo) ou constance (C).....33
IV.2. Indices écologiques de structure.....34
IV.2.1. Diversité de Shannon-Weaver.....34
IV.2.2. Equitabilité de Pielou.....35





CHAP. III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. Aperçu sur l'état des sites.....	36
I.1. Résultats.....	36
I.2. Discussion	38
II. Listing des odonates recensées	39
II.1. Résultats.....	39
II.2. Discussions	40
III. Analyse écologiques des peuplements d'odonates recensés	43
III.1. Indices écologiques de composition	43
III.2. Indices écologiques de structures	51

CONCLUSION ET RECOMENDATIONS	54
---	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	56
--	----

ANNEXES	60
----------------------	----

RESUMES	
----------------	--



Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1	Fossile de Meganeuridae (Source : Muséum des Sciences Naturelles de Bruxelles).	05
Figure 2	Classification actuelle des familles des Odonates	06
Figure 3	Morphologie générale des odonates adultes	09
Figure 4	Morphologie générale des larves d'odonates	10
Figure 5	Cycle de développement des Odonates	12
Figure 6	Les odonates dans la chaîne trophique	14
Figure 7	Principaux facteurs écologiques intervenant lors de la colonisation et du développement d'un odonate dans un milieu aquatique	19
Figure 8	Les différentes familles d'odonates existantes en Algérie	22
Figure 9	Situation et localisation des sites d'études dans la région de Bejaia.	27
Figure 10	Photos des trois sites (Hammams) de la région de Bejaia	28
Figure 11	Matériel utilisé dans la capture et le suivi des odonates	29
Figure 12	Schéma du Protocole suivi pour échantillonner les odonates	32
Figure 13	Indices écologiques utilisés pour exploiter les résultats	33
Figure 14	Photos des stations situées en Amont des trois sites (Hammams)	37
Figure 15	Photos de l'anthropisation sur des stations situées en Aval de H. Kirya et Sellal	38
Figure 16	Pourcentage des Odonates /familles dans les trois sites d'étude de Bejaia.	42
Figure 17	La richesse en espèces d'odonates par site et par station dans la région de Bejaia.	43
Figure 18	Effectifs des espèces d'odonates recensées en Amont et Aval de Hammam Sidi Yahia	48

Figure 19	Effectifs des espèces d'odonates recensées en Amont et Aval de Hammam Sillal	49
Figure 20	Effectifs des espèces d'odonates recensées en Amont et Aval de Hammam Kiria	50
Figure 21	. Diversité de Shannon des espèces d'odonates par station des trois sites d'étude	52

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Critères de comparaisons entre les Anisoptères et Zygoptères	08
Tableau 2	Caractéristiques des sites d'études de la région de Bejaia.	26
Tableau 3	Caractéristiques des sites d'études de la région de Bejaia.	27
Tableau 4	Liste des espèces recensées dans les sites d'étude de la région de Bejaia	40
Tableau 5	Richesses spécifiques par sites et par stations dans notre région d'étude	43
Tableau 6	Fréquences d'occurrences des espèces pour les trois sites d'études	45
Tableau 7	Abondances relatives des espèces pour les trois sites d'études	47
Tableau 8	Indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), et Equitabilité (E) des odonates des trois sites d'études	51



INTRODUCTION

Les zones humides sont généralement reconnus comme étant parmi les écosystèmes les plus productifs et les plus diversifiés sur le plan de la flore et de la faune. Ces écosystèmes aquatiques jouent un rôle majeur dans le maintien de la biodiversité puisqu'ils abriteraient environ 6 à 8 % des espèces aujourd'hui décrites (Dudgeon *et al.*, 2006). Leur conservation, représente désormais un enjeu international mobilisant d'importants moyens politiques, humains et financiers (Kallis & Butler, 2001).

Parmi les nombreux groupes taxonomiques abrités par ces biotopes humides, on trouve les odonates. Ce taxon, comme beaucoup d'autres groupes d'animaux, sont sensibles aux changements environnementaux tels que l'urbanisation, la pollution, la qualité de l'eau (Corbet, 1999 ; Remsburg *et al.*, 2008 ; Garcia *et al.*, 2010). Cette sensibilité fait des Odonates des espèces indicatrices reflétant les impacts et les pressions sur les zones humides. Ils représentent donc un groupe intéressant pour évaluer la santé des habitats aquatiques et leur biodiversité (Ferrerias-Romero *et al.*, 2009).

Des études sur l'impact de la qualité de l'eau sur les odonates en termes de biodiversité et de nombre ont été menées dans le monde entier (Catling, 2005). Toutefois, des connaissances similaires et les conséquences de l'artificialisation sur les odonates ont rarement été étudiées en Algérie. A l'image des barrages qui ont des conséquences néfastes sur l'écosystème aquatique, entraînant des fluctuations artificielles du niveau d'eau, de la température et de la quantité d'oxygène dissous (Mc Cartney, 2009 ; Denis, 2018), les sources géothermales peuvent également avoir les mêmes conséquences sur les cours d'eaux. L'eau géothermale contient des minéraux dissous et des composés chimiques qui une fois relâchés dans les cours d'eau, va altérer la qualité de l'eau et affecter la vie aquatique. En effet, l'un des principaux problèmes est les fluctuations artificielles de la température et de la quantité d'oxygène dissous. Ces fluctuations peuvent perturber ces habitats aquatiques, notamment en affectant la migration de la faune aquatique, la reproduction et la disponibilité de la nourriture, C'est la raison pour laquelle cette étude préliminaire a été initiée. Elle vise à améliorer la connaissance de l'impact potentiel que l'eau thermale peut générer sur les odonates d'un système fluvial. Pour ce faire, nous avons testé l'hypothèse selon laquelle la richesse et la densité des odonates diminueraient en zone aval par rapport à la zone amont de la source géothermale.



Après avoir, introduit la problématique et les objectifs assignés à ce travail de recherche. Le document présenté s'organise en trois chapitres. Le premier chapitre, consacré au contexte de l'étude, il présente une synthèse bibliographique sur la bio écologie des odonates. Le deuxième, traite le matériel et méthodes où la région et les sites d'étude sont présentés ainsi que la démarche adoptée. Le troisième chapitre, fera l'objet d'une synthèse générale où les résultats obtenus seront discutés. Enfin, une conclusion qui tentera de dégager l'intérêt et l'apport que représentent nos analyses et des perspectives pour les travaux à venir.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I- Généralités sur les Odonates

I-1- Les odonates entre mythes et croyances

Le mot libellule a longtemps été associé à une image négative. Au Moyen-Age, On les affubla de qualificatifs liés au diable, au dragon. Elles étaient considérées comme des esprits diaboliques. D'ailleurs, la traduction anglaise de cet ordre (*Dragonfly*) veut dire « *dragon volant* ». Aujourd'hui, même si les mentalités ont changé, on pense toujours que les libellules mordent et sucent le sang « *Tire sang* » et qu'elles sont capables de crever les yeux « *crève-œil* », « *Aiguille du diable* » (Le Quellec, 1990). Mais nos réticences s'estompent bien vite lorsque nous tombons sous le charme de leur beauté naturelle. En effet, dans certaines contrées, les libellules sont symbole de l'élégance et de délicatesse « *Dame ou belle dame* » appellation liée au charme, « *Mademoiselle ou Demoiselles* » par référence aux petites espèces remarquables par la longueur de leur corps et leur taille étroite (Boudot et al., 2017). Dans la mythologie Germanique, elle est associée à « *Freyja* » Déesse de la jeunesse et de l'amour. Dans d'autres contrées les libellules étaient perçues comme étant de bon augure par les pêcheurs (lui indiquant la présence d'eau poissonneuse).

Des croyances plus anciennes font de la libellule un objet de culte. La libellule, symbole de la joie et de la renaissance, est un emblème national au Japon. Elle symbolisait la victoire après la bataille, elles furent utilisées comme emblème sur les casques et les bottes des Samouraïs (D'Aguilar & Doummanget, 1998). De plus, les Mayas l'utilisaient comme animal spirituel de leur déesse de la créativité, Ix Chel. On pense que la magie de la libellule l'a sauvée de la mort. En plus des Mayas et des Japonais, les Amérindiens utilisent la libellule comme le symbole des âmes disparues [<https://mesanimaux.com/actualites/tout-sur-la-libellule-ce-grand-insecte-aile/>]

En Algérie : on leur donne différentes appellations. Au Nord du pays, on les appelle « *Coptères ou l'ecoptère* » qui fait allusion à l'hélicoptère et « *Chouatanes* » qui signifie les diables. Dans la petite Kabylie, on les surnomme « *Timni* ». Au Sud, les odonates ont d'autres appellations « *Semsoumia* » ou « *Djarad El-Maghreb* ».

I-2- Etymologie du mot Odonata et libellula

Le nom « *Odonata* » est la contraction des mots grecs « *Odonto* » (dent) et « *Gnathos* » (mâchoire), et signifie (mâchoire dentée).



Selon les éditions actuelles des dictionnaires de la langue Française, Libellula dérive du latin « *Libella* », qui signifie niveau, par allusion au vol plané horizontal de ces insectes. Alors que « *Libellule* », dérivé des mots latins « *Libellula* » et « *Libellus* », signifiant « *Petit livre* », rappelle la position des ailes tenues fermées comme les pages d'un livre (Boudot *et al.*, 2017). Pour d'autres, le mot Libellule vient du latin signifie « *Niveau* » (comme le niveau du maçon) ou bien « *Libra* », qui signifie « *Balance* » probablement en référence au vol plané parfaitement horizontal qu'adopte souvent la libellule. Dans les deux cas, il s'agit d'instrument de mesure et d'équilibre, ce que représente la balance (Ternois, 2003).

I-3- Origines des odonates

Les odonates actuels sont les descendants d'espèces fossilisées dont les origines remontent au moins au début du Carbonifère. Il y a environ 300 millions d'années, les libellules très archaïques volaient parmi la végétation luxuriante des forêts humides du carbonifère (Mc Gavin, 2000).

Le premier odonate connu est une libellule, *Meganeuropsis permiana*, qui mesurait 30 cm de long pour 70 cm d'envergure (Fig.1). Ce géant des airs est apparu il y a plus de 300 millions d'années au Carbonifère. Il est considéré comme le plus grand insecte n'ayant jamais existé (Silsby, 2011).



Fig.1. Fossile de Meganuridae (Source : Muséum des Sciences Naturelles de Bruxelles).

Si les libellules que l'on trouve aujourd'hui sont bien plus petites que leur ancêtre, c'est que leur écosystème a beaucoup évolué. Il y a 60 millions d'années se différencient trois grands groupes d'odonates : les Anisoptères, les Zygoptères et les Anisozygoptères. Le groupe des Anisozygoptères ne comporte plus aujourd'hui que deux espèces, véritables fossiles vivants que l'on peut observer au Japon ou dans l'Himalaya ([Manolis, 2003](#)).

I-4- Systématique et classification

Ce groupe d'insecte est divisé en trois sous-ordres ; notamment les Anisoptères (libellules) (8 familles vivantes actuellement), les Zygoptères (demoiselles) (17 familles vivantes) et les Anisozygoptères (une seule famille). Seuls les Zygoptères et les Anisoptères ont des représentants africains ([Testard, 1981](#)). La quasi-totalité de la diversité de l'ordre est représentée par les Anisoptères et les Zygoptères. Le sous-ordre des Anisozygoptères, cependant, est représenté que par deux espèces appartenant à la même famille ; une vivante dans les montagnes de Himalaya et l'autre au Japon. Cependant, des évidences de fossiles de 10 familles éteintes indiquent une diversité plus grande dans ce sous-ordre. La diversité du groupe d'odonates reste toujours à explorer car 60 nouvelles espèces africaines ont été récemment décrites ([Dijkstra et al., 2015](#)).

 Règne : Animalia
 Embranchement : Arthropoda
 Sous Embranchement : Hexapoda
 Classe : Insecta
 Sous Class : Pterygota
 Ordre : Odonata
 Sous Ordre : Anisoptera – Zygoptera

La classification taxonomique actuelle des familles d’odonates est comme suit (Fig.2) :

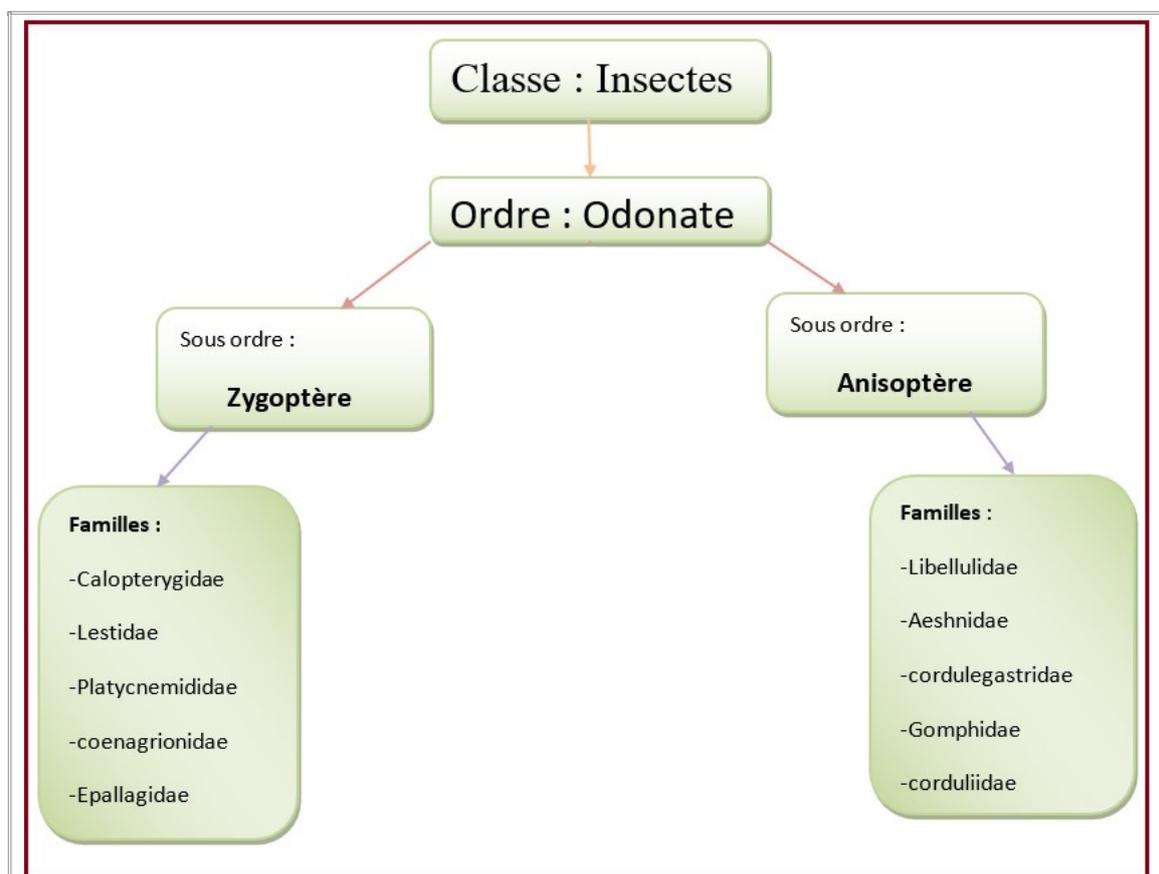


Fig.2. Classification actuelle des familles des Odonates (D’Aguilar et al., 1985).

I-5- Description des sous-ordres

Les Odonates ou Libellules se distinguent des autres Insectes non seulement par leur morphologie caractéristique tant chez l’adulte que chez la larve, mais surtout par des

particularités structurales qui leur sont propres et qui sont, pour l'essentiel : l'existence chez le mâle de pièces génitales (genitalia) accessoires tout à fait à l'écart des voies génitales, et l'existence chez la larve d'un labium articulé : le masque, qui recouvre les autres pièces buccales (Testard, 1981).

Les Odonates regroupent deux sous-ordres : les demoiselles (*Zygoptera*) et les libellules (*Anisoptera*). Les deux sous ordres se distinguent par leur anatomie (Tab.1), mais leur cycle de vie et leurs mœurs sont fondamentalement semblables.

I-5-1- Les Anisoptères

Les Anisoptères regroupent les Odonates de taille moyenne et grande, à tête sphéroïde, aux yeux globuleux et massifs, à l'abdomen allongé et souvent élargi, au vol puissant et rapide dans la majorité des cas. Au repos, les Anisoptères maintiennent leurs ailes en position horizontale ou subhorizontale (Testard, 1981). Les ailes antérieures et postérieures sont toujours dissemblables (les ailes antérieures sont plus étroites que les postérieures), ailes toujours écartées du corps (D'Aguilar *et al.*, 1985).

I-5-2- Les Zygoptères

Les Zygoptères sont des Odonates aux formes grêles, le plus souvent de petite taille, aux yeux nettement séparés, rejetés aux extrémités latérales de la tête, à l'abdomen toujours mince, parfois extrêmement long, au vol lent et de faible puissance et portant leurs ailes accolées verticalement au repos (Testard, 1981). Les deux paires d'ailes sont plus ou moins semblables. Celles-ci sont souvent nettement pédonculées à leur base (D'Aguilar & Dommanget, 1998).



Tab.1. Critères de comparaisons entre les Anisoptères et Zygoptères (Testard, 1981).	
Les Libellules ou Anisoptères	Les Demoiselles ou Zygoptères
Adultes	
<ul style="list-style-type: none"> ✈ Grande taille ✈ Yeux énormes et contigus ✈ 2 paires d'ailes différentes, ouvertes au repos ✈ Abdomen trapu et robuste ✈ Vol rapide 	<ul style="list-style-type: none"> ✈ Petite taille ✈ Yeux petits et largement séparés ✈ 2 paires d'ailes semblables, fermées au repos ✈ Abdomen fin et élancé ✈ Vol léger et lent
Larves	
<ul style="list-style-type: none"> ✈ Larves de formes plus massives ✈ Masque plat ou concave ✈ Nage par expulsion du contenu rectal 	<ul style="list-style-type: none"> ✈ Larves minces, allongées ✈ Masque toujours plat ✈ Nage par ondulation du corps

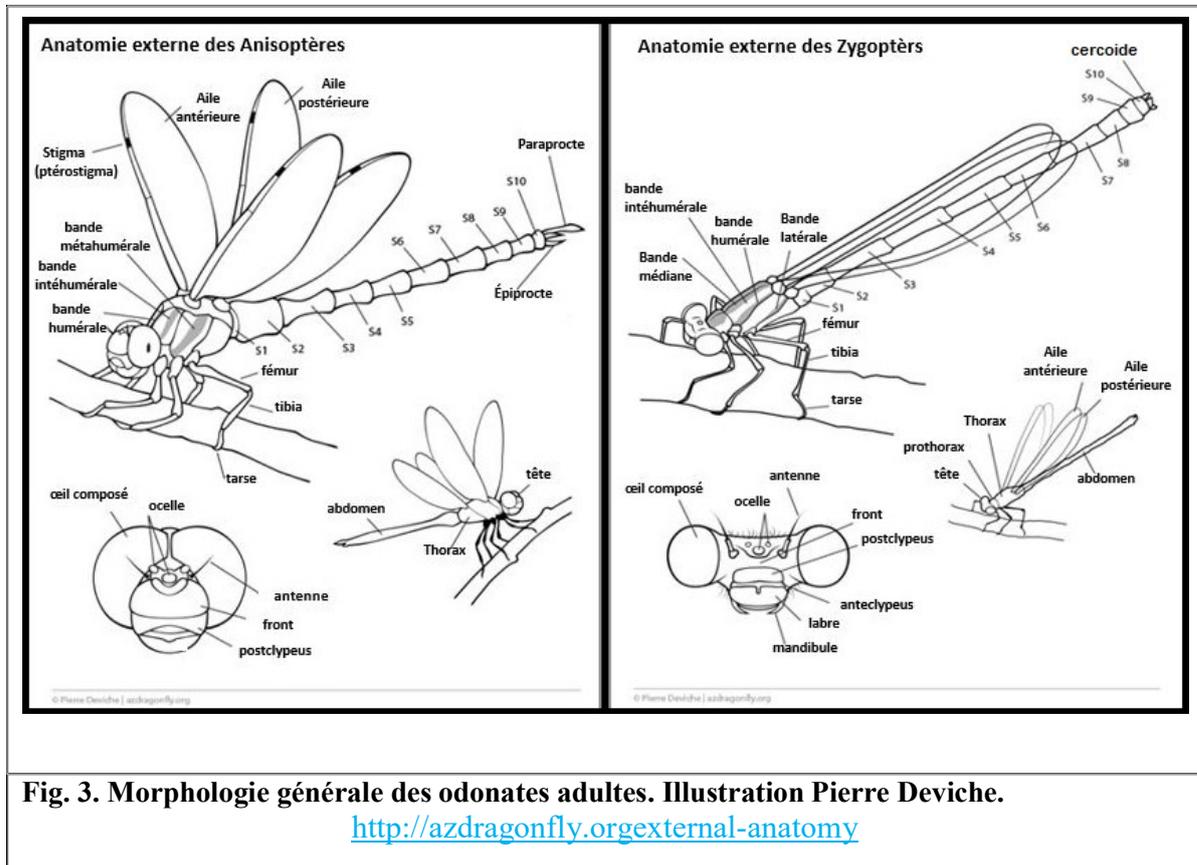
I-6- Morphologie des Odonates

Les odonates font partie des insectes les plus caractéristiques et facilement identifiables par leur morphologie (Fig.3). Comme tous les insectes, le corps des Odonates est divisé en trois parties : la tête, le thorax, et l'abdomen, ce dernier toujours très allongé est prolongé par les appendices anaux. Sont pourvus de trois paires de pattes et de quatre ailes indépendantes (Grand & Boudot, 2006).

I-6-1- Morphologie des adultes

- ✈ La tête des Odonates est toujours plus large que le thorax. Elle porte une paire d'yeux, séparés chez les Zygoptères et chez une famille d'Anisoptères les (*Gomphidae*), alors que chez tous les autres Anisoptères ils sont contigus, enveloppant presque toute la tête. Deux antennes sont implantées entre le vertex et le front, et trois ocelles disposés en triangle au centre du vertex (Testard, 1981).
- ✈ Le thorax est composé de deux parties inégales : un prothorax très réduit, et un volumineux synthorax, résultant de la fusion du méso- et du métathorax. Ses deux éléments sont inclinés vers l'arrière, tels que les ailes se trouvent rejetées en arrière par rapport aux pattes (Testard, 1981).

✈ L'abdomen des Odonates comprend dix segments de longueur inégale et un rudiment de onzième. Cylindrique chez les Zygoptères et chez de nombreux Anisoptères. L'ensemble montre une grande flexibilité, indispensable pour la réalisation de la copulation. C'est au niveau de l'abdomen que se différencient le plus nettement les deux sexes (Testard, 1981).



I-6-2- Morphologie larvaire

A partir de l'œuf et après un stade prolarve elles grandissent en effectuant des mues variant suivant les espèces (D'Aguilar & Dommanget, 1998). Les larves présentent de notables différences de formes par rapport aux adultes, par leur silhouette plus ramassée (même chez les Zygoptères) et par la forme du labium, comportant deux pièces articulées terminée par deux palpes mobiles qui constituent le masque (Testard, 1981). Leur forme générale est très allongée chez les Zygoptères et porte trois longues lamelles (branchies anales) à l'extrémité de l'abdomen, tandis qu'elle est courte et élargie chez les Anisoptères, les lamelles sont très courtes et forment une pyramide (Fig.4). La partie inférieure de la tête

présente la particularité de posséder un organe préhensile spécialisé pour la capture des proies appelé « labium » ou parfois encore « bras mentonnier » (Moisan, 2010).

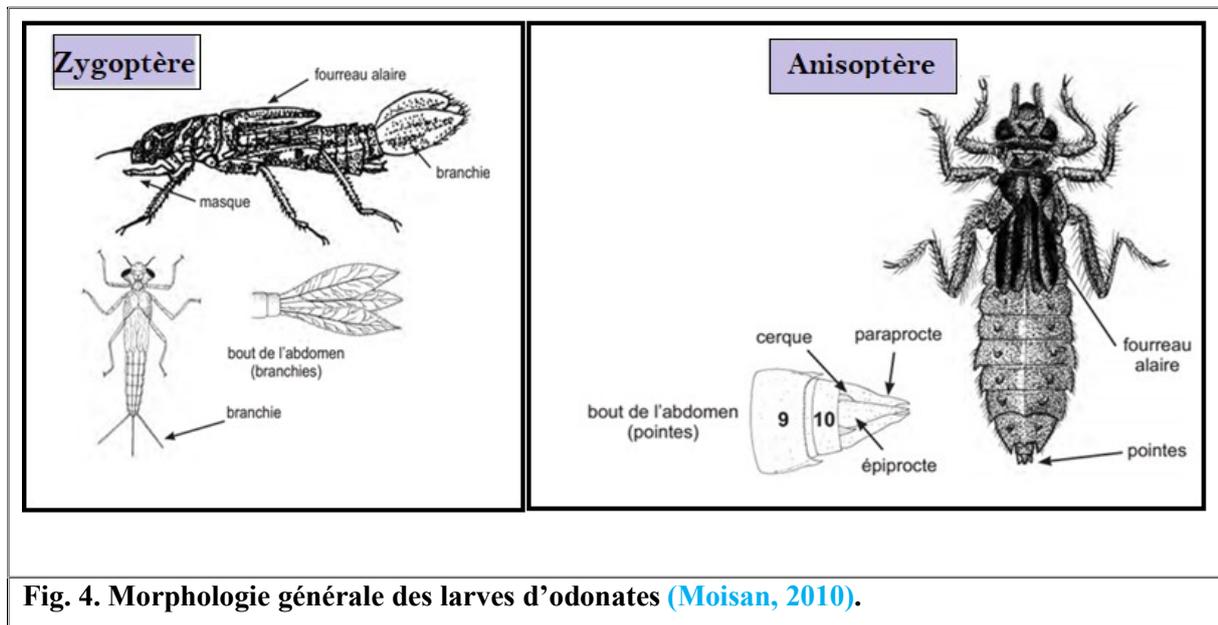


Fig. 4. Morphologie générale des larves d'odonates (Moisan, 2010).

II- BIO ECOLOGIE DES ODONATES

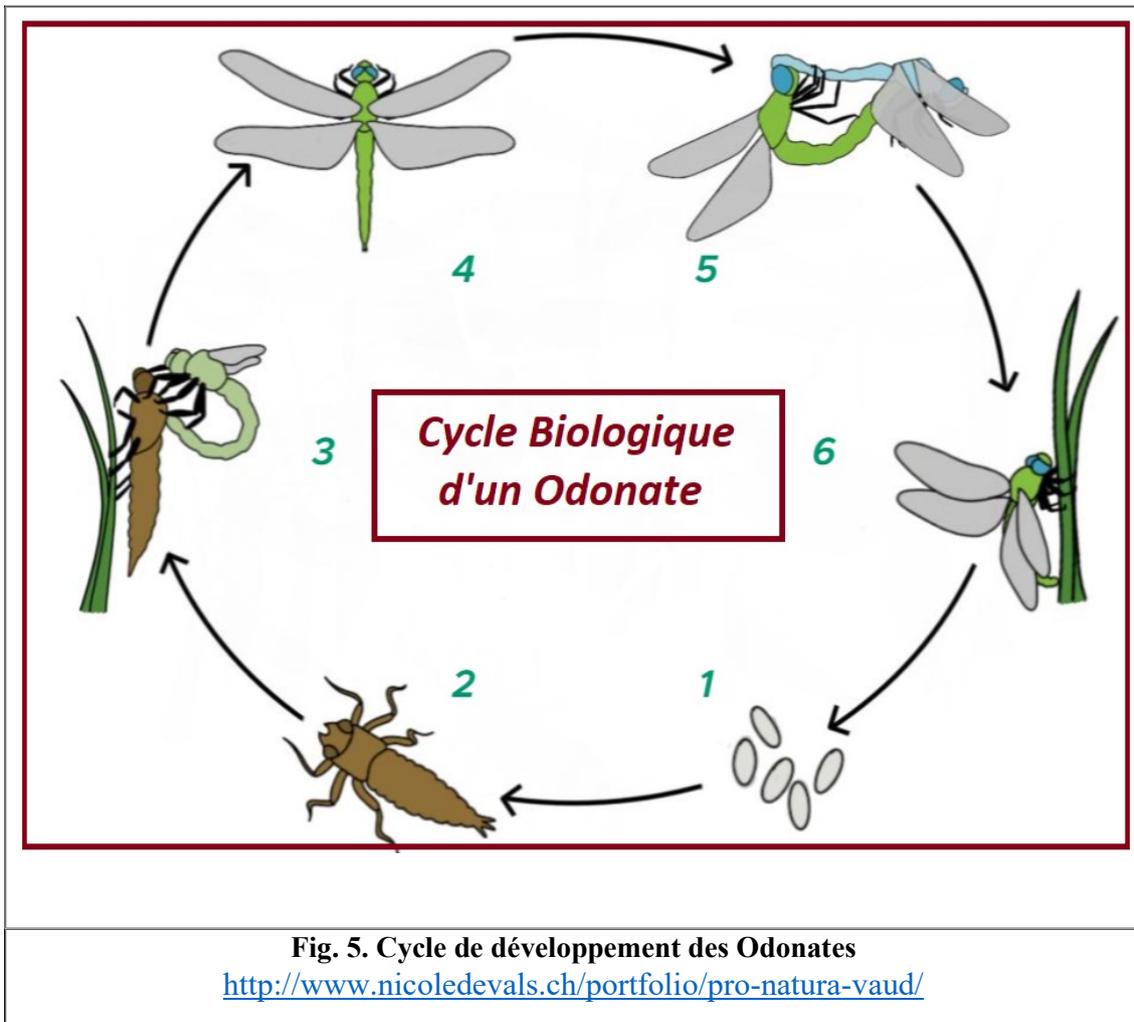
II-1- Cycle de vie des Odonates

Les libellules sont des insectes amphibiotiques et leur cycle biologique est étroitement lié aux habitats aquatiques (Andrew *et al.*, 2009), et surtout aux habitats d'eau douce comme les rivières, les ruisseaux, les marais, les lacs et même les petits bassins et les rizières (Tiple *et al.*, 2012). Comme la plupart des insectes, ont un cycle de vie complexe avec des stades de vie discrets qui se déroulent dans des habitats distincts (Corbet, 1999). Ce sont à la fois des insectes hémimétaboles dont le développement est dépourvu de stade nymphal immobile et hétérométaboles car l'adulte et la larve ne vivent pas dans le même milieu. Chez les Odonates, le cycle biologique peut se résumer en trois phases distinctes : l'œuf, la larve, et l'imago (Corbet, 1999). Passant de l'œuf au stade adulte, ces derniers subissent plusieurs changements en regroupant les deux milieux aquatiques et terrestres (Fig.5).

Selon les espèces, les œufs peuvent être déposés directement dans l'eau, insérés dans la végétation vivante (6) ou morte (ponte endophyte), enfoncés dans les sédiments (ponte exophyte), ou encore fixés à la végétation immergée ou émergée (ponte épiphyte) (Grand & Boudot 2006). La vie de la libellule débute dans l'œuf. Chez certaines espèces, après la ponte, les œufs entrent dans une phase de diapause pour faire face à des conditions



environnementales difficiles (par exemple, de nombreuses espèces de *Lestes* dans les étangs temporaires). Chez d'autres, les œufs amorcent immédiatement leur développement (1). Après le développement embryonnaire, éclot une larve primaire ou prolarve quasiment immobile qui va rapidement muer pour se transformer en larve mobile (2). Selon les espèces, les individus peuvent rester sous forme de larves pendant des semaines (Ex. ceux qui occupent des étangs printaniers) ou des années (Ex : les espèces des eaux permanentes). Animal aquatique, elle nage et respire à l'aide de branchies. Elle se nourrit de petits organismes aquatiques. Au fil du temps, elle grandira par plusieurs mues successives jusqu'au stade de larve mature. Après une lente métamorphose interne, elle sortira de l'eau pour effectuer sa métamorphose (3) sur un support émergé (pierre, végétation...). L'imago s'extrait alors de l'enveloppe chitineuse de la larve, appelée exuvie, puis durcit et sèche à l'air libre. Ce processus s'appelle l'émergence. Une fois son corps et ses ailes déployés, l'imago prend son envol (4), laissant derrière lui son ancienne enveloppe, appelée exuvie (Grand & Boudot, 2006). Après l'émergence, l'imago est encore fragile et ne dispose pas dans la plupart des cas de sa couleur définitive. Il va d'abord passer par une phase de maturation sexuelle plus ou moins longue (de deux jours à cinq mois selon les espèces et les conditions environnementales) où les individus vont renforcer leur constitution et achever le développement de leur appareil reproducteur, avant de retourner sur un site de reproduction en quête d'un partenaire sexuel (5) (Grand & Boudot, 2006).



II-2- Les Odonates dans la chaîne trophique

Les Odonates occupent une place importante dans le réseau trophique des milieux humides en tant que proies mais aussi et surtout en tant que prédateurs (Fig.6). L'impact des larves est cependant plus significatif que celui des adultes dans le fonctionnement des écosystèmes humides. Toutes les libellules, de la larve à l'adulte sont des prédateurs actifs qui se nourrissent de proies vivantes. Mais elles deviennent, à leur tour, les proies d'un grand nombre d'animaux qui les consomment comme partie de leur régime (Robert, 1963).

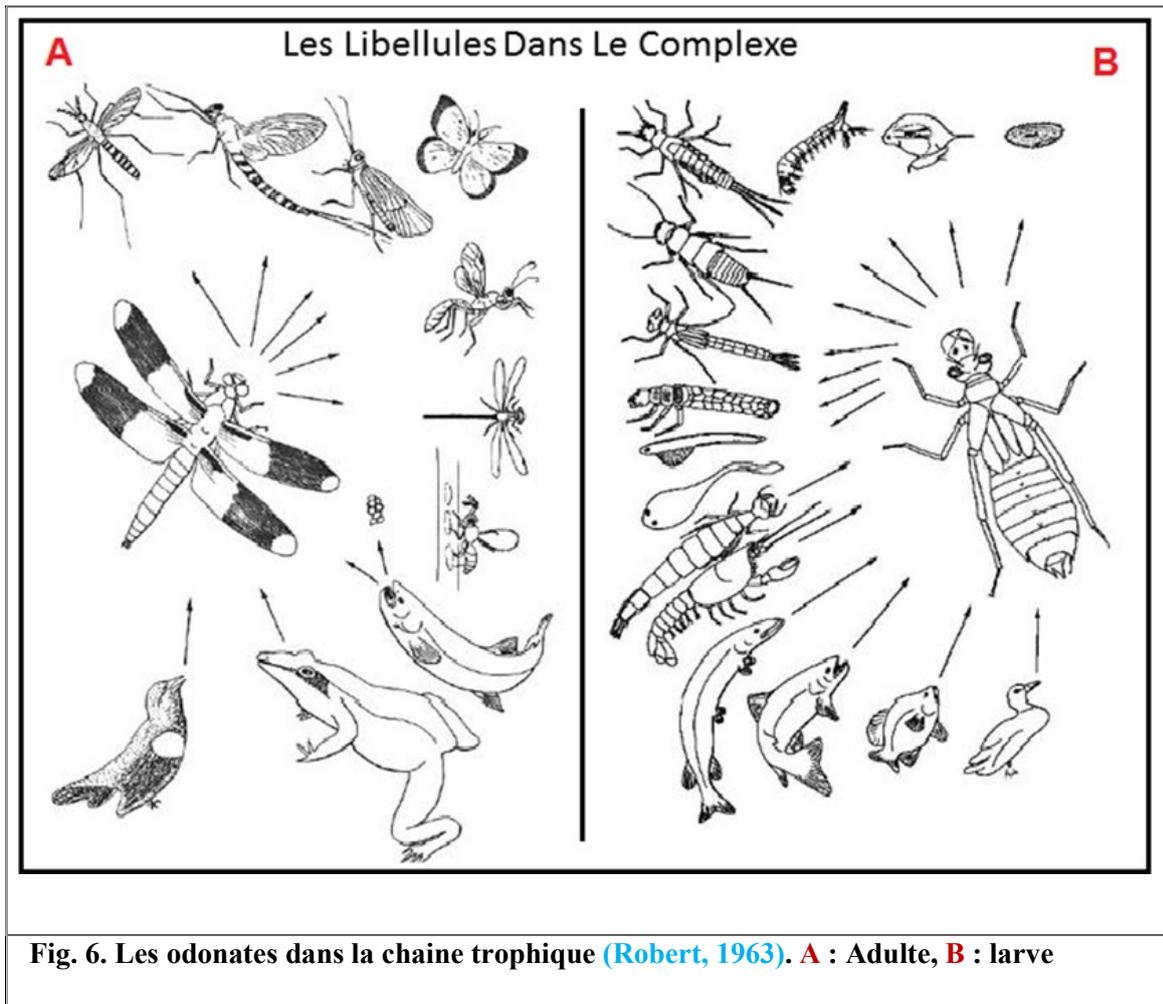
Durant leur vie larvaire, les libellules sont des prédateurs obligatoires relativement importants qui peuvent avoir un impact considérable sur la structure des communautés des écosystèmes d'eau douce. Elles sont carnassières, extrêmement voraces et éventuellement cannibales (Testard, 1981). Leur alimentation se compose essentiellement de larves d'autres insectes (Trichoptères, Diptères, Coléoptères etc.....), de vers et de crustacés. La taille importe peu puisqu'elles sont capables de s'attaquer à des proies aussi grandes qu'elles comme les alevins



et les têtards. Elles consomment aussi les larves d'autres espèces de libellules (Robert, 1963 ; Ternois, 2003 ; Jourde, 2010 a). Dès leur envol, les libellules reprennent leurs bonnes habitudes en recherchant inlassablement une proie à consommer. Ce sont les insectes volants qui sont le plus appréciés, comme les Trichoptères, les Ephémères et surtout les Diptères,... (Testard, 1981). Certains odonates comme les Aeshnidae et les Libellulidae de grande taille s'attaquent même à des papillons de taille moyenne voire d'autres libellules comme les Zygoptères (Testard, 1981 ; Ternois, 2003).

Bien qu'elles soient de redoutables prédatrices, les libellules trouvent souvent plus fort qu'elles. Aussi bien à l'état larvaire qu'au stade adulte, les Odonates ont de nombreux ennemis, mais ils sont particulièrement vulnérables au moment de l'émergence des adultes (Le Du & Lesparre, 2014).

Pendant la vie aquatique, les larves sont régulièrement inscrites au menu des Dytiques, des Nèpes et autres insectes aquatiques, sans compter les amphibiens, reptiles et les poissons qui ne rechignent pas à les dévorer. Lors de l'émergence, les libellules sont très vulnérables. Incapables de s'envoler, elles sont rapidement capturées par les oiseaux vivant en bordure de l'eau comme les hirondelles, les cigognes, les hérons et les canards. Selon Jourde (2010 a) ; Une seule Cigogne blanche a été observée dévorant 850 Sympétrums en 20 minutes lors d'une phase d'émergence massive. La période de ponte est également critique pour les femelles qui sont happées par les grenouilles (Jourde 2010 b).



II-3- Menaces et facteurs limitant les odonates

II-3-1- Climat

Le climat joue un rôle décisif dans la survie des libellules. Durant les vagues de froid, certains sites de développement larvaires peuvent geler. La survie des espèces les plus thermophiles est dès lors compromise. Durant l'émergence, le vent, la pluie, la grêle peuvent totalement décimer la cohorte d'une journée. Le vent, par exemple, propulse les imagos dans les toiles d'araignées ou endommage les ailes (Ternois, 2003 ; Jourde, 2010 a). Il arrive que le froid empêche les libellules de terminer leur émergence. Les insectes, à bout de force, restent alors prisonniers de l'exuvie où leur cuticule et leurs ailes se solidifient. Durant la période de vol, des orages, de longues périodes de froid et de pluie peuvent réduire sensiblement les effectifs de libellules. À l'inverse, une sécheresse durable peut dessécher de nombreux sites de reproduction où réchauffer l'eau à un tel point que cette température dépasse le seuil admissible par certaines espèces (Jourde, 2010 a). Le réchauffement climatique qui est

considéré, aujourd'hui, comme l'une des principales menaces actuelles et futures (Riservato *et al.*, 2009).

II-3-2- Prédateurs

Malheureusement pour les odonates, la liste de leurs prédateurs est longue et il nous est impossible ici d'en dresser l'inventaire complet.

Les hydracariens consomment les œufs des espèces à ponte exophytique. Il est par ailleurs fréquent de voir des poissons se rassembler sous les sites de ponte pour collecter les œufs, à mesure que les femelles les déposent. Les larves sont souvent prédatées par des Coléoptères et des Hémiptères aquatiques, mais les odonates sont sans pitié les unes envers les autres. Les poissons, les amphibiens, certains reptiles mais aussi des guêpiers en consomment abondamment (Testard, 1981). Lors de l'émergence, le nombre de prédateurs s'accroît. Fourmis, araignées, punaises, limaces, escargots et vertébrées profitent de la manne (Jourde, 2010 b).

II-3-3- Parasitoïdes

Les libellules sont soumises à la pression des parasites à tous leurs stades de développement. De petits hyménoptères, essentiellement des Chalcidoïdés, pondent directement dans les œufs de libellules et parasites à ponte endophytique, que leur larve dévore. Ces espèces sont qualifiées de parasitoïdes car leur infestation se traduit invariablement par la mort de l'espèce hôte (Jourde, 2010 b). Les larves et adultes sont aussi porteurs de parasites internes tels que des Grégarines, des Trématodes et des Nématodes (Mermithidés) qui sont capables de réduire leur longévité en s'attaquant à leur épithélium intestinal et sont susceptibles d'être des vecteurs occasionnels de maladies parasitaires (trématodiasés) des Oiseaux et Batraciens. D'autres parasites vivent aux dépens des adultes et s'alimentent en prélevant l'hémolymphe des imagos, il s'agit essentiellement des larves d'Hydracariens (Testard, 1981 ; Jourde, 2010 b).

II-3-4- Anthropisation

À toutes ses menaces auxquelles les espèces sont adaptées et réussissent généralement à faire face, se greffent de nombreux périls provoqués par l'homme. En effet, l'homme est la principale cause de disparition des odonates en liaison avec la dégradation des zones humides. Peu valorisables sur le plan économique, les mares sont remblayées ou utilisées comme décharges. Sans compter les méfaits de l'agriculture moderne avec les pesticides et autres produits phytosanitaires mais aussi le drainage des zones humides au profit des cultures. En ce qui concerne les rivières, ce sont principalement les curages, les recalibrages, la construction des barrages et les pollutions organiques tel que le déversement des eaux usées qui causent le plus de tort aux odonates et aux autres invertébrés aquatiques en général (Ternois, 2003).

II-3-5- Les menaces naturelles

Parfois, l'absence de gestion des zones humides contribue à l'appauvrissement du patrimoine odonatologique. Les zones humides sont des systèmes naturels en perpétuelles évolutions. Sans intervention de l'Homme, les mares se comblent et les queues d'étangs sont peu à peu colonisées par les saules. On dit souvent qu'«une mare est une forêt en puissance». Selon la taille du site, la zone humide peut rapidement disparaître, entraînant avec elle la faune et la flore spécifiques. (Ternois, 2003).

II-4- Habitat et écologie des odonates

Les larves de toutes les Libellules se développent dans l'eau, où certaines espèces ont des besoins vitaux, parfois très strictes, en ce qui concerne l'acidité, les proportions de sels minéraux et d'oxygène et la flore. Les femelles adultes doivent en tenir compte ; c'est pourquoi à chaque type d'eau correspond une population d'espèce bien déterminée. Ainsi nous retrouverons les odonates dans toutes les zones humides naturelles et également dans les milieux créés par l'Homme (Giraud, 2011).

Chaque odonatologue débutant amateur apprend rapidement le type d'habitat à rechercher s'il veut trouver une espèce particulière. Si l'on recherche un Calopteryx, il faut alors un ruisseau à débit lent avec des structures boisées. Les Gomphes se trouvent autour des eaux sablonneuses et des plages de galets. Parmi les plus fidèles à un biotope déterminé, on compte les Calopterygidae, Gomphidae. A l'opposé, sont susceptibles d'être rencontrés un peu partout, les Aeshnidae bons voiliers, les Libellulidae migrants, et des espèces communes comme : *Ischnura senegalensis*, *Crocothemis erythrea*, *Trithemis arteriosa* et *T. annulata*



(Testard, 1981). Cette prédictibilité de la distribution des espèces résulte du fait que différentes espèces ont des besoins écologiques différents pour maintenir leur population. En effet, toutes les espèces de libellules n'ont pas les mêmes besoins. Un habitat sera favorable pour une espèce donnée s'il offre, dans l'espace et dans le temps, une continuité des paramètres conditionnant le bon déroulement de l'ensemble de son cycle de développement. Certaines espèces sont très exigeantes quant à ces conditions alors que d'autres sont plus généralistes. C'est pour cette raison que les libellules sont utilisées par les écologues comme des « bio-informateurs » caractéristiques de l'état de santé des zones humides (O.S.F.O., 2012).

Des bassins saumâtres aux lacs de montagne, des zones de source aux stations de retraitement d'eau polluées, il n'est guère de milieux aquatiques qui ne puissent être colonisés par des odonates. Leurs capacités d'adaptation sont telles qu'elles peuvent vivre dans les tourbières acides ou dans des sources pétrifiantes. Certaines sont adaptées aux eaux vives et suroxygénées des accélérations des rivières, d'autres aux eaux stagnantes et eutrophes des marais (Jourde, 2010 b). Elles font donc, preuve d'une grande plasticité écologique. Très opportunistes, les libellules sont capables de se reproduire sur des milieux aussi différents que les rivières, les mares et autres zones humides, c'est généralement les espèces ubiquistes dites généralistes. Elles peuvent se rencontrer un peu partout. On les qualifie également d'espèces « eurytopes ». Citons comme exemple *Coenagrion puella* ou bien *Ischnura elegans* qui se rencontre dans une très large gamme d'habitats. Quelques espèces ont développé des exigences particulières, elles ont besoin d'un habitat très particulier pour se développer et se comportent donc en spécialistes. C'est d'ailleurs l'exemple de *Coenagrion ornatum* ne se développant que dans de petits ruisselets ensoleillés. Pour ces espèces dites « sténotopes », il semblerait qu'elles aient des exigences particulières quant à l'acidité de l'eau, sa qualité ou encore en ce qui concerne le profil général de la végétation (Ternois, 2003). Parmi ces espèces spécialistes, certaines peuvent servir d'indicateurs de l'évolution générale de la qualité des milieux aquatiques. De telles espèces, comme l'Agrion de Mercure (*Coenagrion mercuriale*), sont souvent qualifiées de « sentinelles ». Du fait de leur sensibilité, ce sont souvent les premières à disparaître (O.S.F.O., 2012). Quelques espèces encore, se développent exclusivement dans les eaux courantes. C'est le cas des Caloptéryx et des Gomphes qui sont les espèces les plus typiques de nos oueds. Cependant, on trouve également d'autres espèces dite pionnières qui sont extrêmement mobiles, et vagabondes colonisent rapidement les plans



d'eau nouveaux ou récemment aménagés ainsi que les plans d'eaux temporaires. La colonisation rapide mais momentanée de telles pièces d'eau temporaires est une caractéristique forte des espèces bien adaptées aux environnements désertiques, qui font preuve d'un nomadisme marqué et peuvent se reproduire un peu partout dans les mares éphémères en profitant d'une phase larvaire très courte. Bon nombre d'espèces correspondent à ce profil : *Ischnura saharensis*, *Hemianax ephippiger*, *Orthetrum*, *chrysostigma*, *Crocothemis erythraea*, *Selysiothemis nigra*, *Sympetrum fonscolombii*, *Trithemis annulata* (Boudot, 2008).

La connaissance des libellules nous fournit des renseignements sur son environnement, c'est-à-dire sur les facteurs biotiques et abiotiques qui interviennent de manière favorable ou défavorable dans leur développement (Dommanget, 1995). Les milieux aquatiques variés occupés par les Odonates se distinguent donc, par leurs facteurs abiotiques et biotiques (fig.7).

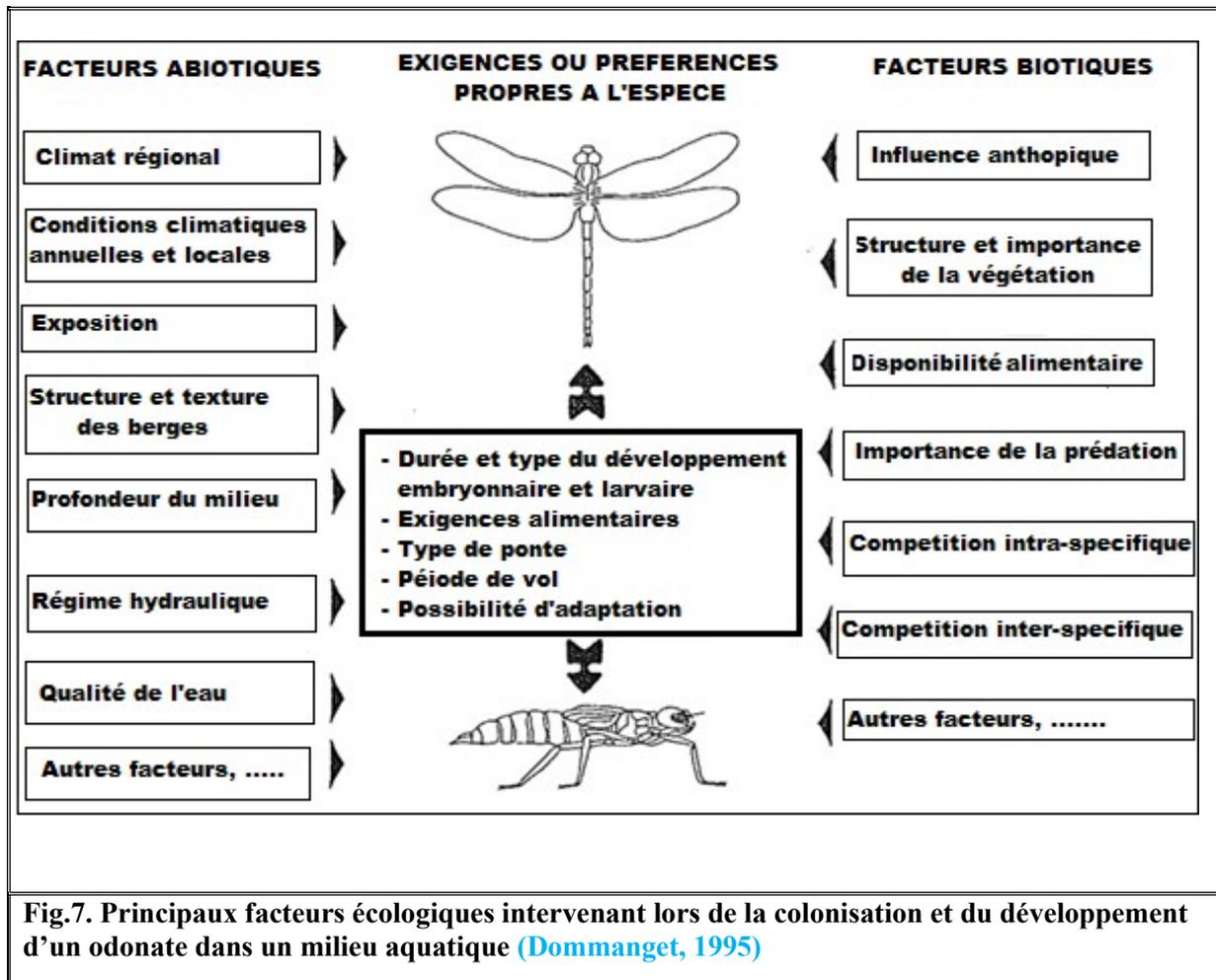
Les facteurs abiotiques sont :

- ✈ Le climat régional ;
- ✈ Les conditions de température, variations journalières et saisonnières ;
- ✈ L'exposition au soleil ;
- ✈ La structure et la texture des berges ;
- ✈ La profondeur du milieu ;
- ✈ L'approvisionnement en eau : permanent ou temporaire ;
- ✈ Le régime hydraulique : lent ou rapide ;
- ✈ La chimie et la qualité de l'eau : La plupart des espèces préfèrent des milieux aquatiques mésotrophes, acides à légèrement basiques, quelques espèces, mais rares étant adaptées à des conditions plutôt oligotrophes.

Les facteurs biotiques sont :

- ✈ La structure et l'importance de végétation : plantes sur les rives (ligneux, roseaux, etc.) ;
- ✈ Les plantes aquatiques aux différentes profondeurs ;
- ✈ La disponibilité des proies ;
- ✈ L'importance de la prédation ; surtout poissons et écrevisses ;
- ✈ L'influence anthropique ;
- ✈ La compétition intra- spécifique ;
- ✈ La compétition inter- spécifique.

Une modification de ces facteurs a des effets prévisibles sur la vie des espèces. Pour cette raison, les espèces et le nombre d'individus qui vivent dans un milieu nous fournissent des renseignements sur la nature et la qualité de celui-ci (Dommanget, 1995)



III- INTERET DE L'ETUDE DES ODONATES

Les Odonates, insectes à l'interface entre le milieu aquatique et le milieu terrestre, représentent un élément important de l'écosystème des milieux aquatiques. Comme prédateurs, ils jouent un rôle non négligeable dans la régulation d'une partie de la faune de ces biotopes. Comme proies, ils contribuent au maintien et au développement d'autres espèces animales. Leur présence est donc un indice sûr de la richesse faunistique des eaux douces (D'Aguilar & Dommanget, 1998). La prise en compte des Odonates en biologie de la conservation a débuté à partir des années 80 et n'a cessé d'augmenter depuis (Bried & Samways, 2015). En effet, les Odonates sont identifiés comme un groupe pertinent pour étudier la qualité des écosystèmes aquatiques et les changements que ces derniers subissent



(Oertli, 2008 ; Gerlach *et al.*, 2013 ; Kutcher & Bried, 2014). Mais, selon Dommanget (2000), les Odonates, utilisés isolément comme bioindicateurs des milieux aquatiques, ne constituent pas un ordre très pertinent pour orienter à lui seul les mesures conservatoires. Les odonates restent tout de même un taxon intéressant en remplissant un certain nombre de critères qui en font un groupe utile pour répondre à bon nombre de problématiques en écologie appliquée à la conservation (Oertli, 2008) :

- ✈ Les libellules se révèlent être d'excellents outils pour la conservation des milieux d'eau douce car elles permettent de dresser un premier aperçu de la qualité et de la structure des habitats aquatiques ;
- ✈ Elles sont présentes sur l'ensemble du globe hormis dans quelques écosystèmes très extrêmes et la plupart des espèces sont sténotopiques et donc spécifiques d'un certain type d'habitat ;
- ✈ Leurs larves colonisent la majorité des écosystèmes aquatiques continentaux mais les adultes sont également dépendants des habitats terrestres pour accomplir l'ensemble de leur cycle de développement. Cela en fait un groupe phare pour l'étude de l'interface entre habitats aquatiques et terrestres ;
- ✈ Elles sont des insectes très sensibles aux variations thermiques. Leur promptitude à réagir à ce paramètre et leur exceptionnelle aptitude au vol en font des indicateurs tout désignés pour détecter un éventuel réchauffement climatique ;
- ✈ Elles sont considérées comme des espèces « clés de voûte » puisqu'ils assurent les rôles de prédateurs et de proies dans la chaîne trophique ;
- ✈ Ce sont également des espèces « parapluies » puisqu'en les préservant c'est l'ensemble de la communauté inféodée au milieu aquatique qui l'est aussi ;
- ✈ Elles figurent parmi les insectes les plus populaires et charismatiques, ce qui, d'une part, en font des ambassadrices influentes pour la conservation des milieux d'eau douce et, d'autre part, permet de sensibiliser davantage les non-spécialistes.

L'ensemble de ces caractéristiques devraient mettre les Odonates au-devant de la scène de la conservation.

IV- STATUT ET CONSERVATION DES ODONATES

Le statut des espèces identifiées dans la liste rouge comprend les catégories suivantes :

- ✈ En danger critique d'extinction (CR): Une espèce est dite en danger critique d'extinction lorsque qu'elle est confrontée à un risque extrêmement élevé d'extinction à l'état sauvage.

- ✂ Espèce en danger (EN) : Une espèce est dite En danger lorsqu'elle est confrontée à un risque très élevé d'extinction à l'état sauvage
- ✂ Espèce vulnérable (VU) : Une espèce est dite vulnérable lorsqu'elle est confrontée à un risque élevé d'extinction à l'état sauvage.
- ✂ Espèce quasi menacé (NT) : Une espèce est dite quasi menacé lorsqu'elle est près de remplir les critères du groupe menacé ou qu'elle les remplira probablement dans un proche avenir.
- ✂ Préoccupation mineure (LC) : Dans la catégorie préoccupation mineure sont incluses les espèces largement répandues et abondantes (Afaïfia & khalfa, 2016).

Sur les 82 espèces de libellules d'Afrique du Nord évaluées, près du quart (24,4%) sont menacées d'extinction : 7,3% d'entre eux sont en danger critique d'extinction, 8,5% en danger et 8,5% vulnérables (VU). Alors que 43 espèces (52,4%) sont classées comme Préoccupation mineure (LC), 8 taxons (9,8%) sont classés comme Quasi menacés (NT) (*Boyeria irene*, *Coenagrion scitulum*, *Pyrrhosoma nymphula*, *Cordulegaster boltonii algerica*, *C. princeps*, *Gomphus simillimus maroccanus*, *Onychogomphus costae* et *Zygonyx torridus*), 5 espèces (6,1%) en données insuffisantes (DD) (*Enallagma cyathigerum*, *Ischnura evansi*, *I. senegalensis*, *Lestes numidicus* et *Orthetrum ransonnetii*). L'espèce *Pantala flavescens* est une espèce vagabonde en Afrique du Nord et est donc considérée comme non prise en considération dans cette évaluation régionale (1,2%). Au total, 6 espèces (7,3 %) ont été évaluées comme étant disparues de la région (Garcia et al., 2010).

V- HISTORIQUE ET ETAT DES LIEUX DES ODONATES ALGERIENNE

L'étude des Odonates de l'Algérie a commencé dès le milieu du XIX^e siècle, les libellules d'Algérie ont incité l'intérêt des naturalistes et cet attrait s'est maintenue et ne s'est pas estompée jusqu'à ce jour.

En Algérie, un total de 63 taxons est répertorié dans la liste de référence nationale (Samraoui & Menai, 1999). Ces auteurs citent alors 53 espèces auxquelles 10 autres taxons supposés authentiques sont ajoutés à partir d'informations historiques (*Calopteryx exul*, *C. splendens*, *C. virgo meridionalis*, *Pseudagrion hamoni*, *Lindenia tetraphylla*, *Cordulegaster boltonii algerica*, *Cordulia aenea*, *Orthetrum brunneum*, *Pantala flavescens* et *Rhyothemis semihyalina*). Parmi ces 10 espèces, seulement quatre sont considérés comme de véritables signalements passés à savoir : *Lindenia tetraphylla* (Gomphidae) ; *Cordulegaster boltonii*

algirica (Cordulegastridae) ; *Cordulia aenea* (Corduliidae) et *Rhyothemis semihyalina* (Libellulidae) et ont été considérés comme localement éteints (Samraoui & Corbet, 2000a). (*C. exul*, *C. splendens* et *C. virgo meridionalis*), inféodées aux milieux lotiques, n’ont plus été trouvées depuis fort longtemps, jusqu’à récemment, où un certain nombre d’espèces commence à faire surface. C’est le cas d’ailleurs de *Calopteryx exul* qui n’avait plus été observée en Algérie depuis plus d’un siècle, et a été observé en 2011 dans l’hydro système de la Seybouse (Khelifa *et al.*, 2011) et par (Chelli *et al.*, 2019) à Oued Boussellam dans la région de Bejaia. C’est le cas également de *Lindenia tetraphylla* en danger critique d’extinction, signalée pour la première fois en Algérie au XIXe siècle et a été considérée comme éteinte (Boudot *et al.* 2009) et redécouverte en 2018 dans le parc national d’El Kala, au nord-est de l’Algérie, après 170 ans d’absence (Khelifa & Zebsa, 2018). La cause principale de cette absence étant probablement due à la dégradation de leurs habitats privilégiés (Samraoui & Menai, 1999). Et récemment, une nouvelle espèce vient de s’ajouter à la liste, il s’agit de la petite nymphe au corps de feu (*Pyrrhosoma nymphula*), recensée par Ait Taleb *et al.* (2022) dans un ruisseau à Ait Alaoua dans la région de Tizi Ouzou.

Les 64 espèces répertoriées jusqu’à ce jour, se répartissent dans 09 familles entre Anisoptères et Zygoptères (Fig.8) ci-dessous.

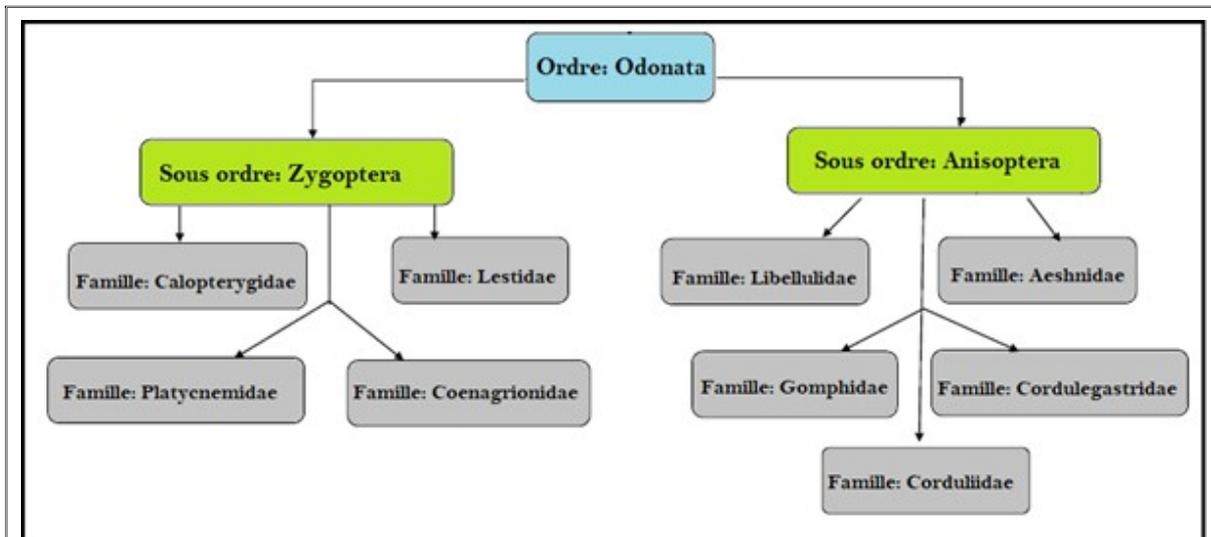


Fig.8. Les différentes familles d’odonates existantes en d’Algérie.

Mais sur les 10 taxons non recensés, seuls quatre sont considérés comme de véritables signalements passés à savoir : *Lindenia tetraphylla* (Gomphidae) ; *Cordulegaster boltonii*



algerica (Cordulegastridae) ; *Cordulia aenea* (Corduliidae) et *Rhyothemis semihyalina* (Libellulidae) et ont été également considérées comme localement éteintes (Samraoui & Corbet, 2000 a). Notons que la première espèce, *Lindenia tetraphylla* est bel et bien présente au nord-est algérien et redécouverte dans le parc national d'El Kala, après 170 ans d'absence (Khelifa & Zebsa, 2018).

Donc la faune odonatologique de l'Algérie actuellement recensée sans tenir compte des signalements anciens se résume à 56 espèces [**↳ Voir Annexes 1**].

METHODOLOGIE



I- DESCRIPTION DES SITES D'ETUDE

I-1- Choix des sites

En plus de l'intérêt que présentent ces sites sur le plan écologique et scientifique, la principale raison incitant notre travail dans ces oueds est d'ordre anthropique. Ces sites situés près des habitations et avec lesquels des eaux thermales se mélangent, sont sujette à de nombreuses perturbations. En effet, ces Hammams, sont des endroits très convoités par les visiteurs venant se détendre et profiter des bienfaits de ces eaux thermales ; de ce fait, les eaux usées des habitations des alentours ainsi que l'eau chaude et savonneuse y sont déversées dans ces oueds changeant inévitablement la chimie et la qualité de l'eau de ces biotopes humides. Ces donc, pour ces déférentes raisons que notre choix s'est porté sur ces sites.

I-2- Localisation et caractéristiques des sites

Les 03 sites choisis dans le cadre de cette étude, sont les trois (03) sources géothermales que renferme la région de Bejaia (**Fig.09**), à savoir : Hammam Sidi Yahia (S3) sis à Bouhamza à 50 km au Sud-est de la ville de Bejaia ; et les deux autres situés au Nord-ouest de la ville de Bejaia, il s'agit de Hammam Sillal (S2) qui se trouve à Tifra et Hammam Kiria (S1) sis à assif el Hammam dans la région d'Adekar. Rappelons que ces sources déversent leurs eaux dans des cours qui les traversent.

Les coordonnées, l'altitude en mètres au-dessus du niveau de la mer, la valeur du pH, le débit d'eau (m/s), l'oxygène dissous (%), les températures (°C) pour chacun des sites d'échantillonnage sont donnés dans les (**Tab.2**) et (**Tab.3**) ci-dessous :

Tab.2.Caractéristiques des sites d'études de la région de Bejaia.					
Site d'étude	Code	Localité	Altitude	Latitude	Longitude
Hammam Kiria	S1	Adekar (Assif El Hammam)	594 m	36.4314 10°N	4.341512°E
Hammam Sellal	S2	SidiAiche (Tifra)	266 m	36.385422°N	4.402680°E
Hammam Sidi Yahia	S3	Bouhamza (Tamokra)	240 m	36.420778°N	4.619000°E



Sites d'étude	Hamam Kiria (S1)		Hamam Sillal (S2)		Hamam Sidi Yahia (S3)	
	Amont (Z1HK)	Aval (Z2HK)	Amont (Z1HS)	Aval (Z2HS)	Amont (Z1HY)	Aval (Z2HY)
T° de l'eau (°C)	23.8	25.8	25.95	38.44	19.6	22.52
Oxygène dissout (%)	29.3	26.6	46.09	35.80	34.6%	28.90
pH de l'eau	9.32	6.45	08.73	6.35	08.63	07.35
Vitesse d'écoulement (m/s)	1.20	0.85	0.71	00.40	00.55	00.37

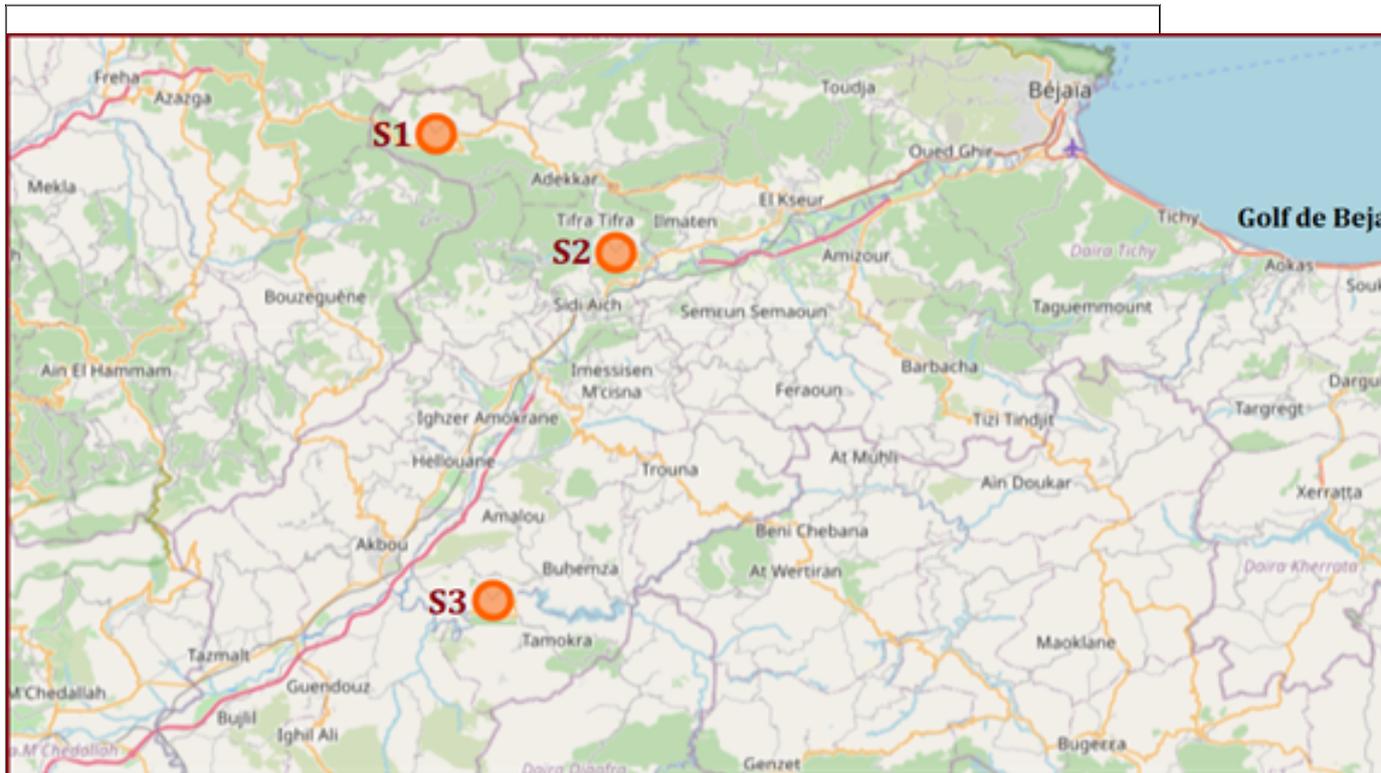


Fig.09. Situation et localisation des sites d'études dans la région de Bejaia.

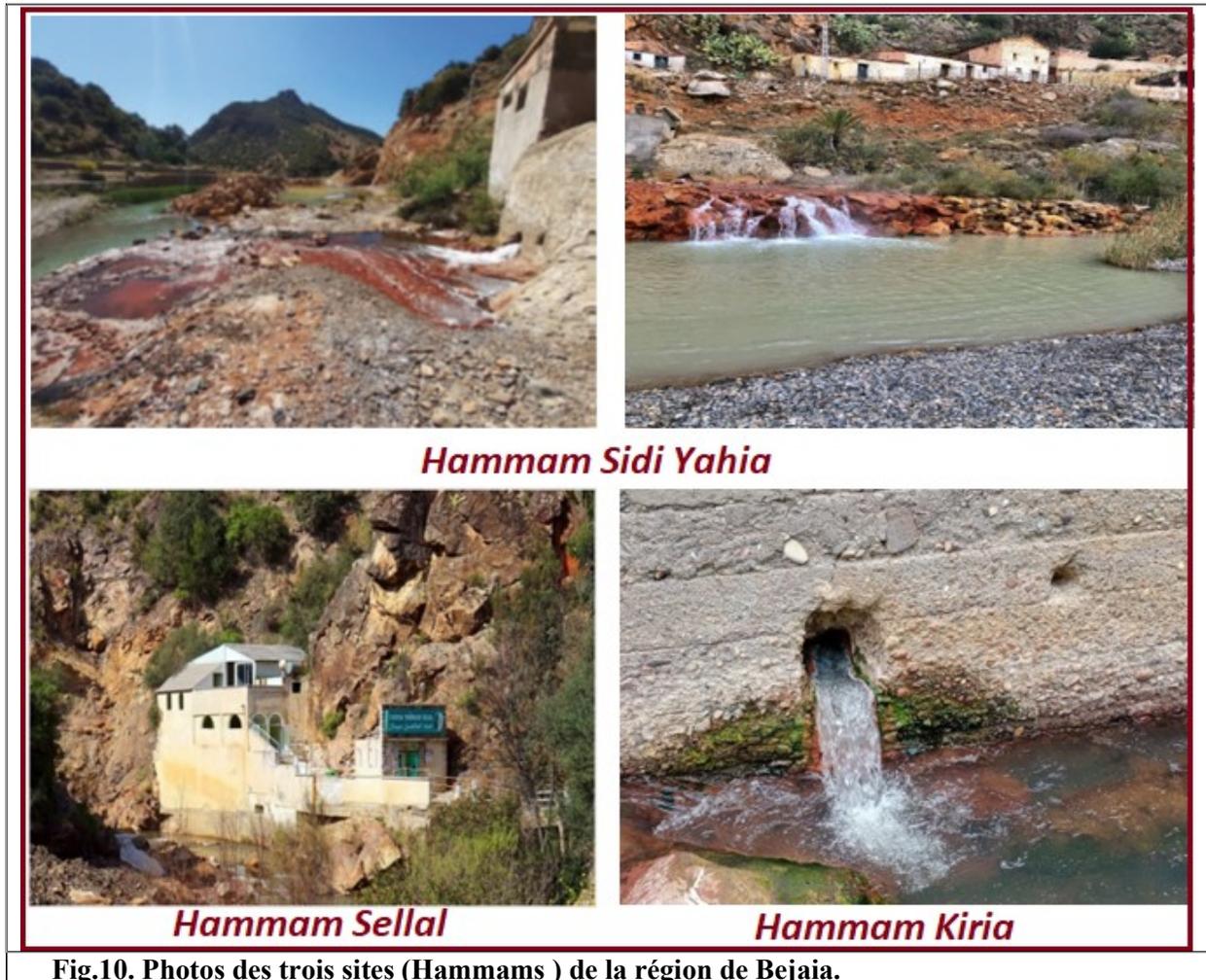


Fig.10. Photos des trois sites (Hammams) de la région de Bejaia.

I- MATERIEL UTILISE

Pour suivre et échantillonner les odonates, tels que les libellules et les demoiselles, dans les milieux humides, nous aurons besoin de divers équipements de terrain qui permettent d'observer, de capturer les spécimens ; de mesurer les paramètres de l'eau et de l'environnement ainsi que des vêtements adaptés aux conditions sur le terrain, y compris des bottes imperméables, des pantalons légers et une protection solaire, car les odonates sont souvent associés à des zones humides.

Les libellules sont pour la plupart des insectes farouches. Il convient donc d'adapter sa tenue vestimentaire en évitant les couleurs trop claires, car ils rendent trop perceptibles les mouvements de l'observateur. La prospection des zones humides nécessite une paire de bottes ou des sandales en caoutchoucs adaptées à ces milieux. Outre la tenue vestimentaire adaptée, l'observation des libellules requiert un minimum de matériel. En effet, l'étude et l'inventaire des libellules nécessitent un équipement de terrain qui permet à la fois de les capturer, de les



observer et de noter les informations sur leur comportement dans les différents biotopes. A chaque sortie sur terrain, le prospecteur devrait s'équiper du matériel suivant (Fig.11) :

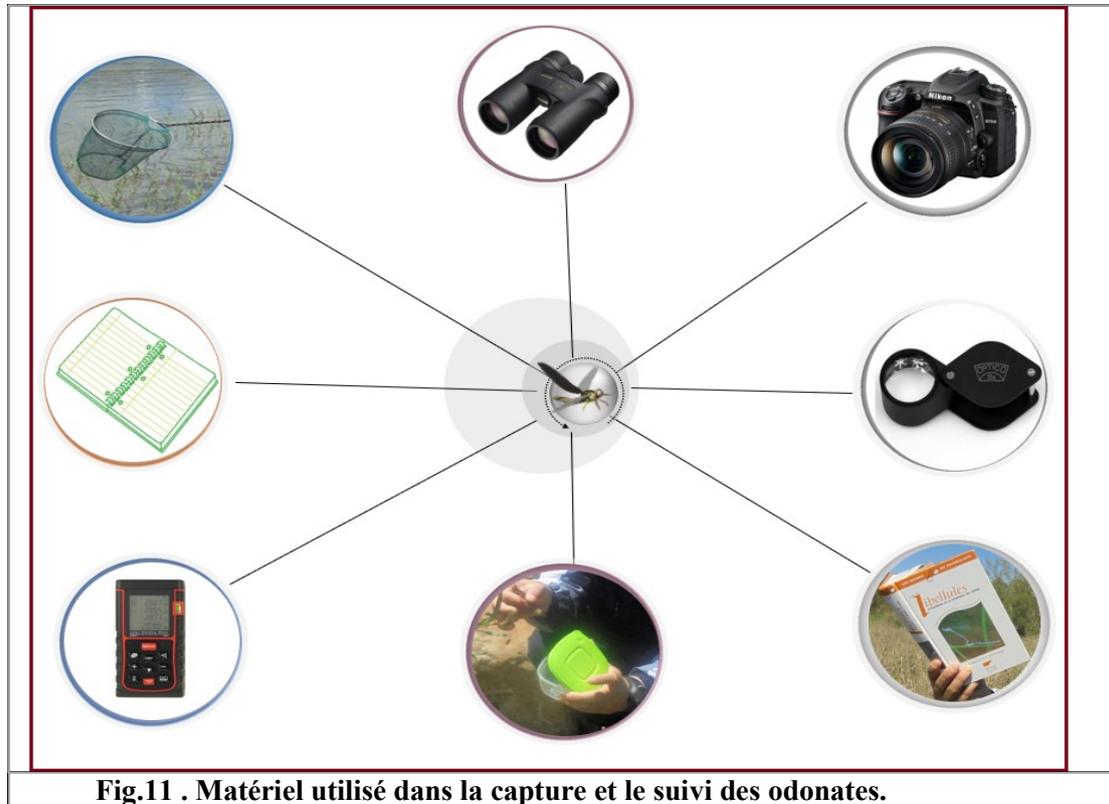


Fig.11 . Matériel utilisé dans la capture et le suivi des odonates.

- ✈ Le filet entomologique
- ✈ La loupe aplanétique
- ✈ Boîtes de récolte
- ✈ Une paire de jumelles
- ✈ Un appareil photo numérique
- ✈ Guides d'identification de terrain
- ✈ Un multi paramètre
- ✈ Un carnet de terrain

II- METHODOLOGIE DE TRAVAIL

En fonction de l'état des connaissances, des objectifs et des moyens disponibles à mettre en œuvre ; l'échantillonnage et le suivi des odonates dans leurs habitats reposent sur différents types de protocoles (Varanguin & Sirugue, 2007). En ce qui concerne notre étude, le protocole mis au point selon la question à laquelle on voulait répondre, (c.a.d : est-ce que



les sources géothermales peuvent influencer la richesse et la distribution des odonates d'un cours d'eau entre l'amont et l'aval. Pour ce faire, un échantillonnage des odonates et des mesures des paramètres de l'eau ont été réalisés à chaque visite dans les deux (02) zones des trois (03) sites d'étude. En effet, dans chaque site, deux zones ont été échantillonnées et prospectées à savoir une zone se trouvant à 500 m en Amont de la source géothermale (Z1) et une autre zone se trouvant à 500 m en Aval (Z2). Dans chaque zone, un transect de 500 mètres de ligne de rive a été prospecté. Les transects ont été divisés en 05 sections de 100 mètres (**Fig.12**). Sur chaque transect, un relevé exhaustif de tous les odonates présents a été réalisé sur une période de 04 mois (d'avril à Juillet 2023) à raison de 02 sortie par mois. Chaque tronçon a été prospecté à partir d'une des berges en marchant lentement et régulièrement pour identifier les individus et les exuvies dans la végétation et au-dessus de l'eau. Lors de chaque visite, les 02 zones de chaque site ont été échantillonnées le même jour. La durée de chaque visite était d'environ 2 heures par temps favorable, entre 10 heures et 15 heures, pendant les périodes où les températures étaient supérieures à 18 °C. Une période supplémentaire de 20 min a été allouée aux abords immédiats de chaque zone (végétation herbacée, ligneuse, etc.) pour recenser les adultes abrités. Tous les odonates ont été identifiés visuellement à l'aide d'une paire de jumelles ou capturés à l'aide d'un filet à papillons lorsque nécessaire et identifiés à l'aide d'une loupe aplanétique et de guides d'identification pertinents (D'Aguilar & Dommaget 1998 ; Grand & Boudot 2006). En cas de doute, les spécimens capturés sont placés dans des boîtes en plastique étiquetée pour une identification plus poussée au laboratoire. En ce qui concerne la qualité de l'eau, nous avons réalisés la mesure des paramètres de l'eau à l'aide d'un multi paramètre ainsi que des indices visuels afin de nous informer d'une pollution ou d'une perturbation susceptible de nuire aux odonates. Il s'agit de la présence de déchets, de produits d'origine ménagère, de mousse ou d'algues filamenteuses et d'une eau turbide ou boueuse ou savonneuse.

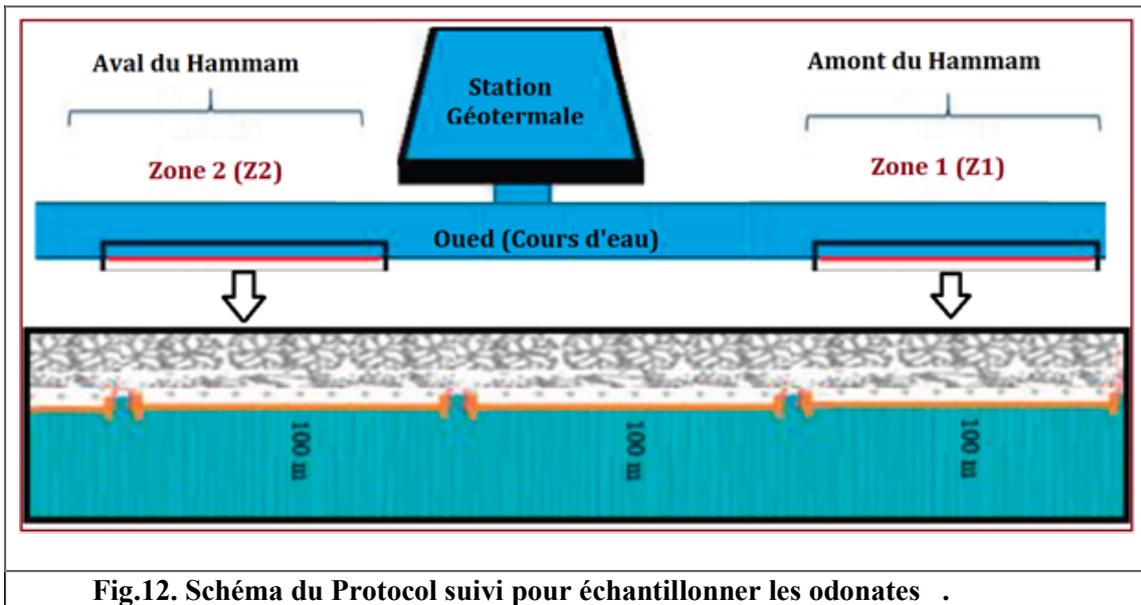


Fig.12. Schéma du Protocol suivi pour échantillonner les odonates .

V. INDICES ECOLOGIQUES APPLIQUES

Afin de mieux appréhender la structure et la composition de l'odonatofaune, des indices écologiques ont été appliqués aux odonates recensés. Les différents indices utilisés sont les suivant (Fig.13.)

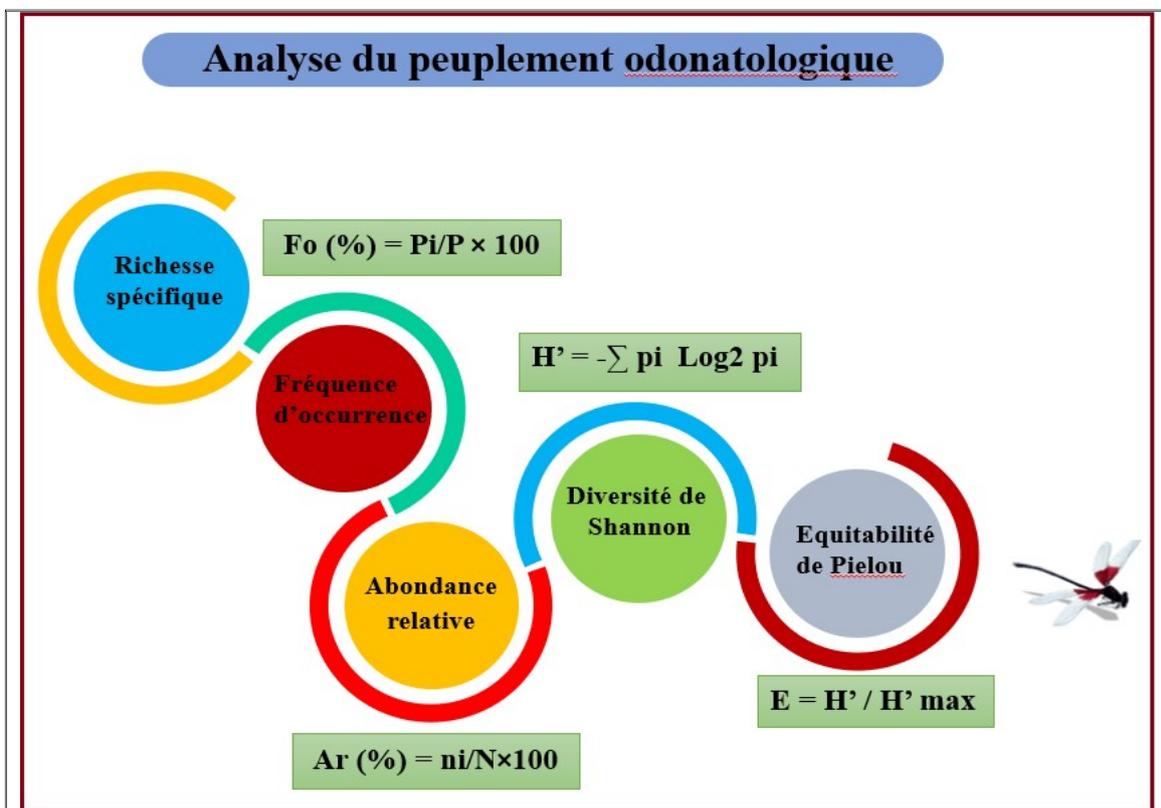


Fig.13 . Indices écologiques utilisés pour exploiter les résultats.



V.1. Indices écologiques de composition

V.1.1. Richesse spécifique

Selon Ramade (1984), la richesse spécifique est le nombre total d'espèces qui comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. Pour la présente étude, il s'agit de l'ensemble des espèces d'odonates contactées dans une station durant les six mois d'étude.

V.1.2. Abondance relative (Ar)

L'abondance relative d'une espèce est le rapport de son abondance spécifique à l'abondance totale. L'abondance totale correspond au nombre d'individus de toutes les espèces du peuplement.

$$F_c (\%) = n_i/N \times 100$$

n_i : est le nombre des individus d'une espèce

N : est le nombre total des individus toutes espèces confondues (Dajoz, 1985).

V.1.3. Fréquence d'occurrence (Fo)

La fréquence d'occurrence est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée, par rapport au nombre total de relevés (Dajoz, 1985). Dans notre cas, il s'agit du rapport du nombre de stations contenant l'espèce prise en considération par rapport au nombre total de stations.

Elle est calculée par la formule suivante :

$$F_o (\%) = P_i/P \times 100$$

P_i : est le nombre de stations contenant l'espèce prise en considération.

P : est le nombre total de stations étudiées (Dajoz, 1985).

V.2. Indices écologiques de structures

Dans les études écologiques, la diversité biologique apparaît comme un concept direct pouvant être évalué d'une manière rapide et facilement compréhensible, il se trouve que les mesures de cette diversité constituent de bons indicateurs de la santé des écosystèmes (Magurran, 1988).



V.2.1. Diversité

La diversité d'un peuplement exprime le degré de complexité de ce peuplement. Elle s'exprime par un indice qui intègre à la fois, la richesse du peuplement et les abondances spécifiques. Parmi les indices disponibles permettant d'exprimer la structure du peuplement, nous avons retenu celui de Shannon. Il se calcule par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad \text{où} \quad P_i = n_i / N$$

S : Richesse

n_i : Effectif de l'espèce i

N : Effectif total du peuplement H' est exprimé en Bit (Binary digit).

Cet indice permet d'évaluer la diversité réelle d'un peuplement dans un milieu. Sa valeur varie de 0 (une seule espèce) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont la même abondance). Il mesure le degré de complexité d'un peuplement. Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée. A l'inverse, une valeur faible de cet indice correspond soit à un peuplement caractérisé par un petit nombre d'espèces pour un grand nombre d'individus, soit à un peuplement dans lequel il y a une ou deux espèces dominantes. Selon Magurran (1988), la valeur de cet indice varie généralement entre 1,5 et 3,5, il dépasse rarement 4,5.

A partir de cet indice, on calcule la diversité maximale (H'_{\max}) appelée aussi diversité fictive, dans laquelle chaque espèce serait représentée par le même nombre d'individus (Ponel, 1983). Elle se calcule par la formule suivante : $H'_{\max} = \log_2 S$.

V.2.2. Equitabilité ou équirépartition

L'indice d'équitabilité (E) est le rapport entre la diversité calculée (H) et la diversité théorique maximale (H_{\max}). Des peuplements à physionomie très différente peuvent ainsi avoir la même diversité. Il est donc nécessaire de calculer parallèlement à l'indice de diversité H' , l'équitabilité (E) en rapportant la diversité observée à la diversité théorique maximale (H'_{\max}).

$$E = H' / H'_{\max} \quad \text{où} \quad H'_{\max} = \log_2 S \quad S = \text{richesse}$$

Cet indice varie de 0 et 1. Lorsqu'il tend vers zéro, cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce de peuplement, celui-ci est en



déséquilibre. Il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance et les populations sont en équilibre (Barbault, 1981).

RESULTATS ET DISCUSSION



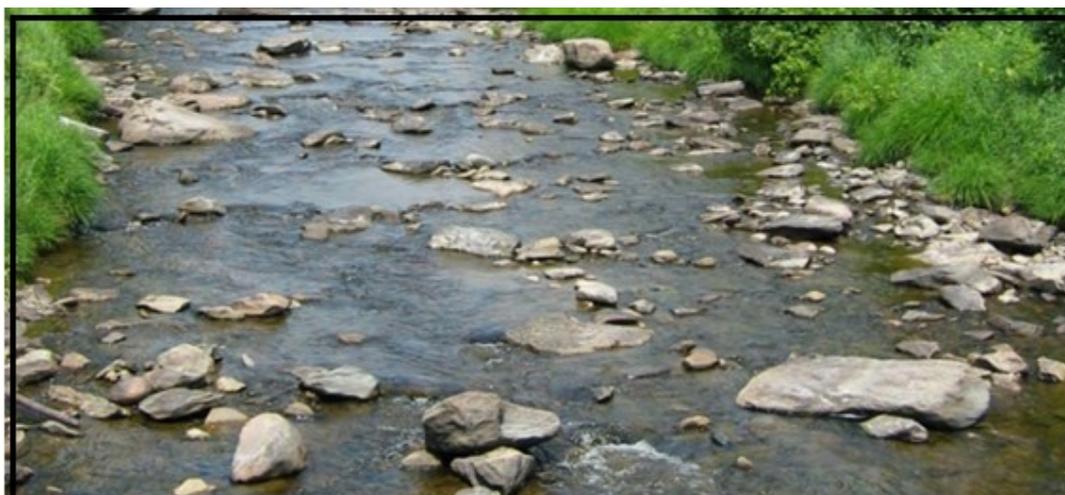
Cette partie, est une synthèse générale où les résultats obtenus seront discutés. En premier lieu, une rétrospective sur l'état de conservation des trois sites humides étudiés est mise en avant afin d'avoir une idée globale sur leur état de santé et de déceler les perturbations susceptibles de nuire aux odonates associés à ces milieux humides ; en deuxième lieu, la composition et la structure de l'odonatofaune inféodée à ces biotopes humides de la région de Bejaia est analysée. A savoir : leur répartition dans les habitats ; leur abondance ainsi que leur statut de conservation dans la liste rouge de l'UICN pour l'Afrique du Nord.

I. Aperçu sur l'état des sites

Afin d'évaluer la qualité écologique des trois milieux humides, deux types d'approche ont été développés : l'approches physico-chimiques et l'approches visuelle. Ces deux approches sont complémentaires. La connaissance physico-chimique d'un milieu peut permettre d'apporter des éléments de réponse sur sa qualité écologique come par exemple le pH, le taux de l'oxygène dissout etc. Mais certains phénomènes biologiques ne peuvent pas être détectables par une analyse physico-chimique. Par contre, elle pourra être détectée par des indices visuels et de la faible densité de espèces vivant dans ce milieu.

I.1. Résultats

Au cours des différentes prospections de terrain en quête de suivi des Odonates dans les trois sites étudiés, nous avons réalisé en parallèle une évaluation et un constat sur l'état de conservation des habitats des libellules. Rappelons qu'en plus des mesures des paramètres de l'eau, l'évaluation et complétée par des indices visuels à savoir : la couleur de l'eau, la présence des algues, la présence des eaux usées, rejets de déchets etc. Vous trouverez ci-dessous des photos prises en Amont et Avals des trois stations géothermales qui se trouve dans la wilaya de Bejaia(Fig. 14 et 15).



Hammam Sidi Yahia



Hammam Sellal



Hammam Kiria

Fig.14. Photos des stations situées en Amont des trois sites (Hammams)



Fig.15 :Photos de l'anthropisation sur des stations situées en Aval de HemmamKirya et Sellal

I.2. Discussion

Les sources géothermales, bien que représentant un aspect thérapeutique et un espace de détente pour les riverains et les visiteurs, peuvent engendrer des perturbations sur les oueds et la faune qui en dépend.

Apart les baignades en période estivale par les riverains, les parties Amont des trois sites étudiés semblent moins perturbés que les parties Avals de ces sources thermales. En effet, à l'exception de Hammam Sidi Yahia se trouvant sur l'oued Bousselam qui à priori semble



moins touché, la situation par contre dans les deux autres oueds est très inquiétante. En plus du déversement de l'eau chaude qui entraîne une modification de la température de l'eau dans les cours d'eau environnants, d'autres signes de perturbation ont été notés. La fréquentation accrue des visiteurs pour ces stations thermales entraîne une perturbation de ces milieux fragiles par les rejets de l'eau savonneuses et des détergents ainsi que les eaux usées provenant des ménages. A cela, s'ajoute la décharge irresponsable de leurs déchets directement dans l'eau des oueds environnants. Cette situation pourrait avoir des effets néfastes sur les communautés d'Odonates. En l'absence de mesures adéquates de protection et de conservation, ces habitats perdront progressivement leur biodiversité exceptionnelle.

II. Listing des odonates recensés

II.1. Résultats

La liste et le statut des espèces d'odonates enregistrées dans les trois sites d'étude de la région de Bejaia au cours de la période d'échantillonnage sont donnés dans le (Tab.4) ci-dessous. Les taxons du groupe "famille" sont présentés par ordre systématique, et ceux des groupes "genre" et "espèce" sont présentés par ordre alphabétique. Le statut des espèces enregistrées est tiré des listes rouges méditerranéennes et nord-africaines de l'UICN (Riservato et al. 2009 ; Samraoui et al. 2010).



Tab.4. Liste des espèces recensées dans les sites d'étude de la région de Bejaia

Ordres	Familles	Espèces	Sites d'étude			Statut
			(S1) HK	(S2) HS	(S3) HSY	
ZYGOPTERA (35%)	Calopterygidae (8%)	<i>Calopteryxhaemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)*	+	+	+	LC
		<i>Calopteryxexul</i> Selys, 1853	-	-	+	EN
	Lestidae (8%)	<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)	+	-	+	LC
		<i>Sympecmafusca</i> (Vander Linden, 1820)	-	-	+	LC
	Platynemididae	<i>Platynemissubdilata</i> Selys, 1849	-	-	++	LC
	Coenagrionida (15%)	<i>Erythrommalindennii</i> (Selys, 1840)*	+	+	+	LC
		<i>Ceriagriontenellum</i> (Villers, 1789)	-	-	+	LC
		<i>Coenagrionscutilum</i> (Rambur, 1842)	-	-	+	NT
<i>Ischnuragraellsii</i> (Rambur, 1842) *		+	+	+	LC	
ANISOPTERA (65%)	Aeshnidae (15%)	<i>Anax imperator</i> Leach, 1815 *	+	+	+	LC
		<i>Anaxparthenope</i> (Selys, 1839)	+	+	-	LC
		<i>Boyeri airene</i> (Fonscolombe, 1838)	+	-	-	LC
		<i>Hemianaxephippiger</i> (Burmeister, 1839)*	+	+	+	LC
	Gomphidae (15%)	<i>Gomphuslucasii</i> Selys, 1849	-	-	+	EN
		<i>Onychogomphuscostaeselys</i> , 1885	-	-	+	NT
		<i>Onychogomphusforcipatus</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+	+	LC
		<i>Onychogomphusuncatus</i> (Charpentier, 1840)	-	-	+	LC
	Libellulidae (35%)	<i>Crocothemiserythraea</i> (Brullé, 1832)*	+	+	+	LC
		<i>Orthetrumcancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	-	+	+	LC
		(Burmeister, 1839)*	+	+	+	LC
		<i>Orthetrumcoerulescens</i> (Fabricius, 1798)	-	+	-	LC
		<i>Orthetrumnitidinerve</i> Selys, 1841	-	-	+	LC
		<i>Sympetrumfonscolombii</i> (Selys, 1840)	-	-	+	LC
		<i>Sympetrumstriolatum</i> (Charpentier, 1840)	-	-	+	LC
<i>Trithemisannulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)*	+	+	+	LC		
<i>Trithemiskirbyi</i> Selys, 1891	-	+	-	LC		
TOTAL	07	26	12	13	22	
+ : Présence - : Absence * : Taxons en commun						
HK : Hammam KiriaHS: Hammam Sellal HSY : Hammam Sidi Yahia						
LC : Least ConcernEN : EndangeredNT : Near Threatened						

II.2. Discussions

Nos différentes prospections mensuelles sur le terrain en quête des Odonates des trois sites d'étude de la région de Bejaia, nous ont permis de recenser vingt-six (26) espèces d'Odonates appartenant aux deux sous-ordres: Zygoptères Neuf (09) espèces et Anisoptères Dix-sept(17) espèces. Ces espèces se rangent dans Seize (16) genres sous Sept (07) familles. Avec cette richesse, ces trois sitesrenferment72% de l'odonatofaune de la région de Bejaia qui est de Trente-six (36) espèces selon [Chelli& Moulai \(2019\)](#) ; [Chelli et al. \(2020\)](#) ;et presque 59%des espèces connues de la Numidie ([Samraoui&Corbet 2000](#)) et plus de 40%de l'odonatofaune



Algérienne comprenant 64 espèces selon (Samraoui et Menai, 1999 ; Ait Taleb et al., 2022). Les Anisoptères sont les plus dominants, il représente 65% de l'odonatofaune recensée, alors que les Zygoptères ne comptent que 35% de cette faune. Cela pourrait être dû à leur haute capacité de dispersion à l'inverse des Zygoptères qui possèdent une capacité de dispersion limitée (Batzer & Wissinger 1996 ; Williams 1997 ; Lawler 2001) et à leur adaptabilité à un large éventail d'habitats (Suhling et al., 2004). Si aucune de ces espèces n'est nouvelle pour l'Algérie, une par contre est nouvelle pour Bejaia, il s'agit de de l'Aeshnidae, *Boyeriarena* (Fonscolombe, 1838).

Les trois zones humides prospectées partagent Huit (08) espèces à savoir : *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Erythrommalindennii*, *Ischnuragraellsii*, *Anax imperator*, *Hemianax ephippiger*, *Onychogomphus forcipatus*, *Crocothemis erythraea*, *Orthetrum chrysostigma* et *Trithemis annulata* (Tab.4).

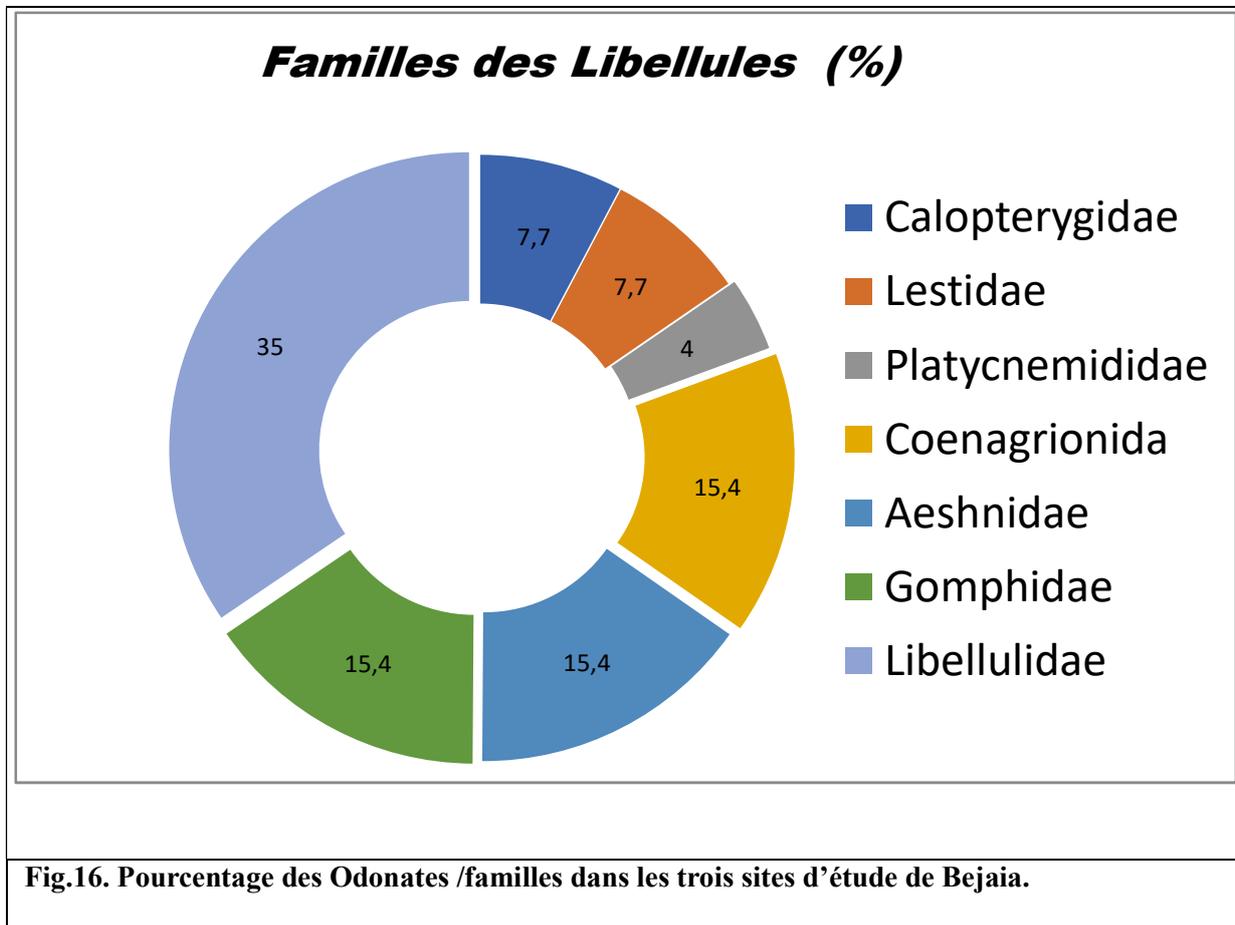
Plus de 80% des espèces inventoriées dans les trois milieux humide prospectés sont de catégorie (LC) (Least Concern = Préoccupation mineure). Cependant, selon la liste rouge de l'UICN (Afrique du Nord), deux (02) espèces sont considérées en danger d'extinction (EN), il s'agit de : *Calopteryx exul* et *Gomphus lucasi* ; et deux (02) autres sont rangées dans la catégorie (NT) (Near Threatened = Quasi menacées à savoir : *Coenagrion scitulum* et *Onychogomphus costae*. Rappelons que *Calopteryx exul*, n'a été observé en Algérie depuis plus d'un siècle, jusqu'en 2007 dans la Seybouse (nord-est Algérien) par Khelifa et al. (2011) et à oued Bousselam (Bejaia) en 2019 par Chelli et al. (2019). L'oued Bousselam représente donc, le deuxième site pour cette espèce après la Seybouse. Une protection efficace de cet oued est donc nécessaire afin de conserver cette espèce emblématique en forte régression dans l'ensemble du Maghreb.

Il est à noter que les plus importantes espèces d'Odonates des milieux lotiques (eaux courantes) endémiques Maghrébines telles que (*Platycnemis subdilatata*, *Ceriagrion tenellum*, *Coenagrion scitulum*, *Erythrommalindennii*, *Calopteryx exul* et *Gomphus lucasi*) sont présentes actuellement ; d'autres auraient très probablement dû exister dans ces trois sites avant l'impact humain et que la quasi-totalité des taxons rencontrés sur ces sites durant notre étude sont des espèces ubiquistes (*Ischnuragraellsii*, *Crocothemis erythraea*, *Orthetrum cancellatum*, *Orthetrum coerulescens*, *Sympetrum fonscolombii* et *Trithemis annulata*). Il y a lieu également de mentionner que la majorité des espèces recensées sont des éléments Euro-sibériennes, Afro tropicaux, Afro européens et Afro-asiatiques, tandis que les éléments Méditerranéens et



Maghrébins sont peu représentés, ce qui met en évidence la banalisation de la faune de ces trois sites.

La famille des Libellulidae est la plus représentée en espèces en comptabilisant à elle seule Neuf (09) espèces ce qui représente 35% de l'odonatofaune recensée, suivie par les Trois (03) familles des Gomphidae, Aeshnidae et Coenagrionidae avec 15% chacune (Fig 16.). Cela peut s'expliquer d'une part par le fait que cette famille renferme le nombre le plus important d'espèces au Maghreb et dans tout le bassin Méditerranéen (Riservatoet *al.*, 2009 ; Samraouiet *al.*, 2010) ; d'autre part, les Libellulidae disposent d'un avantage évident sur les Zygoptères et les Aeshnidae qui sont des espèces à ponte endophyte. En effet, les femelles des Libellulidae lâchent leurs œufs au contact ou au-dessus de l'eau, comportement qui les libère d'une stricte dépendance à un support végétal (Grand, 2009).





III. Analyse écologiques des peuplements d'odonates recensés

III.1. Indices écologiques de composition

III.1.1. Richesses

a- Résultats

Les résultats obtenus en calculant les richesses en espèces par station et par site dans la région d'étude sont consignés dans le (Tab.5) et représentés dans la (Fig.17) ci-dessous.

Tab.5 Richesses spécifiques par sites et par stations dans notre région d'étude

<i>Sites</i>	Hemmam Kiria		Hemmam Sillal		Hemmam Sidi Yehia	
<i>Stations</i>	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
Richesses totales/ station	12	08	13	08	19	10
Richesses totales/ du site	12		13		22	

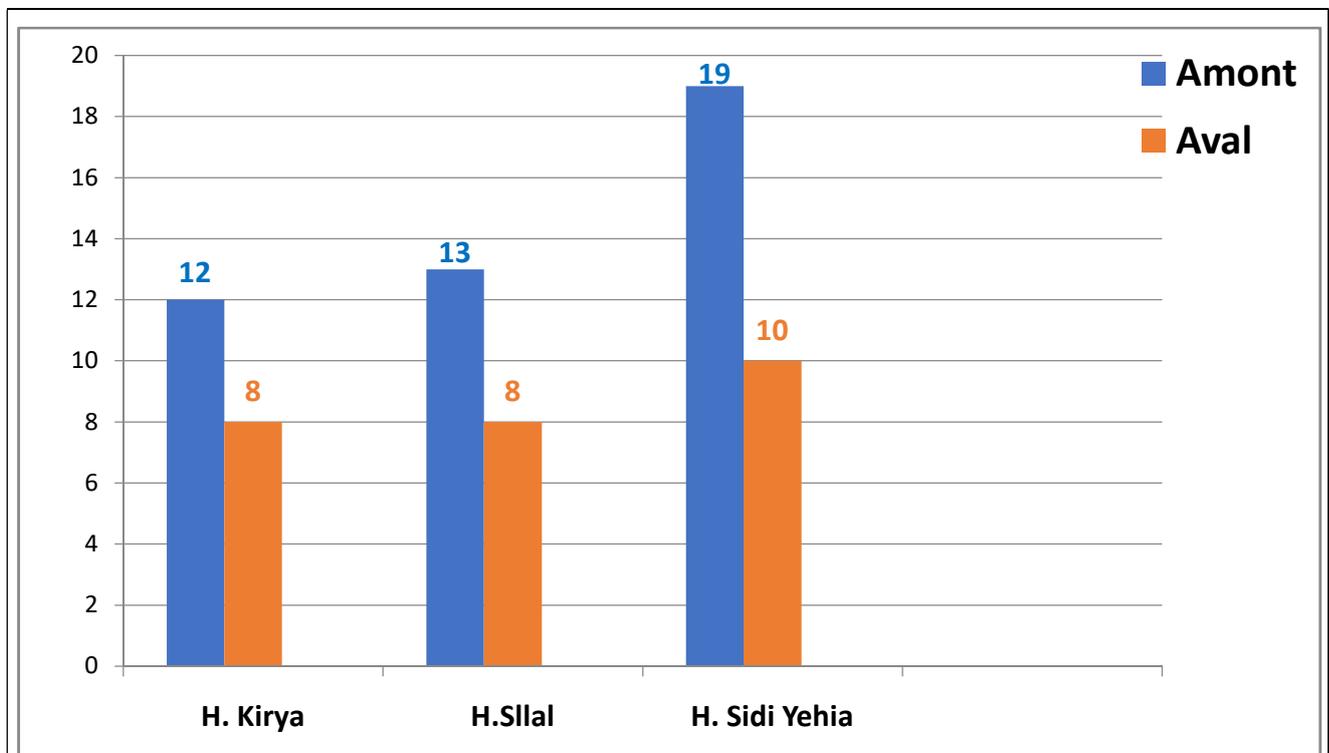


Fig.17. La richesse en espèces d'odonates par site et par station dans la région de Bejaia.



b- Discussion

A la lumière des résultats portés dans le (Tab.5) et représentés dans la (Fig.18), on constate que le site le plus riche en espèce est incontestablement Hammam Sidi Yahia (S3), comptabilisant 22 espèces alors que les deux autres sites renferment qu'une dizaine seulement, 13 à Hammam sillal (S2) et 12 à Hammam Kiria (S1). Cette importante richesse est due vraisemblablement à la physionomie et la végétation et le substrat bordant les rives. En effet cet oued est le seul à avoir un écoulement rapide et présenter par endroits des bassins stagnants avec une eau limpide, constituant des endroits de prédilection pour les odonates des milieux lenticulaires. Ces rives sont fortement végétalisées ce qui favorise l'installation des Zygoptères tel que les Coenagrionidae. Cet oued avec son eau bien oxygénée et son lit sablonneux et caillouteux et ses rives sablonneuses mélangées à du gravier et l'endroit idéal pour les Gomphidae, d'ailleurs, c'est le seul oued à Bejaia à renfermer quatre Gomphidae (*Gomphus lucasi*, *Onychogomphus costae*, *Onychogomphus forcipatus* et *Onychogomphus uncatus*) et c'est également le seul oued de la région à renfermer la plupart des espèces endémiques Maghrébines.

Il y a lieu de noter également que les parties (Aval) de ces sites sont les plus riches en espèces par rapport aux parties (Aval). Cela peut s'expliquer d'une part, par le déversement de l'eau chaude dans les parties (Aval) de l'oued. En effet, le rejet de l'eau thermale a sans doute un impact sur la chimie de l'eau environnante et, par extension, sur les populations d'odonates. Lorsque l'eau thermale émerge des profondeurs de la Terre, elle transporte avec elle une gamme de minéraux dissous tels que le soufre, le calcium, le magnésium, et bien d'autres. Lorsque cette eau riche en minéraux entre en contact avec l'environnement, elle peut altérer la composition chimique de l'eau avoisinante. De plus, la température élevée de l'eau thermale peut influencer la solubilité des minéraux, ce qui peut entraîner des précipitations de sels minéraux dans les environs. Cette eau chaude participera négativement sur le taux de l'oxygène dissout. Le rejet des eaux usées, savonneuses et les détergents provenant des ménages et des baignades des visiteurs participe activement à détériorer la qualité de l'eau favorisant l'apparition d'algues.

C'est ces changements chimiques qui ont fait que la faune en odonates en aval est moins diversifiée qu'en Amont.



III.1.2. Fréquence d'occurrence

a- Résultats

Les résultats de la fréquence d'occurrence (constance) permettant de nous renseigner sur le type de répartition des espèces d'Odonates des trois sites pendant la période d'étude sont consignés dans le (Tab.6) ci-dessous.

Tab.6. Fréquences d'occurrences des espèces pour les trois sites d'études												
Espèces	Hamam Kiria				Hamam Sellal				Hamam Sidi Yehia			
	Amont		Aval		Amont		Aval		Amont		Aval	
	Fo%		Fo%		Fo%		Fo%		Fo%		Fo%	
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	100	C	100	C	100	C	100	C	100	C	100	C
<i>Calopteryx exul</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	-	-	-
<i>Lestes virens</i>	33,33	Ac	-	-	-	-	-	-	33,33	Ac	-	-
<i>Sympecma fusca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	Aci	-	-
<i>Platycnemis subdilatata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	33,33	Ac	33,33	Ac
<i>Erythromma lindennii</i>	66,66	R	-	-	66,66	R	-	-	66,66	R	66,66	R
<i>Ceragrion tenellum</i>	50	-	-	-	50	-	-	-	50	Ac	-	-
<i>Coenagrion scitulum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	-	-	-
<i>Ischnura graellsii</i>	100	C	100	C	100	C	100	C	100	C	100	C
<i>Anax imperator</i>	100	C	100	C	100	C	100	C	100	C	100	C
<i>Anax parthenope</i>	66,66	R	66,66	R	66,66	R	66,66	R	-	-	-	-
<i>Boyeria irene</i>	33,33	Ac	33,33	Ac	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hemianax ephippiger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	33,33	Ac	33,33	Ac
<i>Gomphus lucasii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	Aci	-	-
<i>Onychogomphus costae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	Aci	-	-
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	50	Ac	-	-	50	Ac	-	-	-	-	50	Ac
<i>Onychogomphus uncatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	Aci	-	-
<i>Crocothemis erythraea</i>	83,33	C	83,33	C	83,33	C	83,33	C	83,33	Ac	-	-
<i>Orthetrum cancellatum</i>	-	-	-	-	33,33	Ac	-	-	33,33	Ac	-	-
<i>Orthetrum chrysostigma</i>	100	C	100	C	100	C	100	C	100	C	100	C
<i>Orthetrum coerulescens</i>	-	-	-	-	33,33	Ac	33,33	Ac	-	-	-	-
<i>Orthetrum nitidinerve</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	Aci	-	-
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	Aci	-	-
<i>Sympetrum striolatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	Aci
<i>Trithemis annulata</i>	100	C	100	C	100	C	100	C	-	-	100	C
<i>Trithemis kirbyi</i>	-	-	-	-	16,66	Aci	-	-	-	-	-	-

C : constantes R : régulières Ac : accessoires Aci : accidentelles (-) : Absence de l'espèce

b- Discussion

A La lumière des résultats portés dans le (Tab.6), quatre cortèges odonatologiques se dessinent. En tête, nous avons le cortège des espèces omniprésentes et constantes. Cinq (05)



espèces se distinguent du reste du peuplement odonatologique, elles sont omniprésentes (**F= 100%**), il s'agit de *Calopteryxhaemorrhoidalis*, *Ischnuragraellsii*, *Anax imperator*, *Orthetrumchrysostigma*, *Trithemisannulata*. Ces espèces sont les plus fréquentes dans les trois milieux humides prospectés de la région de Bejaia ; elles sont notées dans les trois biotopes et dans plus de 80 % des relevés mensuels. A côté de ces espèces, s'ajoute une autre espèce qui semble constante, il s'agit de *Crocothemiserythraea* (**F= 83,33 %**). Ces espèces semblent indifférentes aux types de milieux ce qui les place dans le rang des espèces généralistes à l'inverse de certaines espèces dont la présence est intimement liée à la physionomie du milieu et à la chimie de l'eau. Le deuxième cortège, comporte les espèces qui se répartissent d'une manière plutôt régulière. Dans ce cortège, on trouve *Erythrommalindenni* et *Anaxparthenope* (**F= 66,6-%**). Le troisième cortège renferme les espèces d'Odonates considérés comme accessoires dont la fréquence est **< 50 % et ≥ 25 %**. Nous avons en tête : *Onychogomphusforcipatus* (**F= 50%**), suivi par *Lestes virens*, *Platycnemissubdilatata*, *Boyeri airene*, *Orthetrumcancellatum* et *Orthetrumcoerulescen* avec une fréquence de (**F= 33,33%**). Enfin, vient le cortège des espèces accidentelles ou confinées à des biotopes très particuliers. Elles sont notées dans un ou deux biotopes surtout en dans la partie Amont des stations géothermales des sites étudiées avec des fréquences **< à 25 %**, tels que : *Sympecmafusca*, *Coenagrionsciturum*, *Orthetrumnitidinerve*, *Gomphuslucasii*, *Onychogomphuscostae*, *Onychogomphusuncatus* (Tab.6). La plupart de ces espèces sont exigeants à la qualité de l'eau, à la végétation et le substrat des rives, c'est le cas d'ailleurs des Gomphidae qui sont étroitement liés à l'oxygénation de l'eau, surtout pour *Onychogomphusuncatus* en raison des exigences écologiques des larves, qui ont besoin d'eau claire et bien oxygénée (D'Aguilar & Dommanget, 1998).

III.1.3. Abondance relative

a- Résultats

Les résultats des abondances relatives pour chaque espèce d'Odonate recensées en Amont et en Aval des trois sites étudiés sont consignés dans le (Tab.7) et les (Fig.18,19 et 20) ci-dessous.



Tab.7. Abondances relatives des espèces pour les trois sites d'études

Espèces	Hamam Kiria				Hamam Sellal				Hamam Sidi Yehia			
	Amont		Aval		Amont		Aval		A mont		Aval	
	Ar%	ni	Ar%	ni	Ar%	ni	Ar%	ni	Ar%	ni	Ar%	ni
<i>Calopteryxhaemorrhoidalis</i>	38,3	120	32,7	50	34,6	150	11,2	30	25,3	215	28,2	155
<i>Calopteryxexul</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	7	60	-	-
<i>Lestes virens</i>	0,95	03	-	-	-	-	-	-	0,9	08	-	-
<i>Sympecmafusca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	11	-	-
<i>Platycnemissubdilata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	19,5	166	6	32
<i>Erythrommalindennii</i>	6,4	20	-	-	5,3	23	-	-	18,2	155	21,85	120
<i>Ceriagriontenellum</i>	1,9	06	-	-	2,3	10	-	-	1,5	13	-	-
<i>Coenagrionscitulum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3	24	-	-
<i>Ischnuragraellsii</i>	15,7	49	19,6	30	9,2	40	22,8	61	13,5	115	9,7	53
<i>Anax imperator</i>	7	22	11,8	18	1,6	07	6,7	18	1,2	10	1,5	08
<i>Anaxparthenope</i>	1,8	04	0,7	01	1,2	05	0,7	02	-	-	-	-
<i>Boyeri airene</i>	3,8	12	1,3	02	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hemianaxephippiger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	08	0,4	02
<i>Gomphuslucasi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	09	-	-
<i>Onychogomphuscostae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	10	-	-
<i>Onychogomphusforcipatus</i>	2,9	09	-	-	1,2	05	-	-	-	-	4,4	24
<i>Onychogomphusuncatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	07	-	-
<i>Crocothemiserythraea</i>	5,4	17	8,5	13	8	34	10,8	29	0,8	07	-	-
<i>Orthetrumcancellatum</i>	-	-	-	-	4,6	20	-	-	0,4	03	-	-
<i>Orthetrumchrysostigma</i>	11	34	18,3	28	13,4	58	24,3	65	1,5	13	13,5	74
<i>Orthetrumcoerulescens</i>	-	-	-	-	7	30	6,3	17	-	-	-	-
<i>Orthetrumnitidinerve</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	06	-	-
<i>Sympetrumfonscolombii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	10	-	-
<i>Sympetrumstriolatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	35
<i>Trithemisannulata</i>	5,4	17	7,2	11	10	43	17,2	46	-	-	8,4	46
<i>Trithemiskirbyi</i>	-	-	-	-	1,8	08	-	-	-	-	-	-

Discussion

En analysant le (Tab.7) et les (Fig.18, 19 et 20), on constate que la majorité des espèces d'odonates recensées sont plus abondantes en Amont qu'en aval des sources thermales. A Hamam Sidi Yahia (S3), quatre espèces dominent en nombre d'individus, il s'agit de : *Calopteryxhaemorrhoidalis*, *Platycnemissubdilata*, *Erythrommalindennii* et *Ischnuragraellsii*, affichant des effectifs supérieurs à 100 individus dans la partie Amont, tandis que ces effectifs se voient en baisse dans la partie Aval (Fig.18).

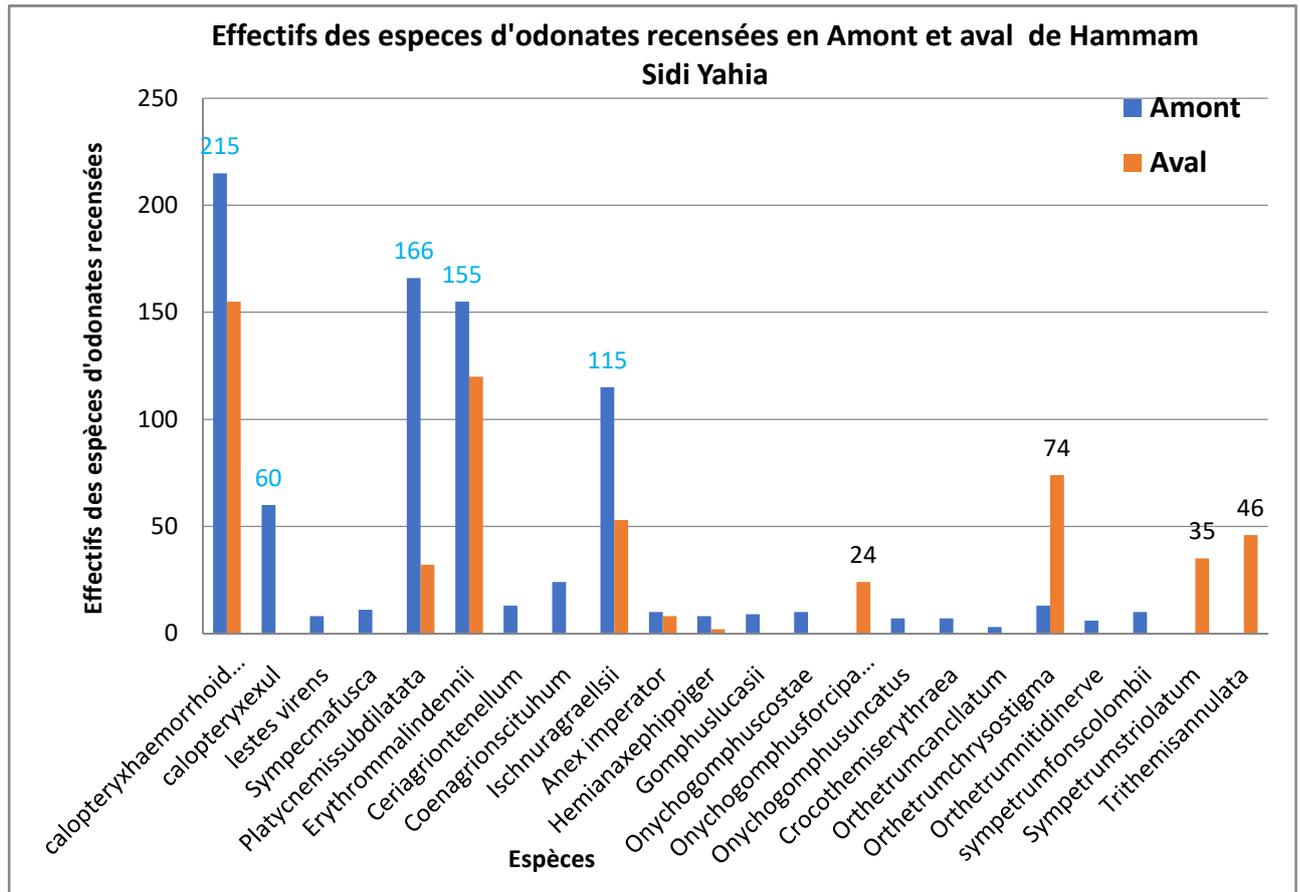


Fig.18. Effectifs des espèces d'odonates recensées en Amont et Aval de Hammam Sidi Yahia

Discussion

A Hammam Sella, sur les 13 espèces recensées, *Calopteryx haemorrhoidalis* est la seule espèce affichant d'importants effectifs en Amont avec 150 individus ($Ar=34,6\%$), elle est suivie de *Orthetrum chrysostigma*, *Ischnura graellsii*, *Trithemis annulata* avec des effectifs et des abondances relativement importants que ça soit en Amont et en Aval de cette source thermale (Fig.19).

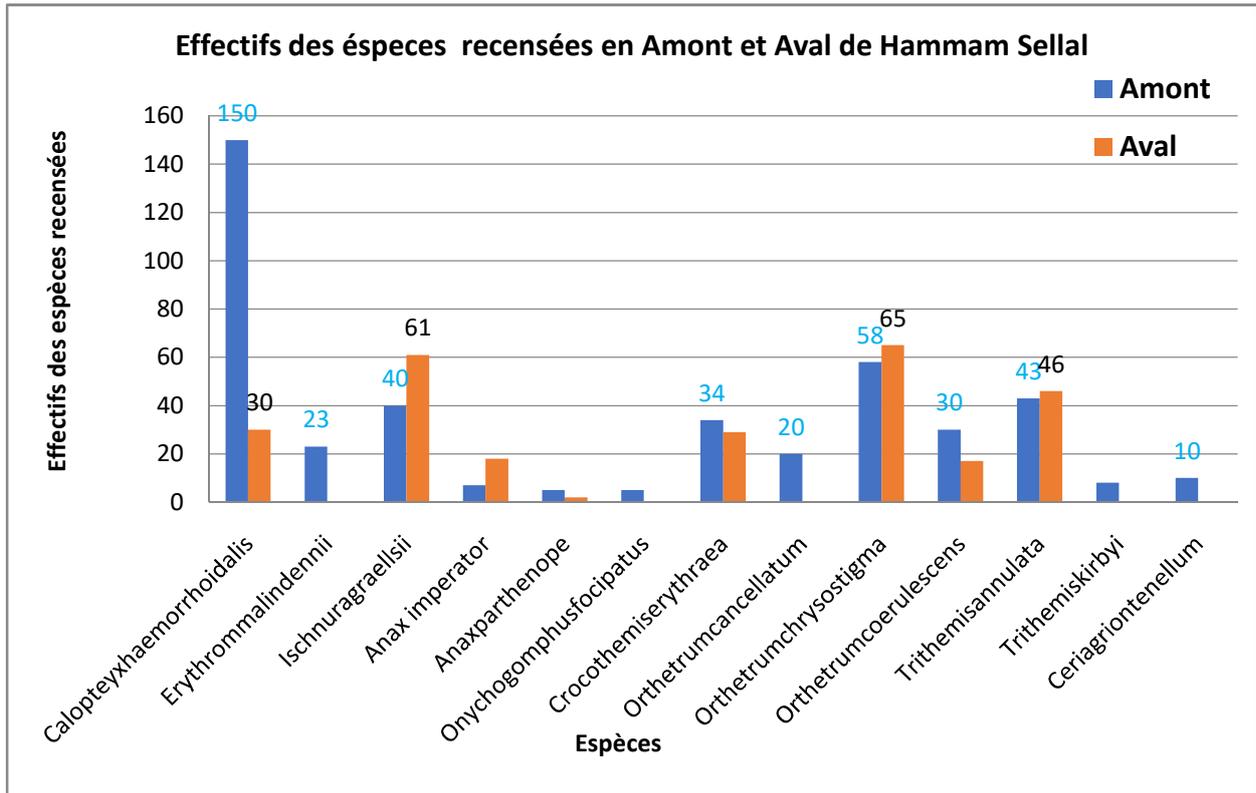


Fig.19 : Effectifs des espèces d'odonates recensées en Amont et Aval de Hammam Sillal

Discussion

Le même topo s'affiche à hammam Kiria, c'est toujours *Calopteryxhaemorrhoidalis* qui est la plus abondante avec 120 individus et ($Ar = 38,3\%$) en Amont. Son effectif baisse presque de moitié en Aval avec seulement 50 individus et ($Ar = 32,7\%$). Cette espèce est suivie par un cortège affichant des effectifs dépassant pas une cinquantaine d'individus, il s'agit de *Ischnuragraellsii*, *Orthetrumchrysostigma*, *Anax imperator* et *Erythrommalindennii*. Notons que ces quatre espèces sont un peu plus abondante en Amont qu'en Aval (Fig.20).

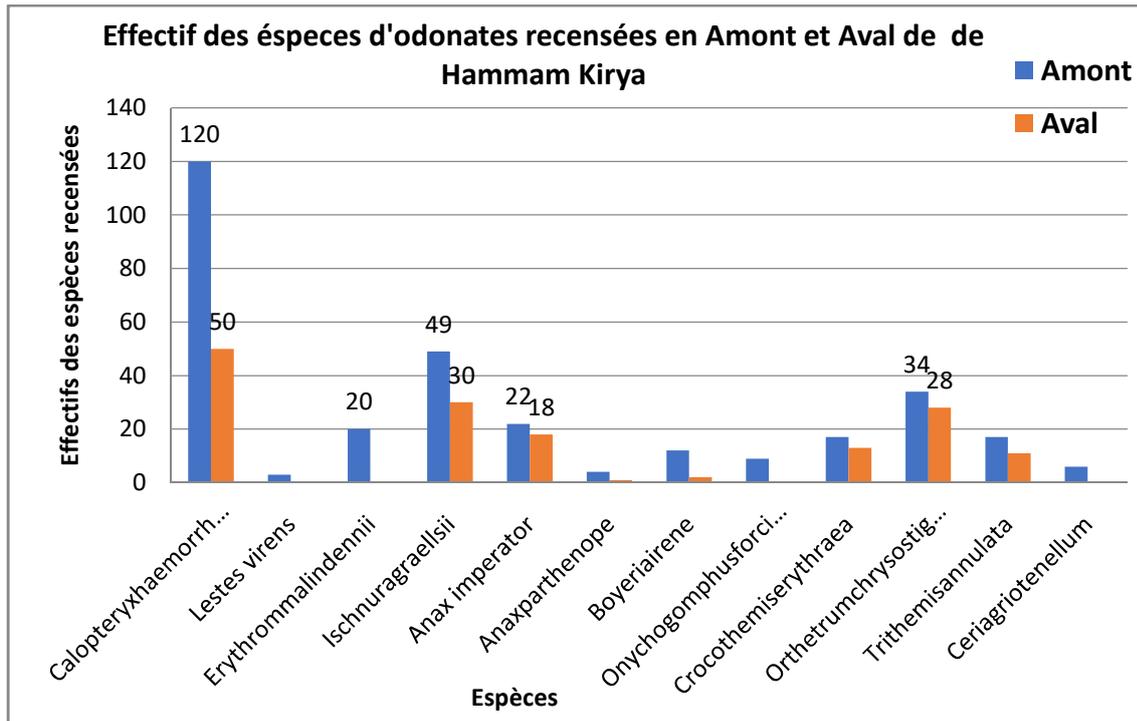


Fig.20. Effectifs des espèces d'odonates recensées en Amont et Aval de Hammam Kiria

b- Discussion

Dans les trois sites prospectés, une espèce dominant en nombre d'individus affichant des effectifs supérieurs à 100 individus dans les parties Amont et de faibles effectifs en Aval des trois sources thermales étudiées. A cette espèce s'ajoute d'autres espèces marquant leur présence qu'en Amont c'est le cas de *Coenagrionscitulum*, *Calopteryxexulet* *Onychogomphusuncatus* à Hammam Sidi Yahia. Ces espèces sont considères comme sentinelles, elle réagissentaux changements environnementaux.Leur présence dans un biotope prouve que leurs diverses exigences écologiques sont satisfaites En effet, la baisse ou voir une absence de ces espèces dans les parties Avals de stations thermales est due aux exigences écologiques des larves de ces espèces, qui ont besoin d'eau claire et bien oxygénée (D'Aguilar & Dommanget, 1998). En revanche, d'autres espèces dites généralistes ou ubiquiste, ne sont pas exigeantes à la chimie de l'eau ni à la physionomie du biotope, c'est les cas de : *Ischnuragraellsii*, *Crocothemiserythraea*, *Orthetrumcancellatum*, *Orthetrumcoerulescens*, *Sympetrumfonscolombii* et *Trithemisannulata*. Ce cortège odonatologique semble indifférent au Ph, à l'oxygène et la température de l'eau car on n'a pas ressenti des écarts importants de leurs effectifs entre les parties Amont et Aval des sources Thermales étudiées.



III.2. Indices écologiques de structure

III.2.1. Diversité de Shannon et Equitabilité

Résultats

L'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'équitabilité de Pielou pour les trois sites étudiés de la région de Bejaia sont consignés dans le (Tab.8) et la (Fig.21) ci-dessus

Tab.8. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), et Equitabilité (E) des odonates des trois sites d'études						
Stations d'études	Hammam Kiria		Hammam Sillal		Hammam Sidi Yahya	
	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
N ^{bre} individus/Station	313	153	433	268	850	549
H'	2,84	2,5	2,72	2,73	3,36	2,77
H' max	3,60	3,01	3,71	3,01	4,26	3,33
E	0,79	0,83	0,73	0,90	0,79	0,83
Richesse/Station	12	08	13	08	19	10
Richesse/Site	11		12		22	
Total individus	2566					
H' : diversité de Shannon - Weaver H' max : Diversité maximale E : Equitabilité						

En comparant la diversité en Odonates en Amont et en Aval des trois sites étudiés, on constate aucune différence significative en termes de diversité entre l'Amont et l'Aval de Hammam Sillal, en revanche, à Hammam Kiria et Hammam Sidi Yahia la diversité en Amont est plus importante qu'en Aval.

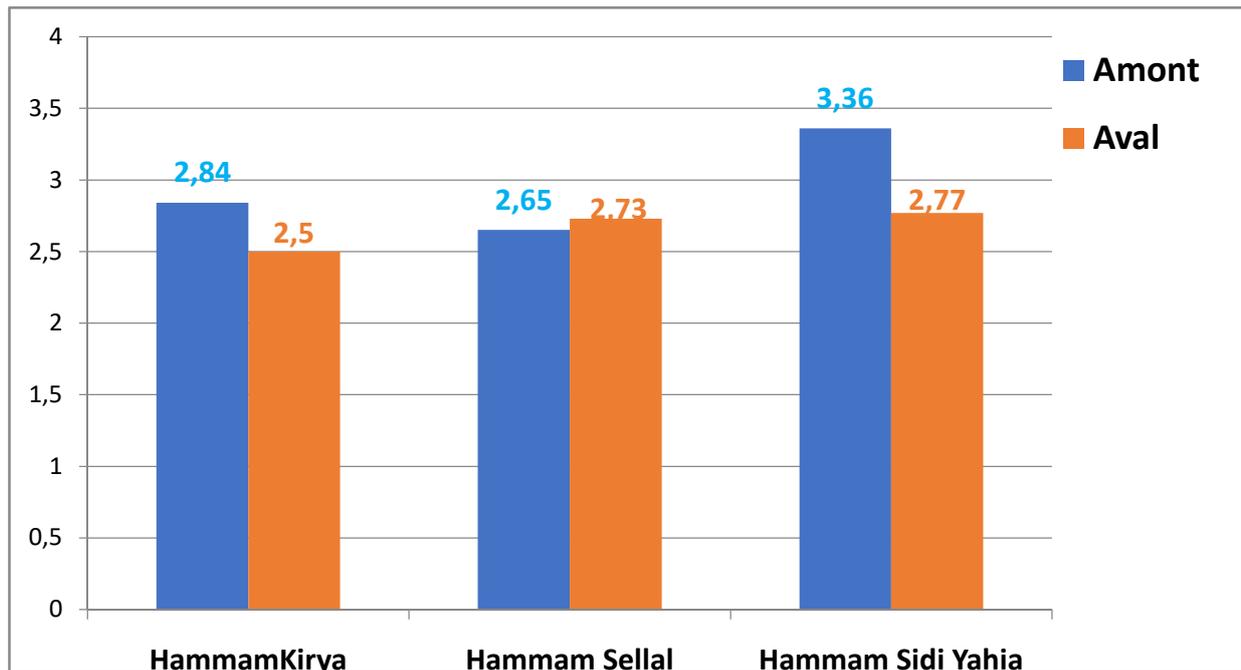


Fig.21. Diversité de Shannon des espèces d'odonates par station des trois sites d'étude

a- Discussion

Les résultats affichés dans le (Tab.8), montrent que les stations les plus riches en espèce se trouvent en Amont des sources thermales. Les parties Amont, sont des zones humides bien préservée de toute perturbation, ils sont donc propices pour l'installation et la pullulation de certaines odonates lotiques surtout les Zygoptères. C'est également ces stations en Amont qui affichent les valeurs la plus élevées de la diversité (3,36 bits) à Hamмам Sidi Yahia et Hamмам Kiria. Ces valeurs élevées dans ces stations sont dues à la forte pullulation de certains Zygoptères. Nous sommes dans le cas d'une répartition inéquitable des individus entre les différents taxons, avec une valeur de 0,79 pour l'équitabilité de Pielou en Amont de Hamмам Sidi Yahia (Tab.8) qui ne peut s'expliquer que par la supériorité numérique de certaines espèces sur les autres. En effet, dans cette station, plus de 65% de la population est concentrée sur trois espèces, à savoir : *Calopteryx haemorrhoidalis* et *Platycnemis subdilata*. En effet, dans une répartition non homogène, le gain en diversité ramené par la richesse plus élevée (19 espèces dans cette station) est contrebalancé par le déséquilibre au niveau des effectifs. C'est le cas d'ailleurs de cette station. C'est le même schéma qui se perpétue également en Amont de Hamмам Sillal avec la nette dominance de *Calopteryx haemorrhoidalis* et *Orthetrum chrysostigma* sur les autres odonates. Toutefois, la station abritant les colonies odontologiques les mieux structurées et les plus stables est la station Amont de Hamмам Kiria avec une valeur d'équitabilité de 0,93 proche de 1 (Tab.8).



Ceci est probablement dû à la structure assez ouverte et ensoleillée de cet habitat. Selon [Merlet & Itrac-Bruneau \(2016\)](#), l'ensoleillement d'un site conditionne le peuplement odonatologique. Plus le milieu est ouvert et ensoleillé, plus la diversité sera grande.

CONCLUSION



L'étude d'impacts que peut engendrer une source géothermale sur un milieu humide environnant et les peuplements d'odonates associés, est traité dans cette étude ; qui constitue une première base de données importante pour l'Algérie, et devrait être un outil particulièrement utile aux gestionnaires des zones humides.

Les résultats obtenus par cette première étude fournissent une image assez précise de l'état sanitaire des oueds de la région se trouvant à proximité des stations thermales et de la faune odonatologique qui y est associée.

- ✓ La situation dans certains biotopes semble inquiétante en raison des différents rejets des sources thermales et des riverains dans les eaux environnantes perturbant ainsi la chimie et la qualité de l'eau.
- ✓ Le recensement et le suivi des odonates dans les trois sites d'étude, nous ont permis de recenser vingt-six (26) espèces, ce qui représente 72% de l'odonatofaune de la région de Bejaia et 40% de l'odonatofaune Algérienne.
- ✓ La richesse spécifique et de l'abondance des espèces sont nettement importantes en amont des stations thermales qu'en aval de celles-ci.
- ✓ Certaines espèces peuvent tolérer un large éventail de conditions alors que d'autres sont très sensibles à leur environnement. Un cortège de quatre taxons ubiquistes composé de (*Ischnura graellsii*, *Anax imperator*, *Orthetrum chrysostigma*, et *Trithemis annulata*, semble indifférents à l'état et aux conditions régnant dans les différents biotopes.
- ✓ Toutefois, six espèces de la faune recensée, sont évaluées comme endémiques Maghrébines (*Platycnemis subdilatata*, *Ceriagrion tenellum*, *Coenagrion scitulum*, *Erythrommalindenii*, *Calopteryx exul* et *Gomphus lucasii* et)

Malgré les forts signes de perturbation, notés au niveau des trois sites d'étude, Hemmam Sidi Yahia reste tout de même, l'un des sites les plus intéressants, avec une richesse de 22 espèces ce qui représente presque 85% de la faune odonatologique recensée dans cette étude. Le fait d'abriter l'une des populations de *Calopteryx exul* en danger d'extinction et l'une des populations d'*Onychogomphus uncatulus*, espèce en forte dérive dans l'ensemble de son aire en



Algérie, suggère que la qualité de son eau est encore suffisamment bonne pour soutenir ces espèces sténotopiques. Cela rend indispensable l'arrangement et l'application de stratégies de conservation efficaces visant à protéger la structure d'ensemble et la qualité chimique de ce cours d'eau.

Nous espérons que cette étude permettra de mettre en lumière les impacts que peuvent avoir ces sources thermales sur organismes aquatiques et qu'elle servira de base de données pour les études à venir qui viseront à mettre en place une stratégie de conservation de ces habitats.

BIBLIOGRAPHIE



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 📖 Afafia R., & khalfa I. 2016. L'étude de l'Odonatofaune du bassin versant de la Seybouse. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma, 93p.
- 📖 Ait Taleb L., Zebza R; Khelifa R. 2022. Discovery of *Pyrrhosoma cf. nymphula* (Odonata: Coenagrionidae) in Algeria. *Notulae odonatologicae* 9(9): 455-460.
- 📖 Andrew R.J., Subramaniam K.A., Tiple A.D., 2009. *A Handbook on Common Odonates of Central India*. South Asian Council of Odonatology, Nagpur, India, 65 p.
- 📖 Boudot J.P., 2008. *Selysiotthemis nigra* (Vander Linden, 1825), nouveau pour le Maroc, et autres observations sur les Odonates du Maghreb nord occidental (Odonata : Anisoptera : Libellulidae). *Martinia*, 24 (1) : 3-29.
- 📖 Boudot J.P., Kalkman V.J., Azpilicueta Amorin M., Bogdanović T., Cordero Rivera A., Degabriele G., Dommanget J.L., Ferreira S., Garrigós B., Jović M., Kotarac M., Lopau W., Marinov M., Mihoković N., Riservato E., Samraoui B. & Schneider W., 2009. Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North Africa. *Libellula Supplement*, 9 : 1-256.
- 📖 Boudot J.P., Grand D., Wildermuth H. & Monnerat C., 2017. *Les libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Biotope, Mèze (Collection Parthénope), 2^{ème} Ed., 456 p.
- 📖 Bried J. & Samways M. J., 2015. A review of odonatology in freshwater applied ecology and conservation science. *Freshwater science*, 34(3) :1023-1031.
- 📖 Catling P.M. 2005. A Potential for the Use of Dragonfly (Odonata) Diversity as a Bioindicator of the Efficiency of Sewage Lagoons. *Canadian Field-Naturalist*, 119 (2):233-236.
- 📖 Corbet P.S., 1999. *Dragonflies: behavior and ecology of Odonata*. Harley Books, Martins, 830 p.
- 📖 D'Aguilar J., Dommanget J.L. & Prechac R., 1985. *Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord*. Les Guides du Naturaliste. Ed. Delachaux et Niestlé, 341 p.
- 📖 D'Aguilar J. & Dommanget J.L., 1998. *Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord*. Delachaux & Niestlé, Paris, 2^{ème} Ed., 463 p.
- 📖 Denis, A. S. 2018. Impacts de l'anthropisation sur la diversité odonatologique au sein des cours d'eau : vers une meilleure prise en compte des espèces de la Directive Habitats Faune Flore. Thèse de l'Université Toulouse 3 Paul Sabatier.
- 📖 Dijkstra K.D. B., Kipping J. & Meziere N., 2015. Sixty new dragonfly and damselfly species from Africa (Odonata). *Odonatologica* 44 : 447-678.
- 📖 Dommanget J.L., 1995. *Etude faunistique et bibliographique des Odonates de France*, INRA, Muséum national d'histoire naturelle, Inventaire de faune et de flore, Fascicule 36, Secrétariat de la faune et de la flore, Paris, 283 p.
- 📖 Dommanget J.L., 2000. Valeur bio-indicatrice des Odonates dans un but de gestion conservatoire des habitats aquatiques et terrestres. Communiqué de presse du 20 décembre 2000, 1p.





- ☞ Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Lévêque C, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan CA. 2006. Freshwater biodiversity : importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81 (2): 163-182.
- ☞ Ferreras-Romero, M., J. Marquez-Rodriguez, and A. Ruiz-Garcia. 2009. Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system. *International Journal of Odonatology* 12 : 413–428.
- ☞ García N., Cuttelod A. & Abdul Malak D. (eds), (2010). *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa*. Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Malaga, Spain : IUCN, xiii+141pp. Extrait de : http://cmsdata.iucn.org/downloads/the_status_and_distribution_of_freshwater_biodiversity_in_northern_africa.pdf
- ☞ Gerlach J., Samways M. & Pryke J., 2013. Terrestrial invertebrates as bioindicators : An overview of available taxonomic groups. *Journal of Insect Conservation*, 17(4) : 831-850.
- ☞ Giraud P., 2011. *Inventaire, étude et suivi des Odonates sur les goyas des plateaux de Retord et du Grand Colombie*. BTSA Gestion et Protection de la Nature. 32 p.
- ☞ Grand D. & Boudot J.P., 2006. *Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg*. Éditions Biotope, Collection Parthénope, Mèze, 480 pp.
- ☞ Jourde P., 2010 a. Les odonates biologie et écologie. 1^{ère} partie. *Insectes*, (157) : 3-8.
- ☞ Jourde P., 2010 b. Les odonates biologie et écologie. 2^{ème} partie. *Insectes*, (158): 31-35.
- ☞ Kallis G. & Butler D., 2001. The EU water framework directive : measures and implications. *Water policy*, 3(2), 125-142.
- ☞ Khelifa R., Youcefi A., Kahlerras A., Al Farhan A., A-Sal-Rasheid K. & Samraoui B., 2011. L'odonatofaune (Insecta : Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue d'écologie (Terre et Vie)*, 66 (1) : 55-66.
- ☞ Khelifa R. & Zebza R., 2018. Rediscovery of the regionally critically endangered dragonfly *Lindenia tetraphylla* in Northeast Algeria after 170 years of apparent absence (Odonata : Gomphidae). *Notulae odonatologicae*, 9 (2) : 50-54.
- ☞ Kutcher T.E. & Bried J.T., 2014. Adult Odonata conservatism as an indicator of freshwater wetland condition. *Ecological Indicators*, 38 : 31-39.
- ☞ Le Du P. & Lesparre D., 2014. *Les libellules des Côtes-d'Armor. Guide atlas des Odonates*. Ouvrage collectif Viv Armor Nature, 44 p.
- ☞ Le Quellec J.L., 1990. La Mythologie des Libellules. *Martinia*, 6 (3) : 59-63.
- ☞ Manolis T.D., 2003. *Dragonflies and Damselflies of California*. University of California. 201 p.





- Mc Cartney, M. 2009. Living with dams: managing the environmental impacts. *Water Policy* 11 (1): 121–139.
- Mc Gavin G., 2000. *Insectes, araignées et autres arthropodes terrestres*. Ed. Bordas, Paris, 256 p.
- Moisan, J., 2010. *Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 82 p.
- Oertli B., 2008. The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats. In: Cordoba-Aguilar, A. (Ed.). *Dragonflies and Damselflies. Model organisms for ecological and evolutionary research*. Oxford University Press. Oxford, UK. 79-95.
- O.S.F.O., 2012. *Agir pour les Odonates. L'essentiel du Plan national d'actions 2011-2015*. Opie et Société Française d'Odonatologie. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. 20 p.
- Remsburg A.J, Olson A.C. & Samways M.J. 2008. Shade Alone Reduces Adult Dragonfly (Odonata : Libellulidae) Abundance. *Journal of Insect Behavior*, 21(6): 460-468.
- Riservato E., Boudot J.P., Ferreira S., Jovic M., Kalkman V.J., Schneider W., Samraoui B. & Cuttelod A., 2009. "The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin." *Gland, Switzerland and Malaga, Spain* : IUCN. vii + 33 p.
- Robert A., 1963. *Les libellules de Québec*. Service de la faune, Bulletin (1), 236 p.
- Samraoui B., Menai R., 1999. A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology*, 2 (2): 145-165.
- Samraoui B. & Corbet P.S., 2000 a. The odonata of Numidia, northeastern algeria. Part I. Status and distribution. *International Journal of Odonatology*, 3 (1) : 11-25.
- Samraoui B. & Corbet P.S., 2000 b. The odonata of Numidia, northeastern algeria. Part II. Seasonal ecology. *International Journal of Odonatology*, 3 (1) : 27-39.
- Silsby J., 2011. *Dragonflies of the World*. Natural History Museum/CSIRO Publishing, London, 216 p.
- Ternois V., 2003. *A la découverte des libellules*. Les livrets nature du CPIE du Pays de Soulaines, 11p.
- Testard P., 1981. Odonates in : Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo soudanienne. *Initiations-Documentations Techniques, ORSTOM, Paris*, (45) : 445-481.
- Tiple A.D., Paunikar S., Talmale S.S., 2012. Dragonflies and damselflies (Odonata: Insecta) of Tropical Forest Research Institute, Jabalpur, Madhya Pradesh, central India. *Journal of Threatened Taxa* 4 (4) : 2529-2533.



SITOGRAPHIE

[1] [<http://azdragonfly.orgexternal-anatomy/>]

[2] [<https://mesanimaux.com/actualites/tout-sur-la-libellule-ce-grand-insecte-aile/>]

Résumé :

Le recensement et le suivi des odonates en Amont et en Aval dans de trois sources géothermales de la région de Bejaia, nous ont permis de dresser un constat sur l'impact qu'elles peuvent engendrer sur la biodiversité aquatique en utilisant les odonates comme modèle biologique. Les différents rejets venant de ces sources thermales modifient la chimie et la qualité de l'eau en Aval ce qui se répercute sur la structure et la composition des peuplements de libelle entre l'Amont et l'aval de ces sources. Certaines espèces peuvent tolérer un large éventail de conditions alors que d'autres sont très sensibles à leur environnement. Un cortège de quatre taxons ubiquistes composé de (*Ischnuragraellsii*, *Anax imperator*, *Orthetrumchrysostigma*, et *Trithemisannulata*, semble indifférents à l'état et aux conditions régnant dans les différents biotopes. Toutefois, un groupe de sept espèces de la faune recensée, (*Platycnemissubdilataata*, *Ceriagriontenellum*, *Coenagrionscitullum*, *Erythrommalindenii*, *Calopteryxexul*, *Onychogomphusuncatus* et *Gomphuslucasii*) semblent sensible à la qualité de l'eau.

Mots clés : Odonate – sources géothermale – Anthropisation - Bejaia

Abstract :

The Odonata survey and of upstream and downstream in three geothermal springs in the Bejaia region has enabled us to draw up a report on the impact they may have on aquatic biodiversity, using odonata as a biological model. The various discharges from these thermal springs modify the chemistry and quality of the water downstream, which has repercussions on the structure and composition of the dragonflies populations between upstream and downstream. Some species can tolerate a wide range of conditions, while others are highly sensitive to their environment. A group of four ubiquitous taxa (*Ischnuragraellsii*, *Anax imperator*, *Orthetrumchrysostigma*, and *Trithemisannulata*), seem indifferent to the state and conditions prevailing in the different biotopes. However, a group of seven species (*Platycnemissubdilataata*, *Ceriagriontenellum*, *Coenagrionscitullum*, *Erythrommalindenii*, *Calopteryxexul*, *Onychogomphusuncatus* and *Gomphuslucasii*) appear to be sensitive to water quality.

Keywords: Odonata - geothermal springs - Anthropization - Bejaia

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à mes très chers parents

*ma chère mère (dieu la bénisse dans un grand paradis)et
mon père et ma belle mère*

*nana Zahra , mon frère et ma belle sœur Lamia et mon frère Ouahid
et ma très chère tata djouhra et mes chère tata pour leur patience, leur amour, leur soutien
et leurs encouragements.*

Aucune expression ne pourra exprimer mes sincères

*Sensations envers vous, que dieu vous bénis. A celui qui m'a soutenue tout au long de ce
projet : mon père bien sur son oublier ma binôme kahina et mes chère sœur kenza , dîhia
Linia , Souad , sélina , nadia , douniza Merci beaucoup*

DEDICACES

Avec un grand plaisir , joie , reconnaissance et un cœur ouvert, je dédie ce mémoire le fruit de tant de dévouement et de sacrifices ainsi que l'expression de ma gratitude, a mes chère parent pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné leurs encouragements et tous l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études.

Aucun mot ,aucune dédicace ne pourrait exportée mon respect , ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien être.

Puisse dieu leur accorder santé ; bonheur ; prospérité et longue vie afin que je puisse un jour combler de joie leurs jours .

Mes chères sœur Karima et Linda

A mon chère frère belaid

Et a toutes mes amies

Merci beaucoup



Annexe II : Liste des odonates d'Algérie actuellement recensée sans tenir compte des signalements anciens (Samraoui & Menai, 1999 ; Samraoui & Corbet, 2000 ; Khelifa & Zebba, 2011, 2018, Ait Taleb et al., 2022).

Sous-ordre des Zygoptères
Famille des Calopterygidae (1 genre, 1 espèce et 1 sous-espèce)
Famille des Lestidae (3 genres, 5 espèces)
Famille des Platycnemididae (1 genre, 1 espèces)
Famille des Coenagrionidae (6 genres, 13 espèces)
Sous-ordre des Anisopteres
Famille des Aeshnidae (4 genres, 8 espèces)
Famille des Gomphidae (4 genres, 5 espèces et 1 sous-espèce)
Famille des Libellulidae (7 genres, 17 espèces et 3 sous-espèces)

LES ODONATES D'ALGERIE	
LES ZYGOPTERES (DEMOISELLES)	
Famille des Calopterygidae Selys, 1850	
<i>Calopteryx exul</i> Selys, 1853 (Redécouvert en 2011)	Endémique Maghrébin
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	
Famille des Coenagrionidae Kirby, 1890	
<i>Ceriagrion tenellum</i> (de Villers, 1789)	
<i>Coenagrion caerulescens</i> (Fonscolombe, 1838)	
<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier, 1840)	
<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	
<i>Coenagrion scitulum</i> (Rambur, 1842)	
<i>Enallagma deserti</i> Selys, 1871	Endémique Maghrébin
<i>Erythromma lindenii</i> (Selys, 1840)	
<i>Erythromma viridulum</i> Charpentier, 1840	
<i>Ischnura fontainei</i> Morton, 1905	



<i>Ichnura graellsii</i> (Rambur, 1842)	
<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1825)	
<i>Ischnura saharensis</i> Aguesse, 1958	
<i>Pyrrhosoma nymphula</i> (Sulzer, 1776) (Découvert en 2022)	Nouvelle pour l'Algérie
Famille des Lestidae Selys, 1840	
<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	
<i>Lestes numidicus</i> Samraoui, Weekers & Dumont, 2003	Endémique Maghrébin
<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)	
<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	
Famille des Platynemididae Tillyard, 1938	
<i>Platynemis subdilatata</i> Selys, 1849	Endémique Maghrébin
LES ANISOPTERES (LIBELLULES)	
Famille des Aeshnidae Selys, 1850	
<i>Aeshna affinis</i> Vander Linden, 1820	
<i>Aeshna isoceles</i> (Müller, 1767)	
<i>Aeshna cyanea</i> (Müller, 1764)	
<i>Aeshna mixta</i> Latreille, 1805	
<i>Hemianax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	
<i>Anax imperator</i> Leach, 1815	
<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	
<i>Boyeria irene</i> (Fonscolombe, 1838)	
Famille des Gomphidae Selys, 1850	
<i>Gomphus lucasii</i> Selys, 1849	Endémique Maghrébin
<i>Lindenia tetraphylla</i> (Vander Linden, 1825) (Redécouvert en 2018)	
<i>Onychogomphus costae</i> Selys, 1885	
<i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i> (Linnaeus, 1758)	
<i>Onychogomphus uncatus</i> (Charpentier, 1840)	
<i>Paragomphus genei</i> (Selys, 1841)	



Famille des Libellulidae Leach, 1815	
<i>Acisoma panorpoides ascalaphoides</i> Rambur, 1842 (Redécouvert en 1993)	
<i>Brachythemis impartita</i> (Karsch, 1890)	
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	
<i>Diplacodes lefebvrii</i> (Rambur, 1842)	
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	
<i>Orthetrum c. chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)	
<i>Orthetrum coerulescens anceps</i> (Schneider, 1845)	
<i>Orthetrum nitidinerve</i> (Selys, 1841)	
<i>Orthetrum ransonnetii</i> (Brauer, 1865)	
<i>Orthetrum sabina</i> (Drury, 1770)	
<i>Orthetrum trinacria</i> (Selys, 1841)	
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	
<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	
<i>Sympetrum sanguineum</i> (O.F. Muller, 1764)	
<i>Sympetrum sinaiticum</i> Dumont, 1977	
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	
<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1805)	
<i>Trithemis arteriosa</i> (Burmeister, 1839)	
<i>Trithemis kirbyi</i> Selys, 1891	
<i>Selysiothemis nigra</i> (Vander Linden, 1825)	
<i>Urothemis edwardsii</i> (Selys, 1849) (Redécouvert en 1993)	