

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Tlemcen

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire de recherche

Valorisation des actions de l'Homme pour la protection de l'Environnement
et application en santé publique

Thèse

présentée par

Mme CHAOUI BOUDGHENE- BENDIOUIS Chafika

en vue de l'obtention du

Diplôme de Doctorat

en écologie animale

Caractérisation et modélisation des habitats des Simulies (Diptera : Simuliidae) du bassin versant de la Tafna

Soutenue le devant le jury composé de :

Président	M. KHELLIL Mohammed Anouar	Professeur	Université de Tlemcen
Directeur de thèse	Mme ABDELLAOUI Karima	Professeur	Université de Tlemcen
Examineurs	Mme BELQAT Boutaina	Professeur	Université de Tétouan
	Mme FRANQUET Evelyne	Professeur	Université Aix- Marseille III
	M. LOUNACI Abdelkader	Professeur	Université de Tizi- Ouzou

Année universitaire 2015 - 2016

*« La nature est la source de tout ce qui existe ; son langage n'est point
inintelligible et variable, comme celui des hommes et de leurs livres ;
les hommes font des livres mais la nature fait des miracles »*

Tout livre est l'art d'un homme mais la nature est l'art de Dieu

Bernardin de Saint -Pierre

Remerciements

Le présent travail a été mené dans le cadre des thèmes de recherche au niveau du laboratoire de recherche : Valorisation des actions de l'Homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique sous la direction du Professeur Karima ABDELLAOUI-HASSAINE.

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de recherche Mme Karima ABDELLAOUI-HASSAINE, Professeur à la faculté des sciences de la Terre et de la Vie et de l'Univers qui m'a encouragée, encadrée et soutenue malgré ses lourdes tâches, je la remercie pour sa compétence, ses conseils, sa patience et son amitié.

Mes sincères remerciements et reconnaissance vont à Mme Boutaina BELQAT Professeur à l'Université Abdelmalek Essaidi, faculté des sciences de Tétouan. Elle m'a accueillie au sein de son équipe et au sein de sa famille, sa disponibilité et ses conseils m'ont été d'une aide précieuse, je la remercie aussi pour tout l'intérêt qu'elle a donné à ce travail en faisant l'honneur d'être membre de ce jury.

Je remercie également le Professeur Mohammed Anouar KHELIL, Professeur à la faculté des sciences de la Terre et de l'Univers de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Mes vifs remerciements vont aux Professeurs Evelyne FRANQUET et Abdelkader LOUNACI d'avoir accepté d'examiner cette thèse.

Malgré leurs nombreuses obligations, Mme et M. ADJIM m'ont aidée dans la réalisation de cette thèse, qu'ils trouvent ici ma profonde gratitude pour leur disponibilité et leur contribution à la réalisation de la partie cartographique.

Ma profonde gratitude va à mes amies et collègues et à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Le plus grand mérite revient à ma famille, mes parents qui n'ont jamais cessé de m'apporter leur appui et leur soutien, à mon mari pour ses encouragements et sa présence.

Je tiens à exprimer ma plus grande gratitude à mon frère et sœurs dont la présence et le soutien m'ont été si précieux

Je dédie ce travail à ce que j'ai de plus cher, mes enfants : Mouna, Sarah et Hadi.

Remerciements	3
Tables des matières	4
Liste des figures	7
Liste des tableaux	10
Introduction	12
Chapitre I : Présentation des Simulies et de l'aire d'étude	
1. Présentation des Simulies	16
1.1. Position systématique.....	16
1.2. Cycle biologique.....	16
1.3. Intérêt des Simulies.....	18
1.3.1. Position trophique.....	18
1.3.2. Rôle vecteur et nuisance.....	18
1.4. Caractères morphologiques.....	19
1.4.1. Morphologie générale.....	19
1.4.2. Diagnose des espèces	23
1.5. Répartition géographique	41
1.5. 1. Simulies d'Algérie.....	41
1.5. 2. Simulies du nord-ouest algérien.....	43
2. Présentation de l'aire d'étude.....	46
2.1. Localisation du bassin versant de la Tafna.....	46
2.2. Hydrologie du bassin versant.....	47
2.2.1. La haute Tafna.....	47
2.2.2. La moyenne Tafna.....	48
2.2.3. La basse Tafna.....	49
2.2.4. Analyse hydrologique.....	49
2.3. Géologie du bassin versant.....	49
2.3.1. Les Monts de Tlemcen.....	49
2.3.2. La plaine de Remchi.....	51
2.3.3. Les Monts des Traras.....	51
2.4. Couverture végétale.....	52
2.4.1 Haute Tafna	52
2.4.2. Moyenne Tafna.....	53

2.5. Ouvrages hydrauliques.....	53
2.6. Climatologie.....	54
2.6.1. Méthodologie.....	54
2.6.2. Analyse des facteurs climatiques.....	55
2.6.2.1. <i>Précipitations</i>	55
2.6.2.2. <i>Températures</i>	58
2.6.3. Synthèse bioclimatique.....	60
2.6.3.1. <i>Classification climatique de Le Houerou</i>	61
2.6.3.2. <i>Indice d'aridité de De Martonne</i>	62
2.6.3.3. <i>Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen</i>	63
2.6.3.4. <i>Quotient pluviothermique d'Emberger</i>	64
2.6.4. Conclusion.....	65
 Chapitre II. Matériel et méthodes	
1. Présentation des stations.....	69
1.1. Choix des stations.....	69
1.2. Localisation géographique des stations.....	69
1.1.1. Description des stations de l'oued Tafna.....	71
1.1.2. Description des stations de l'oued Isser.....	74
1.1.3. Description des stations de l'oued Khemis.....	75
2. Méthodologie.....	75
2.1. Analyses des composantes physico-chimiques.....	75
2.2. Prélèvements faunistiques.....	77
2.2.1. Calendrier des prélèvements.....	77
2.2.2. Technique de prélèvement.....	77
2.2.3. Tri et détermination.....	78
2.3. Méthodes d'analyse de la structure des peuplements.....	79
2.3.1. Etude indicielle	79
2.3.2. Traitement statistique.....	81
2.4. Méthodes de cartographie par le SIG.....	83
2.4.1. Généralités sur le SIG.....	83
2.4.2. Méthodologie.....	84

Chapitre III. Résultats et discussion

1. Caractérisation physique et physico-chimique.....	86
1.1. Caractéristiques physiques.....	86
1.1.1. Caractérisation des stations	86
1.1.2. Caractérisation des microhabitats.....	90
1.1.2.1. <i>Variation des caractéristiques physiques des habitats prospectés</i>	90
1.1.2.2. <i>Détermination des microhabitats</i>	91
1.2. Caractéristiques physico-chimiques	93
1.2.1. Variabilité inter-station.....	93
1.2.2. Variabilité spatio-temporelle.....	96
2. Etude faunistique.....	99
2.1 Composition faunistique et considérations biogéographiques	99
2.2. Analyse de la structure des peuplements	103
2.2.1. Variabilité spatio-temporelle des abondances.....	103
2.2.2. Distribution spatiale.....	108
2.2.3. Distribution temporelle.....	115
2.2.4. Microdistribution des Simulies récoltées.....	121
2.2.4.1. <i>Variabilité de la richesse spécifique et des abondances</i>	121
2.2.4.2. <i>Similarité entre peuplements</i>	122
2.3. Effets des facteurs environnementaux sur la faune.....	127
2.3.1. Effets du couple courant-substrat sur l'abondance des Simulies.....	127
2.3.2. Définition des intervalles de tolérances.....	128
2.3.3. Analyse discriminante.....	131
3. Essai de modélisation des habitats des Simulies.....	133
3.1. Réseau hydrographique.....	134
3.2. Carte des pentes.....	136
3.3. Carte du substrat des cours d'eau	137
3.4. Carte des principales sources.....	139
3.5. Juxtaposition des informations.....	139
Conclusion générale et perspectives	144
Références bibliographiques.....	148
Annexes	160

Liste des figures

- Figure 1 : Cycle biologique des Simuliidae
- Figure 2 : Morphologie externe d'un adulte de Simuliidae
- Figure 3 : Genitalia mâle et femelle des Simulies
- Figure 4 : Morphologie externe de la nymphe
- Figure 5 : Morphologie externe d'une larve
- Figure 6 : Aspect général de la capsule céphalique de la larve de *Simulium (E.) velutinum*, (a) en vue dorsale, (b) en vue ventrale, (c) en vue de profil.
- Figure 7 : *Simulium (Eusimulium) velutinum*
- Figure 8 : *Simulium (Nevermannia) ruficornis*
- Figure 9 : *Simulium (Simulium) bezzii*
- Figure 10 : *Simulium (Simulium) intermedium*
- Figure 11 : *Simulium (Simulium) ornatum*
- Figure 12 : *Simulium (Simulium) trifasciatum*
- Figure 13 : *Simulium (Trichodagmia) galloprovinciale*
- Figure 14 : *Simulium (Wilhelmia) pseudequinum*
- Figure 15 : *Simulium (Wilhelmia) quadrifila*
- Figure 16 : *Simulium (Wilhelmia) sergenti*
- Figure 17 : Les bassins versants d'Algérie
- Figure 18 : Localisation géographique du bassin versant de la Tafna
- Figure 19 : Réseau hydrographique du bassin versant de la Tafna
- Figure 20 : Géologie du bassin versant de la Tafna
- Figure 21 : Photos d'une forêt dégradée et d'un maquis des monts de Tlemcen
- Figure 22 : Variation des précipitations moyennes mensuelles sur les deux périodes au niveau des six stations météorologiques
- Figure 23 : Variation des températures moyennes mensuelles des trois stations météorologiques au cours des deux périodes
- Figure 24 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen appliqués aux trois stations météorologiques de l'étude bioclimatique sur les différentes périodes
- Figure 25 : Schéma de la localisation des stations sur un plan linéaire
- Figure 26 : Localisation des stations d'étude sur le bassin versant de la Tafna
- Figure 27 : Vue satellitaire de la station T.GB
- Figure 28 : Photos de la station T.GB dans l'ordre amont aval

Liste des figures

- Figure 29 : Photos de la station T.AG
- Figure 30 : Photos de la station T.SB
- Figure 31 : Photos de la station T.HB
- Figure 32 : Photos de la station T.RE
- Figure 33 : Photos de la station T.PC
- Figure 34 : Photos de la station I.OM
- Figure 35 : Photo de la station I.RE
- Figure 36 : Photos de la station CH.Y
- Figure 37 : Photo de la station K.BB
- Figure 38 : Importance relative des quatre caractéristiques physiques des microhabitats
- Figure 39: Dendrogramme issu de la CAH des caractéristiques physiques des microhabitats définis par le couple courant- substrat
- Figure 40 : Variation spatio-temporelle de la température de l'eau
- Figure 41 : Variation de la conductivité électrique de l'eau des stations prospectées
- Figure 42 : Variation spatio-temporelle du pourcentage de saturation de l'oxygène dissous
- Figure 43 : Importance des espèces des cinq sous-genres
- Figure 44 : Importance relative des espèces sur l'ensemble des stations
- Figure 45 : Composition biogéographique du peuplement
- Figure 46 : Plan factoriel F1xF2 de l'AFC appliquée à la matrice de répartition spatio-temporelle des abondances des espèces
- Figure 47 : Comparaison de la distribution spatio-temporelle des abondances des Simulies
- Figure 48 : Variation du nombre d'individus récoltés dans les stations d'étude
- Figure 49 : Variabilité des abondances des espèces dans chacune des stations
- Figure 50 : Importance relative des espèces dans chacune des stations
- Figure 51 : Variation spatiale d'indices de diversité
- Figure 52 : Variation spatiale de l'équitabilité
- Figure 53 : Régression linéaire mettant en relation richesse et diversité spécifique des peuplements
- Figure 54 : Variation temporelle du nombre d'individus et de la richesse spécifique
- Figure 55 : Importance relative des abondances des espèces selon les mois
- Figure 56 : Variation mensuelle du nombre d'individus des dix espèces récoltées
- Figure 57 : Variation temporelle des indices de diversité
- Figure 58 : Variation temporelle de l'indice d'équitabilité de Piélou J'
- Figure 59 : Dendrogramme issu de la CAH des abondances des espèces par mois

Liste des figures

Figure 60 : Dendrogramme issu de la CAH des corrélations des abondances des espèces par mois par méthode ordination simple

Figure 61 : Distribution des effectifs et de la richesse spécifique par microhabitat

Figure 62 : Dendrogramme issu de la CAH de répartition des espèces par microhabitat élaboré à partir de l'indice de similarité de Jaccard

Figure 63 : Dendrogramme élaboré à partir de la similarité dans la composition des peuplements des douze microhabitats individualisés.

Figure 64 : Comparaison de l'effet des variables physiques sur la distribution des abondances des *Simulies* A. Effet du courant et B. Effet de la nature du substrat.

Figure 65 : Position géographique des stations d'étude sur les oueds du secteur du bassin versant de la Tafna

Figure 66 : Carte des pentes d'un secteur du bassin versant de la Tafna

Figure 67 : Nature du substrat des oueds du secteur du bassin versant

Figure 68 : Localisation des barrages sur le secteur du bassin versant

Figure 69 : Position des principales sources sur le secteur du bassin versant

Figure 70 : Superposition des cartes de la nature des substrats et de la carte des pentes

Liste des tableaux

- Tableau 1 : Distribution des Simulies d'Algérie sur la rive européenne de la méditerranée.
- Tableau 2 : Distribution des Simulies d'Algérie sur les rives asiatique et africaine de la méditerranée.
- Tableau 3 : Coordonnées des stations météorologiques.
- Tableau 4 : Précipitations moyennes annuelles en mm/an sur deux périodes.
- Tableau 5 : Précipitations saisonnières moyennes en mm de la période 2000 – 2014.
- Tableau 6 : Moyennes des températures annuelles (T), des maximas (M) et des minimas (m), amplitude thermique (A) et type de climat des trois stations météorologiques.
- Tableau 7: Précipitations moyennes annuelles et étages bioclimatiques des six stations météorologiques.
- Tableau 8 : Indice de De Martonne des trois stations météorologiques.
- Tableau 9 : Valeurs du quotient d'Emberger des trois stations météorologiques.
- Tableau 10 : Comparaison des principales caractéristiques climatiques de trois stations météorologiques représentatives de l'aire d'étude pour deux périodes.
- Tableau 11 : Coordonnées géographiques des stations d'étude.
- Tableau 12 : Caractéristiques physiques des stations
- Tableau 13 : Caractérisation des microhabitats déterminés par la CAH selon le couple courant-substrat et répartition spatiale.
- Tableau 14 : Moyennes des paramètres physico-chimiques analysés
- Tableau 15 : Liste et effectifs totaux des dix espèces récoltées
- Tableau 16 : Indices de diversité des peuplements de Simuliidae des neuf stations.
- Tableau 17 : Matrice de corrélation entre peuplements des quatre mois de prélèvements.
- Tableau 18 : Distribution des abondances des espèces dans les douze microhabitats
- Tableau 19 : Matrice de similarité de la composition des peuplements des différents microhabitats.
- Tableau 20 : Moyennes, écart-type et amplitude des paramètres physico-chimiques des prélèvements des Simulies au cours de la période d'avril à octobre 2009
- Tableau 21 : Résultats de l'analyse discriminante et du test de permutation.
- Tableau 22 : Coordonnées des stations d'étude.
- Tableau 23 : Surfaces des classes de pentes.
- Tableau 24 : Débits extrêmes et moyens des sources.

INTRODUCTION

L'ordre des Diptères constitue l'un des groupes les plus abondants de la faune benthique des cours d'eau, notamment la famille des Simuliidae. Les adultes de Simulies sont connus sous le nom de mouches noires, ils sont nombreux en été dans les buissons, sous les arbres et au bord des cours d'eau rapides. Les larves et les nymphes sont aquatiques et se développent dans toutes les eaux courantes, depuis les suintements minuscules jusqu'aux grands cours d'eau et chutes d'eau. Chaque espèce semble avoir des préférences en ce qui concerne les caractéristiques des cours d'eau.

En Algérie, les travaux sur le macrobenthos, en général, des oueds restent relativement limités dans le temps et dans l'espace ; citons ceux d'Ait Mouloud (1987), Lounaci (1987), Lounaci et *al.* (2000), Arab et *al.* (2004), Zougaghe & Moali (2009) et Sellam et *al.* (2016).

Parmi les macroinvertébrés benthiques des oueds algériens, les larves et les nymphes de Simuliidae sont sans doute les organismes qui ont le moins retenu l'attention des chercheurs. Mis à part le premier inventaire de Grenier (1953), les anciens travaux étaient consacrés à la description d'espèces et rarement à leur écologie (Roubaud, 1906 ; Edwards, 1923 ; Parrot, 1949 ; Vaillant, 1955). Durant les trois dernières décennies, les seules données écologiques sont celles de Gagneur & Clergue-Gazeau (1988), Clergue-Gazeau et *al.* (1991), Lounaci et *al.* (2000) et plus récemment celles de Chaoui-Boudghane-Bendiouis et *al.* (2012) et Cherairia et *al.*, 2014).

Les Simuliidae, habitants en grand nombre les eaux vives des cours d'eau, ont suscité l'intérêt de nombreux chercheurs dans le monde.

En Afrique du Nord, Clergue-Gazeau et *al.* (1991) ont recensé et analysé la répartition biogéographique des espèces maghrébines. Au Maroc, Bailly-Choumara & Beaucournu (1978, 1981) ont inventorié les Simulies du Rif et du Haut-Atlas. D'autres auteurs se sont préoccupés de la description d'espèces nouvelles (Bouzidi & Giudicelli, 1986, 1987 ; Giudicelli & Bouzidi, 1989 ; Giudicelli et *al.*, 2000). Récemment, Belqat (2002) a traité la systématique, la répartition géographique et l'écologie des 42 espèces connues du Maroc dont celles du Rif. Belqat et *al.* (2008) se sont intéressés aux espèces du bassin versant de oued Laou. En Tunisie, Bailly-Choumara et *al.* (1970) ont répertorié les Simulies du nord de la Tunisie et bien plus tard, l'inventaire faunistique et biogéographique des Simuliidae du pays est établi par Boumaiza & Clergue-Gazeau (1986).

Les larves et nymphes de Simulies forment un maillon trophique important des cours d'eau, elles représentent une bonne proie pour de nombreux insectes prédateurs tels les Hémiptères, les Odonates, les Trichoptères et même d'autres Diptères (Werner & Pont, 2006). Les adultes mâles se nourrissent de nectar de fleurs mais les femelles sont en majorité hématophages. Elles causent

d'importantes nuisances et les pullulations de différentes espèces peuvent constituer une source d'inconfort chez leurs hôtes humains, bovins et oiseaux (Currie, 2014). La filaire de l'onchocercose est essentiellement transmise par les espèces du complexe *Simulium damnosum s.l.* en Afrique de l'ouest et par l'espèce *S. naevi* à l'est et au sud de l'Afrique (Crosskey, 1957 ; Sékételi et al., 1993). Actuellement, les chercheurs s'intéressent à l'étude de l'écologie de ces vecteurs (Figueiro et al., 2010 ; Thomas et al., 2014) d'où l'intérêt croissant de développer les connaissances sur l'écologie de ce groupe.

Cependant, la systématique des Simuliidae subit régulièrement des remaniements à l'échelle mondiale (Crosskey, 1988, Crosskey & Howards, 1997). Les difficultés liées à la détermination jusqu'au rang de l'espèce ont fait que les chercheurs se sont rarement intéressés à l'étude de la répartition des espèces.

Vingt cinq années après l'étude menée par Gagneur & Clergue-Gazeau (1988) sur les Diptères Simuliidae du bassin versant de la Tafna, la présente étude a pour but d'actualiser les connaissances sur l'écologie de ce groupe. Elle a pour objectifs l'étude de la composition et l'organisation de la communauté à travers l'originalité de l'analyse de la distribution dans l'espace et dans le temps affinée par celle de la micro-distribution des espèces au sein de microhabitats différenciés selon le couple courant-substrat. Ce concept des liens étroits pouvant exister entre les caractéristiques propres des microhabitats et la microdistribution des macroinvertébrés, est déjà mis en évidence par de nombreux auteurs (Cummins & Lauff, 1969 ; Bournaud & Cogerino, 1986 ; Eymann, 1993 ; Bournaud et al., 1998 ; Franquet, 1999 et Scheder & Waringer, 2002).

Les campagnes d'échantillonnage de la faune sont accompagnées d'un certain nombre d'informations spatiales très localisées relatives aux caractéristiques de la station et de son environnement immédiat. Par ailleurs, il est évident que chaque espèce est influencée par plusieurs facteurs environnementaux très variables qui déterminent les habitats favorables ou défavorables. L'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG) permet la requête et l'organisation d'informations spatiales à plus grande échelle. Ainsi, l'intérêt d'une modélisation des habitats des Simuliidae basée sur une cartographie d'un ensemble de données spatiales d'un secteur du bassin versant de la Tafna est déterminant. Il permet de prédire la distribution de ces Insectes sous réserve de l'effet d'une variabilité spatiale ou temporelle localisée des principales composantes environnementales ou biologiques.

Introduction

Le présent travail s'organise, d'une manière classique, en trois chapitres.

Le chapitre I traite, selon les données de la littérature, la bioécologie des Simuliidae, la diagnose des dix espèces recensées récemment sur le bassin versant de la Tafna et la répartition géographique de l'ensemble des Simulies connues d'Algérie. En second lieu, une présentation de l'aire d'étude englobe les données géographiques, hydrologiques, géologiques et climatologiques du bassin versant de la Tafna.

Dans le chapitre II, une localisation et une description des stations d'étude est donnée. Elle est suivie par une présentation des méthodes d'échantillonnage de la faune, de l'analyse de sa structure et de modélisation de ses habitats par l'utilisation du SIG.

Les résultats obtenus sont développés dans le chapitre III. Ils concernent, dans un premier temps, la caractérisation des microhabitats des Simuliidae récoltés. Dans un second temps, ce sont les résultats de l'analyse de la variabilité des abondances dans le temps et dans l'espace qui sont exposés suivis d'une analyse de la micro-distribution des espèces retrouvées. A travers les paramètres physiques et physico-chimiques, les conditions environnementales sont définies pour chaque espèce.

CHAPITRE I

PRÉSENTATION DES SIMULIES ET DE L'AIRES D'ÉTUDE

1. Présentation des Simulies

1.1. Position systématique

La famille des Simuliidae fait partie de l'ordre des Diptères Nématocères qui habitent les eaux courantes à l'état immature.

Les Diptères forment l'ordre des insectes le plus important après les Coléoptères. Deux sous-ordres se distinguent par le nombre d'articles des antennes des adultes. Le sous-ordre des Nématocères, le plus primitif, chez qui les antennes sont toujours constituées de plus de trois articles et le sous-ordre des Brachycères chez qui les antennes sont toujours courtes et constituées de trois articles (Tachet et *al.*, 2000).

Dans le monde, la famille des Simuliidae compte 2177 espèces actuelles et 12 espèces fossiles selon le dernier inventaire des Simuliidae établi par Adler et Crosskey (2015).

La position systématique des Simuliidae dans le règne animal est la suivante :

Règne : *Animalia*

Sous-règne : *Metazoa*

Division : *Eumetazoa*

Sous-division : *Bilateralialia*

Rameau évolutif : Protostomiens Coelomates

Embranchement : *Arthropoda*

Sous-embranchement : *Tracheata*

Classe : *Insecta*

Sous-classe : *Pterygota*

Ordre : *Diptera*

Sous-ordre : *Nematocera*

Super-famille : *Simulioidea*

Famille : *Simuliidae*

1.2. Cycle biologique

Le cycle de vie des Simulies (figure 1) varie selon les espèces. Les stades immatures (œufs, larves et nymphes) sont aquatiques alors que l'adulte est aérien. L'accouplement des Simulies est généralement aérien près des gîtes larvaires. Chez la plupart des espèces, la femelle doit prendre un repas sanguin pour assurer la maturité des œufs. Les femelles pondent leurs œufs (de 0,15 à 0,3 mm de long) sous différentes formes, le plus souvent en amas irréguliers ou compacts ou en longues

ficelles entrelacées (Adler & Kim, 1986). Les œufs agglutinés dans une gelée sont déposés sur la végétation submergée, sur les roches ou même sur des substrats analogues non loin de la surface de l'eau. Le nombre de générations annuelles varie selon les espèces mais aussi selon les facteurs du milieu tels la température de l'eau et la disponibilité de la nourriture (Neveu & Lapchin, 1979 ; Céréghino & Lavandier, 1997 ; Sprangauskaite, 1998).

La durée d'incubation varie de quelques jours à plusieurs mois selon les saisons et la température de l'eau (Bernotienė et Bartkevičienė, 2011).

Le développement larvaire, qui comporte six à sept stades, s'étend sur quelques semaines à quelques mois selon les espèces et la température de l'eau (Benhoussa et *al.*, 1988) et surtout selon la disponibilité de la nourriture.

La larve mature tisse son propre cocon (Hinton, 1958). La nymphe immobile vit fixée au substrat minéral ou végétal durant plusieurs jours à plusieurs semaines.

Les adultes émergent de la nymphe dans une bulle d'air qui éclate à la surface de l'eau libérant ainsi l'imago pour son envol. Les périodes d'émergences diffèrent selon les espèces et l'altitude (Gagneur, 1976).

1.3. Intérêt des Simulies

1.3.1. Position trophique

Les mouches noires des deux sexes se nourrissent de nectar floral, cependant les femelles, capables de se déplacer sur de longues distances, sont pour la plupart hématophages. Dans l'eau, les larves se nourrissent par filtration en retenant les particules alimentaires de tailles très diverses en suspension dans l'eau grâce à leurs éventails céphaliques déployés.

Les Simuliidae font partie de plusieurs chaînes trophiques. Dans l'eau, les stades immatures sont mangés par différents prédateurs et particulièrement les insectes Trichoptères, Odonates, Hémiptères et Diptères (Werner & Pont, 2006). Les adultes terrestres constituent une abondante source de nourriture pour de nombreuses espèces insectivores telles les oiseaux, les reptiles, les chauves-souris et autres.

1.3.2. Rôle vecteur et nuisance

Les Simulies ou mouches noires sont des Diptères piqueurs redoutés, en particulier certaines espèces qui causent des ravages parmi les humains, les bovins et les oiseaux (Solheim et *al.*, 2013). Ce sont les femelles hématophages de ces espèces qui représentent une véritable nuisance et qui causent d'importantes pertes parmi les animaux domestiques. D'autres espèces sont vectrices de l'onchocercose dans les régions tropicales d'Amérique et d'Afrique. La filaire de l'onchocercose est

essentiellement transmise par les espèces du complexe *Simulium damnosum s.l.* en Afrique de l'ouest (Kuete et *al.*, 2014) et par l'espèce *S. naevi* à l'est et au sud de l'Afrique (Crosskey, 1957 ; Sékételi et *al.*, 1993).

1.4. Caractères morphologiques

1.4.1. Morphologie générale

La connaissance de la morphologie des Simuliidae (adulte, nymphe et larve) nous permet de reconnaître ces Diptères, mais surtout de retrouver les caractères morphologiques clés pour la détermination des espèces.

- **Adultes**

Les adultes de Simulies sont des mouches corpulentes de petites tailles (1,2 à 5,5mm), de couleur généralement noire (d'où leur nom en anglais « black-flies ») ou marron foncé. Les pièces buccales sont complètes de type broyeur-suceur chez les deux sexes, alors que seules les femelles sont hématophages.

Le thorax est bien développé avec un mésonotum très remarquable qui donne à l'insecte un aspect bossu et un scutellum petit. Les ailes, larges et claires, présentent une nervation caractéristique des Simuliidae. Les pattes sont courtes et relativement fortes aux fémurs élargis (figure 2).

L'abdomen est court et trapu, il est composé de neuf segments.

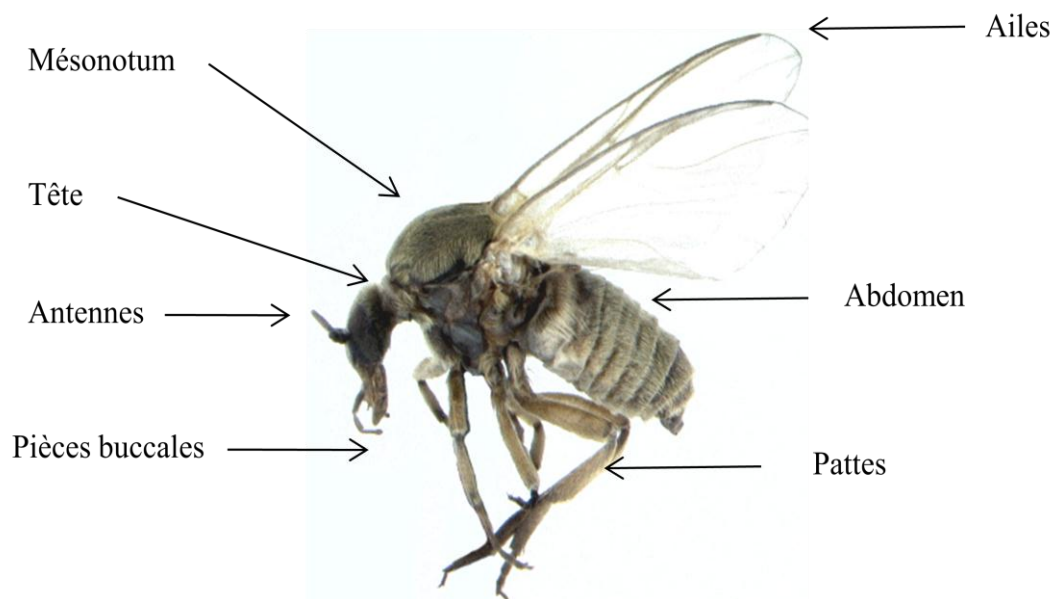


Figure 2 : Morphologie externe d'un adulte de Simuliidae
<http://newhavenriverdalecc.ca/category/black-fly-program/>

Les genitalia mâles sont diversifiés et constituent les meilleurs caractères de détermination spécifique. Les genitalia femelles offrent, dans certains cas, un indice clé dans la distinction d'espèces du même sous-genre qui est la spermathèque. La figure 3 illustre l'anatomie des genitalia mâle et femelle.

- **Nymphes**

Les nymphes sont logées dans un cocon de soie tissé par la larve de dernier stade. La nymphe, immobile, est fixée au substrat par sa face ventrale. La forme du cocon et son tissage constituent des éléments très importants pour l'identification des espèces.

Le céphalothorax est robuste, il porte les yeux et les antennes et surtout l'appareil respiratoire ou filaments respiratoires de part et d'autre du thorax. Ces filaments, par leur nombre et leur forme, sont sans doute le caractère taxonomique le plus important pour les déterminations spécifiques des *Simulies* immatures (figure 4).

L'abdomen de la nymphe est effilé, il porte plusieurs lignes d'épines et de crochets qui permettent à la nymphe de s'accrocher à l'intérieur de son cocon.

- **Larves**

Les larves sont d'un brun verdâtre et mesurent 5mm à 1cm de long. Elles ont la peau lisse presque sans segmentation apparente. Le corps, en forme de massue, se compose d'une tête cylindrique bien chitinisée, de trois segments thoraciques et de huit segments abdominaux dont l'extrémité est fortement renflée (figure 5).

- **Œufs**

Les œufs de *Simulies*, de l'ordre de 0,15 à 0,50 mm selon les espèces, sont aussi identifiés par l'aspect particulier de leur ponte (séparément ou en amas).

1.5. Répartition géographique

La répartition géographique des espèces permet de délimiter leur aire d'extension d'une part, mais aussi la capacité de ces espèces à coloniser des milieux aux facteurs écologiques diverses, d'autre part. Nous présentons dans un premier plan la distribution des espèces d'Algérie puis celle des espèces récoltées au nord-ouest algérien (zone d'étude du présent travail) dans un second plan.

2. Présentation de l'aire d'étude

2.1. Localisation du bassin versant de la Tafna

Le bassin versant de la Tafna est l'un des grands bassins versant du nord-ouest algérien, il s'étend sur une superficie de 7245 Km² et porte le numéro 16 parmi les 17 bassins versants d'Algérie (figure 17). Il couvre en majeure partie la wilaya de Tlemcen (69,3%) et en partie la wilaya d'Ain Temouchent (3,6%) et déborde sur le territoire marocain. Il fait partie du grand ensemble hydrographique de l'Oranie Chott-Chergui et rassemble huit sous bassins dont deux sur le territoire marocain. Il est localisé dans une zone comprise sensiblement entre 1° 00' et 1° 45' longitude ouest et 34° 40' et 35° 20' latitude nord.

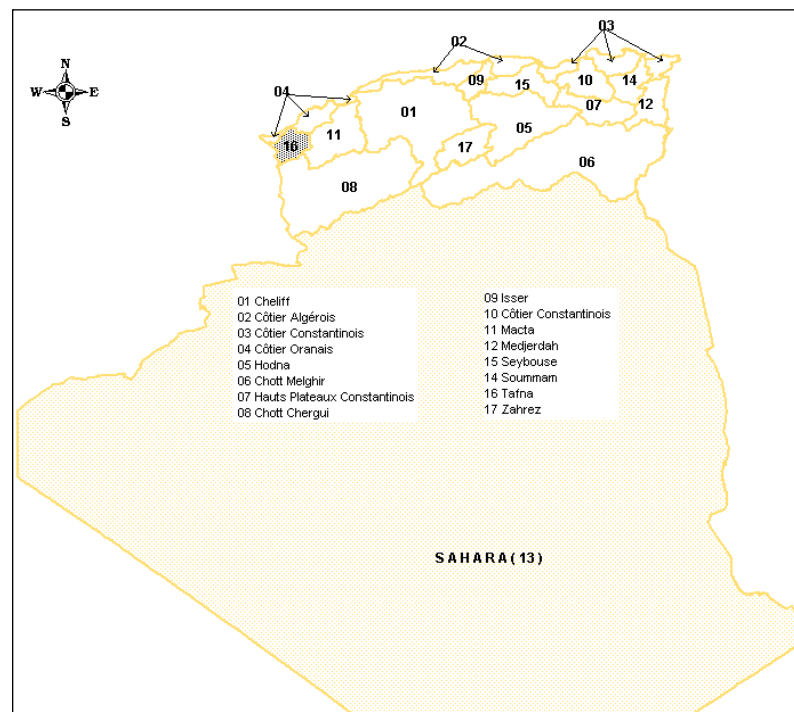


Figure 17 : Les bassins versants d'Algérie (ANRH)

L'oued Tafna, artère principale du bassin, prend sa source dans les Monts de Tlemcen et les traverse par des vallées étroites et profondes. Les Monts de Tlemcen, qui culminent à 1848m au

djebel Tenouchfi, constituent la barrière sud (800 à 1400m d'altitude) du bassin et s'alignent en direction WSW – ENE. Cette chaîne montagneuse se poursuit à l'est par les monts de Daïa (Saïda) et à l'ouest par le Moyen Atlas marocain. Les Monts des Traras, de direction NE – SW, culminent à 1136m au djebel Fillaoucène formant, au nord-ouest une barrière entre le bassin versant de la Tafna et la mer Méditerranée. Au nord-est du bassin se dressent les monts de Sebaâ Chioukh qui culminent à 662m. Les grandes plaines (de Maghnia et de Ghossels) du bassin de la Tafna (de 300 à 600 m d'altitude) s'étendent au nord des Monts de Tlemcen (figure 18).

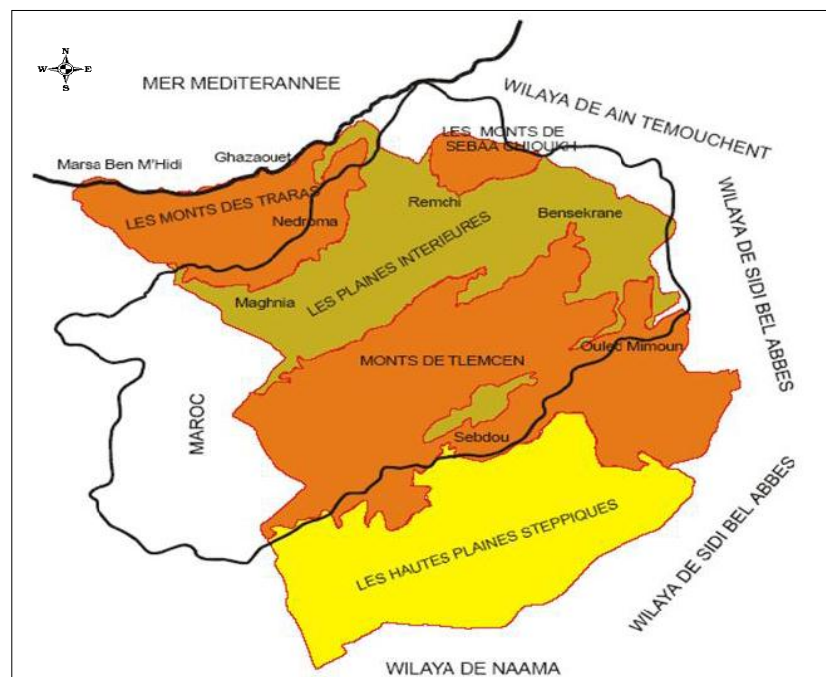


Figure 18 : Localisation géographique du bassin versant de la Tafna (A.N.A.T.)

2.2. Hydrologie du bassin versant

L'écoulement de l'oued Tafna, de la source à la mer sur une distance de 170km, peut être subdivisé en trois parties, la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna (figure 19).

2.2.1. La haute Tafna

La haute Tafna draine les versants sud des Monts de Tlemcen et les hautes vallées. L'oued Tafna prend naissance dans la région d'Ouled Ouraich au niveau de la grotte de Ghar Boumaza à une altitude de 1090 m.

Après la jonction d'un certain nombre de ramifications creusées dans les terrains du Jurassique principalement carbonatés qui peuvent atteindre des altitudes de plus de 1400 m, l'oued reprend son cours au niveau de la plaine de Sebdou à une altitude de 900 m dans les alluvions plio-quadernaires, puis s'écoule dans une vallée encaissée de roches carbonatées (Benest, 1972) jusqu'à Sidi Medjahed. A ce niveau l'oued reçoit sur sa rive gauche l'oued Khémis et l'oued Sebdou.

L'oued Khémis forme un sous bassin versant de 350km² caractérisé par de fortes pentes et une altitude maximale de 1700m.

L'oued Sebdou, long de 30,9km, draine un bassin versant de 255,5km² avec une altitude maximale de 1465 m.

2.2.2. La moyenne Tafna

A partir de Sidi Medjahed, l'oued Tafna coule dans une vallée peu profonde dans des terrains plus ou moins argileux où il est alimenté par les oueds des versants nord des monts de Tlemcen.

Sur la rive gauche, l'oued Mouilah, qui prend naissance au Maroc, est l'affluent le plus important par son cours de 124 km de long et son débit, la majeure partie de son bassin versant (2650 km²) se trouve en territoire marocain. L'oued Boukiou est moins important, il prend sa source dans les monts des Traras et rejoint la Tafna dans la plaine de Ghossel.

Sur la rive droite, l'oued Isser est remarquable par son long parcours (81 km) et son débit, il constitue une artère fluviale importante à l'est du bassin versant de la Tafna. Il prend sa source au sud de Ouled Mimoun au niveau de Ain Isser et rejoint la Tafna à une altitude de 80 m au niveau de la plaine de Remchi formant ainsi un bassin versant de 1140 km². Ce dernier est drainé par deux affluents sur la rive gauche de oued Isser, l'oued Lakhdar (appelé aussi oued Chouly) et l'oued Sikkak. A quelques kilomètres en amont de la confluence Isser – Tafna, l'oued Boumessaoud et l'oued Zitoun, deux autres affluents beaucoup moins importants, viennent alimenter l'oued Tafna.

2.2.3. La basse Tafna

Elle est représentée par le cours inférieur de l'oued Tafna qui traverse la plaine de Remchi et arrive en mer méditerranée au niveau de la plage de Rachgoun.

2.2.4. Analyse hydrologique

L'écoulement des eaux des principaux oueds du bassin versant de la Tafna varie considérablement d'une année à une autre avec des coefficients de variation relativement forts,

entre 0,8 et 0,9 et les débits spécifiques augmentent du sud vers le nord (Khaldi, 2005). L'existence de tendances microclimatiques différentes dans la région (Megnounif et *al.*, 1999) serait à l'origine de cette variabilité en outre de la contribution d'autres facteurs (géologiques, topographiques et anthropiques) récemment mis en évidence par Bakreti et *al.* (2013).

Les débits mensuels des oueds baissent progressivement du mois de mai à septembre alors que les crues sont violentes et de courte durée avec un coefficient de tarissement relativement fort (0,003 à 0,7) puisque 20% du volume total annuel sont évacués en trois à six jours (Khaldi, 2005). En effet, l'écoulement des oueds est sujet, d'une part, à de très forts débits et des crues fortement irrégulières et instantanés pouvant engendrer des inondations et d'autre part à de très faibles débits d'étiage (Meddi & Hubert, 2003 ; Ghenim et *al.* 2010). Par ailleurs, Ketrouci et *al.* (2012) ont montré que la puissance des crues, le temps de montée des crues et le temps de décrue ainsi que le rythme saisonnier varient sur l'oued Tafna et ses principaux affluents.

2.3. Géologie du bassin versant

Du point de vue géologique, le bassin versant de la Tafna peut être divisé en trois parties, les Monts de Tlemcen au sud, la plaine de Remchi au nord et les Monts des Traras à l'ouest de l'embouchure de la Tafna (figure 20).

2.3.1. Les Monts de Tlemcen

Les Monts de Tlemcen, qui sont les plus hauts reliefs de la région (1848 m d'altitude au Djebel Tenouchfi), forment une chaîne montagneuse de l'Atlas Tellien, ils sont constitués de trois grandes unités (Benest, 1985) :

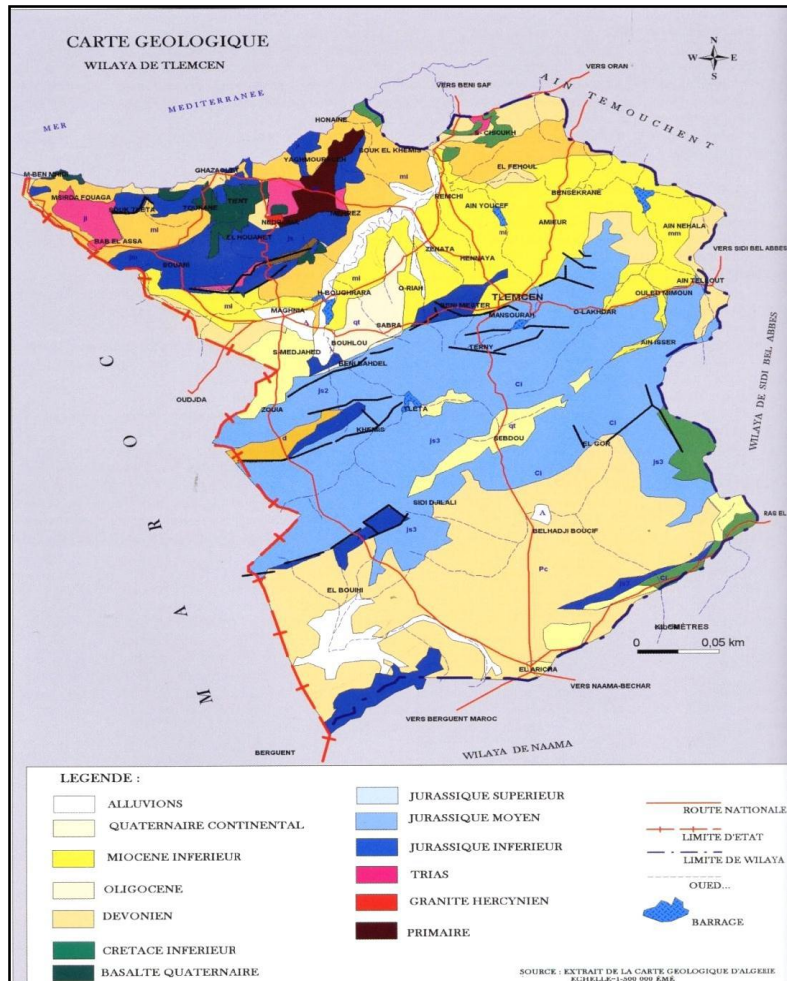


Figure 20 : Géologie du bassin versant de la Tafna (extrait de la carte géologique d'Algérie ; échelle 1/500 000)

2.3.2. La plaine de Remchi

Au nord du bassin versant de la Tafna, cette plaine est caractérisée par des dépôts argileux gréseux du Miocène inférieur, moyen et supérieur.

2.3.3. Les Monts des Traras

Il s'agit d'un massif montagneux à l'ouest de l'embouchure de la Tafna caractérisé par une grande variété lithologique, il comporte :

- des terrains schisteux du primaire,
- des roches carbonatées du Jurassique,

- des argiles sableuses à blocs de calcaire métamorphique du Miocène,
- des marnes salifères du Trias,
- des coulées volcaniques récentes du mio-pliocène.

2.4. Couverture végétale

La répartition du couvert végétal est en rapport avec la pluviométrie, la nature du sol et les activités humaines. En effet, la cartographie de la végétation montre qu'en général, à chaque type de sol correspond une végétation naturelle ou cultivée caractéristique. De l'amont vers l'aval du bassin versant de la Tafna, les sols diffèrent entraînant une mosaïque du tapis végétal de la région.

2.5. Ouvrages hydrauliques

Le bassin versant de la Tafna comporte cinq grands barrages d'une capacité globale de 380 millions de m³ (Adjim, 2004).

Jusqu'au début des années 80, seuls deux grands barrages alimentaient la région de Tlemcen. Le barrage de Beni-Bahdel, d'une capacité initiale de 63 millions de m³, qui a été édifié à la confluence des oueds Khémis et Tafna et mis en eau en 1952 et le barrage de Meffrouche, d'une capacité de 15 millions de m³, qui intercepte les eaux de oued En- Nachef et qui a été mis en eau en 1963.

Actuellement, le bassin versant de la Tafna compte trois autres barrages qui ont été construit suite à l'accroissement démographique de la population et au déficit pluviométrique enregistré depuis les années 80, ce qui a conduit à une baisse importante des ressources en eaux superficielles et souterraines (Bensaoula & Adjim, 2008).

- Le barrage de Sidi Abdelli (El Izdihar) intercepte les eaux de oued Isser au nord-est du bassin versant de la Tafna avec une capacité globale de 110 millions de m³. Sa mise en eau a eu lieu en 1987.
- Le barrage de Hammam Bouhrara est le plus important des cinq barrages par sa capacité de 177 millions de m³, il a été construit juste à la confluence des oueds Mouilah et Tafna et mis en service en 1998.
- Le barrage de Sikkak, d'une capacité de 30 millions de m³, retient les eaux de oued Sikkak et sa mise en eau date de l'année 2006.

Par ailleurs, huit autres petits barrages d'une capacité globale de 7,38 millions de m³ ont été réalisés à travers le bassin versant de la Tafna. Leur rôle principal est de valoriser l'activité agricole de la région (A.N.A.T., 1994).

2.6. Climatologie

Le climat est un facteur déterminant pour tous les travaux relatifs au fonctionnement des systèmes écologiques (Thinthoin, 1948). Les facteurs dépendant du climat conditionnent localement le fonctionnement de l'écosystème eaux courantes (Wasson, 1989). En effet, le climat joue un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eau et par conséquent dans l'établissement, l'organisation et le maintien des communautés animales des milieux lotiques.

Le bassin versant de la Tafna est sous l'influence du climat méditerranéen à hiver doux et humide avec des précipitations très irrégulières qui provoquent des crues violentes et à été chaud et sec. De plus, ce climat est caractérisé par la dominance de deux étages bioclimatiques : le sub-humide et le semi-aride avec une certaine variabilité dans le temps et dans l'espace.

2.6.1. Méthodologie

Les données utilisées sont celles des paramètres clés du climat : températures et précipitations. Ces deux paramètres varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes montagneuses et de l'exposition et jouent un rôle fondamental dans la répartition et le développement des êtres vivants.

La zone d'étude est caractérisée du point de vue climatique à l'aide de données climatiques fournies par les stations météorologiques installées au sein du bassin versant de la Tafna. Le choix des stations a été d'abord lié à la disponibilité de l'information, mais aussi à la répartition spatiale des stations sur le bassin versant afin d'obtenir un maximum de représentativité des résultats.

Les données utilisées pour cette étude, concernant les précipitations, sont celles enregistrées par les stations météorologiques installées dans les cinq grands barrages (Béni Bahdel, Meffrouch, Hammam Boughrara, Sidi El Abdelli et Sikkak) du bassin versant de la Tafna d'une part, et celles de la station de l'aéroport de Zénata d'autre part (tableau 3). Elles concernent la période allant de 2000 à 2014 pour toutes les stations à l'exception de celle du barrage de Sikkak, le plus récent, qui fournit les données à partir de 2005. En revanche, les données des relevés des températures

disponibles ne concernent que trois stations, Béni Bahdel et Zenata (de 2000 à 2014) et Sidi Abdelli (de 2005 à 2014). La présente étude va de mars 2009 à mars 2010, elle s'étale sur les deux années hydrologiques 2008-2009 et 2009-2010 pour lesquelles nous avons retenu les données des paramètres climatiques.

Tableau 3 : Coordonnées des stations météorologiques

Station météorologique	Longitude	Latitude	Altitude
Béni Bahdel	1° 29' 48''	34° 42' 33''	660 m
Meffrouche	1° 17' 31''	34° 51' 19''	1100 m
Sidi Abdelli	1° 07'	35° 05'	311 m
Zenata	1° 33'	34° 87'	805 m
Hammam Bouhrara	1° 46' 00''	34° 48' 00''	450 m
Sikkak	1° 11'	35° 11' 78 ''	279 m

L'étude climatique concerne, dans un premier temps, l'analyse des paramètres climatiques pris en considération et par la suite la synthèse des données pour le calcul des indices bioclimatiques et la détermination des diagrammes pluviothermiques de Bagnouls et Gaussen.

2.6.2. Analyse des facteurs climatiques

2.6.2.1. Précipitations

Les eaux courantes sont naturellement alimentées par les eaux souterraines des sources mais aussi par les précipitations qui varient dans le temps et dans l'espace. Des régions sont plus ou moins arrosées que d'autres et des mois sont plus pluvieux que d'autres. Il s'agit surtout de l'effet de l'éloignement de la mer et de l'exposition des versants par rapport aux vents humides.

2.6.2.2. Températures

La température constitue un facteur climatique vital et important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent (Dajoz, 2006). Elle détermine la vie des organismes et conditionne le cycle de développement et la croissance des espèces ainsi que leur répartition géographique.

✓ Amplitude thermique

L'amplitude thermique est calculée à partir de la différence entre la moyenne des maximums extrêmes (M) et la moyenne des minimums extrêmes (m). Elle permet de déterminer l'indice de continentalité et par conséquent l'influence maritime ou continentale d'une région donnée. Selon Debrach (1953), quatre types de climats sont retenus en fonction de la valeur de l'amplitude thermique :

- climat insulaire : $M - m < 15^{\circ}\text{C}$
- climat littoral : $15^{\circ}\text{C} < M - m < 25^{\circ}\text{C}$
- climat semi-continentale : $25^{\circ}\text{C} < M - m < 35^{\circ}\text{C}$
- climat continental : $M - m > 35^{\circ}\text{C}$.

2.6.3. Synthèse bioclimatique

La synthèse bioclimatique nous permet de donner un aperçu sur le climat de notre aire d'étude. Cette synthèse porte sur les deux paramètres principaux du climat : les précipitations et les températures. Pour cela, nous nous sommes basé sur les travaux de Le Houerou et *al.*, (1977), de De Martonne (1926), de Bagnouls & Gausson (1957) et d'Emberger (1930).

2.6.3.1. Classification climatique de Le Houerou

Cette classification détermine l'étage bioclimatique en fonction de tranches pluviométriques (P en mm) bien définies sur l'ensemble méditerranéen :

- sub-humide $600 < P < 800$
- semi-aride supérieur $500 < P < 600$
- semi-aride inférieur $400 < P < 500$
- aride supérieur $300 < P < 400$
- aride moyen $200 < P < 300$
- aride inférieur $100 < P < 200$
- saharien < 100

Pour cette classification, nous avons repris les données de la pluviométrie (disponibles) des six stations météorologiques.

2.6.3.2. Indice d'aridité de De Martonne

Cet indice, exprimé par la formule $I = P/(T+10)$ indique le niveau d'aridité d'une région avec

P : précipitations moyennes annuelles en mm

T : températures moyennes annuelles en °C.

Le climat est d'autant plus aride que l'indice est faible.

De Martonne propose la classification suivante :

$I < 5$ climat hyperaride

$5 < I < 7.5$ climat désertique

$7.5 < I < 10$ climat steppique

$10 < I < 20$ climat semi-aride

$20 < I < 30$ climat tempéré

2.6.3.3. Diagramme ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen

Bagnouls et Gaussen (1953) déterminent la période sèche et la période humide à partir d'une représentation graphique combinée des températures moyennes mensuelles (T) et des précipitations moyennes mensuelles (P) de sorte que l'échelle des précipitations soit le double de celle des températures. Les auteurs considèrent qu'un mois est sec quand l'ensemble des précipitations est inférieur ou égal au double des températures ($P \leq 2 T$).

2.6.3.4. Quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviothermique Q_2 , établi par Emberger (1930 ; 1955), est spécifique au climat méditerranéen, il se base sur l'humidité globale du climat et sa rigueur hivernale. Ce quotient a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2 \quad \text{dans laquelle}$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°K)

Le diagramme correspondant ou climagramme d'Emberger permet de positionner chaque station météorologique et de déterminer son étage bioclimatique.

Les caractéristiques climatiques jouent un rôle prépondérant dans les dynamiques annuelles des peuplements benthiques en général et celle des peuplements simuliens en particulier, il est connu que la saisonnalité est un phénomène commun à l'ensemble des communautés.

CHAPITRE II

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Présentation des stations

1.1. Choix des stations

L'échantillonnage a été réalisé sur des stations réparties selon le gradient longitudinal amont-aval du bassin versant de la Tafna. Sept stations sont choisies le long de l'oued Tafna, une station sur l'oued Khemis et trois stations sur le réseau hydrographique de l'oued Isser, principal affluent de l'oued Tafna. Pour assurer une bonne représentativité du bassin versant, les onze stations ont été tirées au hasard de l'amont vers l'aval, en tenant compte toutefois de l'hétérogénéité spatiale et de l'accessibilité au cours d'eau. Une représentation schématique des stations dans un plan linéaire nous renseigne sur leur position sur les cours d'eau et leur distance de la source (figure 25).

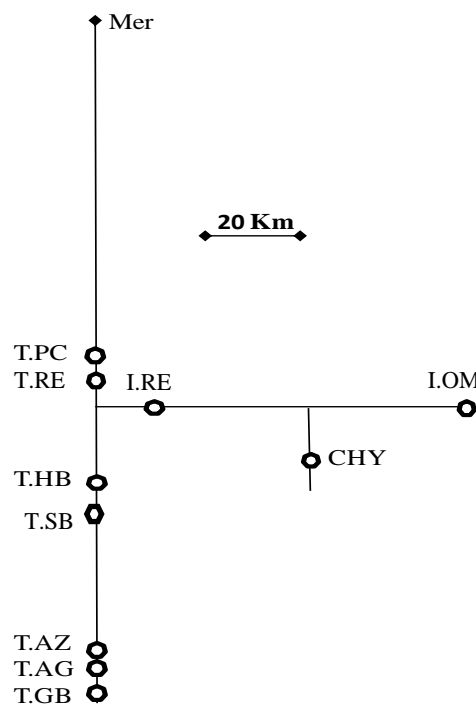


Figure 25 : Localisation des stations sur un plan linéaire

1.2. Localisation géographique des stations

Les onze stations sont situées principalement dans la haute et moyenne Tafna (figure 26). Elles sont localisées à différentes altitudes allant d'un minimum de 45m à 1090m d'altitude ; à écoulement orienté le plus souvent du sud vers le nord (Tableau 11).

Tableau 11 : Coordonnées géographiques des stations d'étude

Stations	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Orientation
T.GB	1°18'42''	34°41'3''	1090	N-S
T.AG	1°22'16''	34°41'56''	787	SE-N
T.AZ	1°27'52''	34°41'42''	664	SE-NO
T.SB	1°39'14''	34°49'31''	303	SE-NW
T.HB	1°37'39''	34°55'31''	220	SW-NE
T.RE.	1°27'51''	35°04'35''	83	SW-NE
T.PC	1°26'58''	35°08'37''	45	S-N
K.BB	1°30'20''	34°40'57''	650	S-N
CH.Y	1°9'58''	34°50'26''	850	SE-NW
I.OM	1°00'52''	34°54'08''	870	SW-NE
I.RE	1°26'32''	35°05'40''	80	S-N

1.2.1 .Description des stations de l'oued Tafna

✓ Station T.GB , Tafna Ghar Boumaza

La station est un émissaire de la source de l'oued Tafna à environ 500m de celle-ci. Sur la route nationale n° 22 reliant Tlemcen à Sebdou, s'observe l'entrée de la rivière souterraine de la Tafna (Ghar Boumaza) qui constitue un réseau karstique important dans les monts de Tlemcen.

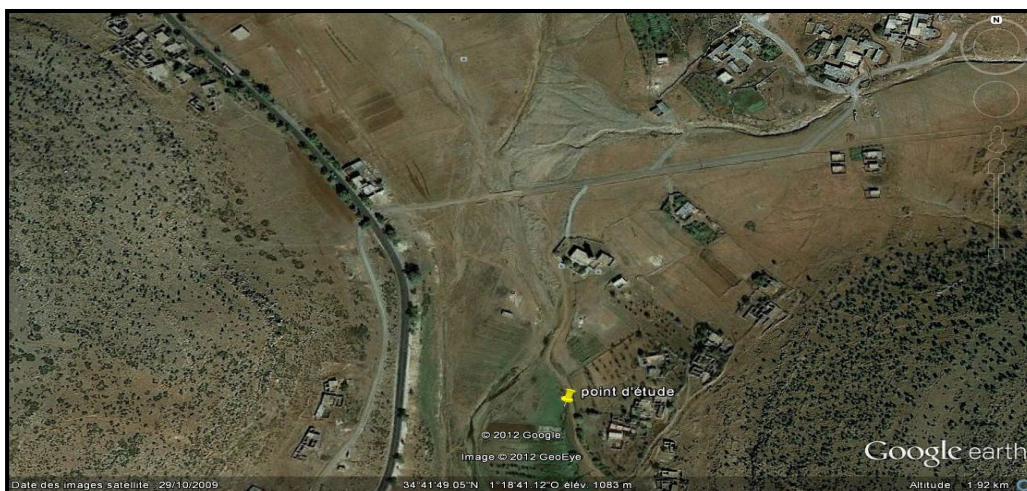


Figure 27 : Vue satellitaire de la station T.GB

Au-delà de l'entrée de la grotte, l'oued Tafna, qui n'apparaît en surface qu'en période de très hautes eaux, suit un sous-écoulement sur quelques centaines de mètres pour réapparaître en surface par de nombreuses résurgences de type limnocrène sur un terrain assez plat et découvert (figure 27,28).



Figure 28 : Photos de la station T.GB dans l'ordre amont aval

✓ **Station T.AG, Tafna Ain Ghraba**

A ce niveau, c'est l'oued Tafna qui creuse son lit dans une vallée encaissée en contrebas de la route secondaire Sebdou –Maghnia en passant par le village de Ain Ghraba (figure 29).



Figure 29 : Photos de la station T.AG

✓ **Station T.AZ, Tafna Azail**

C'est la station de l'oued Tafna qui se situe juste en amont du barrage de Béni Bahdel. Elle a été choisie sous le pont de la route reliant Sebdou à Maghnia.

✓ **Station T.SB, Tafna Sabra**

La station représente la zone de l'oued Tafna juste avant la confluence de ce dernier avec le barrage de Hammam Boughrara situé à quelques dizaines de mètres en aval (figure 30).



Figure 30 : Photos de la station T.SB

✓ **Station T.HB, Tafna Hammam Boughrara**

Elle est située sous le pont de la route RN 35 reliant Maghnia à Hammam Boughrara, en aval du barrage de Hammam Boughrara (figure 31).



Figure 31 : Photos de la station T.HB

✓ **Station T.RE, Tafna Remchi**

Il s'agit d'une station du cours inférieur de l'oued Tafna, localisée sous le pont de la route RN 35 avant le village de Remchi (figure 32).



Figure 32 : Photos de la station T.RE

✓ **Station T.PC, Tafna Pierre du chat**

Cette station représente la basse Tafna, près du village Pierre du Chat, correspondant à la plus basse altitude de nos stations (figure 33).



Figure 33 : Photos de la station T.PC

1.2.2. Description des stations de l'oued Isser

✓ **Station I.OM, Isser Ouled-Mimoun**

L'oued Isser, principal affluent rive droite de la Tafna, prend source à Aïn Isser dans les Monts de Tlemcen. A quelques mètres en aval de la source se situe la station I.OM traversée par un gué (figure 34).



Figure 34 : Photos de la station I.OM

✓ **Station I.RE, Isser Remchi**

Il s'agit d'une station de la basse Tafna, localisée à quelques mètres de la confluence Isser-Tafna, en contrebas de la route RN 22 Tlemcen-Remchi (figure 35).



Figure 35 : Photo de la station I.RE

✓ **Station CH.Y, Chouly Yebdar**

C'est une station choisie en amont de l'oued Chouly, un affluent rive gauche de oued Isser, non loin du village Yebdar (figure 36).



Figure 36 : Photos de la station CH.Y

1.2.3. Description des stations de l'oued Khemis

✓ **Station K.BB, Khemis Beni-Bahdel**

Elle se situe juste en amont du barrage Béni Bahdel construit à la confluence des oueds Tafna et Khemis (figure 37).



Figure 37 : Photo de la station K.BB

2. Méthodologie**2.1. Analyses des composantes physico-chimiques**

Une étude exhaustive des peuplements benthiques des eaux courantes passe nécessairement par des analyses physico-chimiques de l'eau en tant que milieu de vie. Pour ce fait, nous avons effectué, en parallèle avec les prélèvements de faune, l'analyse de cinq paramètres : la température de l'eau, le pH, la conductivité, la salinité et l'oxygène dissous. Les mesures ont été réalisées sur le terrain à l'aide d'un appareil multi-line de type P4 « WTW ».

✓ La température de l'eau

La température de l'eau joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température agit sur les vitesses des réactions chimiques et biochimiques et contrôle ainsi l'ensemble des phénomènes métaboliques des organismes.

La valeur de la température de l'eau est influencée par la température de l'air mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduelles chaudes.

✓ Le potentiel hydrogène : pH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est-à-dire de la concentration en ions hydrogène (H⁺). Le pH des eaux naturelles varie de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Les variations dans les cas extrêmes affectent les eaux naturelles.

On admet, en général, qu'un pH naturel entre 6,5 et 8,5 caractérise les eaux où la vie se développe de manière optimale.

✓ La conductivité électrique

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs alors que les composés organiques sont de mauvais conducteurs. Ainsi, la conductivité peut se définir comme étant la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle est exprimée généralement en microsiemens par centimètre (μS/cm).

La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences en ce qui concerne ce paramètre.

✓ La salinité

La salinité représente la concentration en sels minéraux dissous dans l'eau. Elle est exprimée en g/l de NaCl. Dans les eaux douces, la salinité est naturellement inférieure à 0,5g/l.

✓ L'oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous est l'un des paramètres les plus importants de la qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène, dans l'eau, provient essentiellement de l'atmosphère et de la photosynthèse des végétaux aquatiques. La quantité d'oxygène dissous varie dans le temps et dans l'espace car elle est fonction de nombreux facteurs tels la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température, la salinité, la pénétration de la lumière et l'agitation de l'eau. L'oxygène dissous peut jouer un rôle de facteur limitant dans le milieu aquatique (Dajoz, 2006). Les résultats des mesures sont exprimés en mg/l d'oxygène ou en pourcentage de saturation.

2.2. Prélèvements faunistiques

2.2.1. Calendrier des prélèvements

Les dix campagnes d'échantillonnage ont été étalées sur une année, d'avril 2009 à mars 2010 couvrant alors les différentes périodes hydrologiques (hautes, moyennes et basses eaux) à raison d'un prélèvement par mois.

Les prélèvements des mois de septembre, novembre et décembre n'ont pas été réalisés en raison d'importantes crues, et de même, ceux de juillet et août en raison de l'assèchement des cours d'eau.

2.2.2. Technique de prélèvement

Les larves et les nymphes de Simulies proviennent de prélèvements de la faune benthique réalisés au filet Surber de 300µm de vide de maille (la surface échantillonnée étant de 0,1 m²). La technique consiste à placer le filet face au courant afin d'entraîner les organismes dans le filet. Les galets, contenus dans la surface échantillonnée, sont délicatement retournés, raclés et lavés dans le filet afin de prélever le maximum de faune. Ces prélèvements sont effectués sur une longueur d'environ 10 fois la largeur du lit mineur de la station, celle-ci comprend un ensemble d'habitats : eau calme, galets en plein courant, végétation aquatique.

L'échantillonnage est complété par des prélèvements à l'aide d'un filet troubleau de 500µm de vide de maille pour les zones profondes et d'une pince pour détacher les individus fixés sur les galets.

La faune ainsi prélevée est placée dans des bocaux et fixée dans l'alcool à 70° sans oublier de mentionner sur une étiquette la station, la date et le type d'habitat du prélèvement réalisé.

➤ Choix des points de prélèvements

Pour chaque station et à chaque sortie, l'échantillon correspond à un certain nombre de prélèvements choisis dans divers types d'habitats. Ces prélèvements sont effectués en tenant compte des quatre principaux facteurs d'ordre physique : le courant, la nature du substrat, la végétation aquatique et la végétation riveraine.

2.2.3. Tri et détermination

Au laboratoire, les prélèvements sont lavés de tous les débris minéraux et végétaux puis minutieusement triés sous la loupe binoculaire. Les Diptères Simuliidae (larves, nymphes et exuvies) sont séparés du reste du macrobenthos, comptabilisés et conservés dans l'alcool à 70%.

L'identification des espèces a été faite à partir de la clé de détermination établie par Belqat et Dakki (2004). La contribution de Mme Belqat, spécialiste des Simuliidae du Maroc, que nous remercions énormément, a été capitale et précieuse dans l'identification et la confirmation des noms d'espèces. Elle nous a permis d'acquérir les techniques adéquates d'identification des spécimens.

Pour les spécimens reconnaissables à l'échelle macroscopique, nous avons utilisé la loupe binoculaire (Olympus) à différents grossissements. En revanche, pour d'autres spécimens un montage entre lame et lamelle de certaines pièces d'identification est réalisé après dissection pour une observation microscopique (Zeiss). C'est le cas entre autre, de différentes pièces des genitalia des nymphes mures ou pièces chitinisées des capsules céphaliques des larves.

Les individus ainsi identifiés sont placés dans des tubes à hémolyse en verre contenant de l'alcool à 80% et bien étiquetés.

Les spécimens ainsi que les structures d'identification des espèces sont photographiés grâce à un appareil photographique numérique (Canon IXUS 105) placé sur la loupe binoculaire ou le microscope. Les photos constituent les illustrations de la diagnose des espèces. Celles des larves et des nymphes sont effectuées sous loupe binoculaire au grossissement 10x16 alors que celles réalisées au microscope optique sont au grossissement 10x40.

2.3. Méthodes d'analyse de la structure des peuplements**2.3.1. Etude indicielle*****a. Descripteurs statistiques***

Les descripteurs statistiques (Richesse Spécifique (S), Biomasse (B), Abondance (A), Dominance...) sont largement utilisés dans les études quantitatives des peuplements. Ils permettent de réaliser des analyses statistiques et constituent la base de calcul de nombreux autres indices plus complexes (Grall et Coïc, 2005).

- ✓ **L'abondance ou densité** d'une population est le nombre d'individus d'une espèce présents par unité de surface ou de volume. Ce paramètre est important pour la description de la structure d'un peuplement ; il varie aussi bien dans le temps et dans l'espace (Ramade, 2003).
- ✓ **La richesse spécifique totale S** est le nombre total des espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. Elle représente un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement (Ramade, 2003). Cet indice S permet de distinguer des variations spatiales, avec des secteurs riches et des secteurs plus pauvres, et des variations temporelles avec des minimas et des maximas en fonction des saisons (Grall et Coïc, 2005).

b. Indices de diversité

La diversité des peuplements tient compte non seulement du nombre des espèces mais aussi des individus au sein de ces espèces. Ainsi, différents indices de diversité qui prennent en considération l'abondance relative des espèces en plus de leur nombre, ont été proposés. Ces indices permettent l'étude de la structure des peuplements en donnant, en un seul chiffre, une évaluation de la biodiversité de ces peuplements.

✓ **L'indice de Shannon**

L'indice de Shannon (Shannon, 1948 ; Shannon et Weaver, 1963), appelé aussi indice de Shannon-Weaver ou Shannon-Wiener, est dérivé de la théorie de l'information. Cet indice est couramment utilisé et recommandé par différents auteurs (Dajoz, 2006). Il est exprimé par la formule suivante :

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

où p_i abondance relative de l'espèce i , $p_i = n_i / N$

S = nombre total d'espèces contenues dans l'échantillon

n_i : nombre d'individus d'une espèce de rang i dans l'échantillon

N : nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

L'indice varie de 0, lorsque l'échantillon comprend une seule espèce ou lorsque une espèce domine largement toutes les autres, à $\log S$ lorsque toutes les espèces ont la même abondance.

✓ **Equitabilité de Piélou**

L'équitabilité, nommée aussi régularité (Frontier, 1976), est une traduction du terme evenness introduit en écologie numérique par Piélou (Ramade, 2003). L'expression de l'équitabilité est

souvent donnée à partir de l'indice de Shannon. La valeur maximale de l'indice de Shannon est obtenue quand la distribution est parfaitement régulière. Ainsi, l'équitabilité de Pielou (1966) s'écrit

$$J' = H' / H'_{\max} \quad \text{où } H'_{\max} = \log S \quad (S: \text{ nombre total des espèces}).$$

Cet indice permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces en évaluant la proportion des espèces dominantes. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces : lorsque toutes les espèces ont la même fréquence).

✓ **Indice de Margalef**

L'indice de Margalef est utilisé en écologie pour estimer la biodiversité d'un peuplement basé sur la distribution numérique des individus d'espèces différentes en fonction du nombre total d'individus de l'échantillon. Les valeurs inférieures à 2 de cet indice indiquent une diversité faible du peuplement (généralement à la suite d'une action anthropique). L'expression de l'indice de Margalef (Dmg) est $Dmg = S - 1 / \log_n(N)$, où S est le nombre total des espèces et N est le nombre total des individus de l'échantillon.

✓ **L'indice de similitude de Jaccard**

L'indice de Jaccard est un coefficient d'association connu pour étudier la similarité entre objets pour des données binaires de présence-absence. C'est une mesure simple de la similarité proposé par Jaccard (1901). Il permet de quantifier la ressemblance entre deux relevés effectués en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé, il ne tient compte que des associations positives (présences simultanées).

Par analogie, l'indice J représente le rapport entre le nombre de cas de présence simultanée de deux espèces considérées et le nombre de cas où au moins l'une des deux espèces est présente :

$$J = c / (a+b+c)$$

a : nombre d'espèces présentes uniquement dans le relevé a ;

b : nombre d'espèces présentes uniquement dans le relevé b ;

c : nombre d'espèces communes aux deux relevés.

L'indice de Jaccard est normalisé (entre 0 et 1), plus il est proche de 1 plus la similarité est élevée.

2.3.2. Traitement statistique

a. Tests statistiques

✓ **Test de l'ANOVA**

L'ANOVA (ANalysis Of VAriance) est un test statistique fondamental qui vise à comparer des moyennes sur plusieurs échantillons aléatoires indépendants. L'analyse détermine si les échantillons varient de la même manière, elle permet de vérifier que les échantillons sont issus d'une même population.

On parle d'analyse à un facteur lorsque l'analyse porte sur un facteur de variabilité, d'analyse à deux facteurs ou d'analyse multifactorielle.

L'analyse de variance est parfois associée à une représentation graphique en boîtes à moustaches (box-plots) qui permet de visualiser plusieurs paramètres de distribution de la variable : la médiane, l'intervalle interquartile et la valeur minimale et maximale de la distribution.

✓ **Droite de régression linéaire**

La méthode de la régression a pour but de décrire la relation entre une variable aléatoire dépendante ou variable de réponse y et un ensemble de variables indépendantes ou explicatives x . La relation entre x et y est représentée graphiquement à travers un nuage de points et l'estimation du modèle linéaire permet de tracer la droite de régression.

Le calcul du coefficient de corrélation linéaire r permet de donner le coefficient de détermination de la variabilité r^2 .

✓ **Test de permutation**

Les tests de permutation font référence à des méthodes pour l'exploration d'un jeu de données sans hypothèse sur leur distribution, ils permettent de tester l'hypothèse de symétrie des observations. Ils utilisent toute l'information disponible contenue dans l'échantillon observé.

Le principe de ces tests est de travailler à partir des seules données observées (Manly, 1997 ; Mielke & Berry, 2001).

b. Méthodes statistiques multi-variées

✓ **Analyse factorielle des correspondances (AFC)**

L'analyse factorielle des correspondances consiste à rechercher la meilleure représentation simultanée de deux ensembles constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, ces deux ensembles jouant un rôle symétrique. L'AFC permet d'ordonner les valeurs du tableau suivant un certain nombre d'axes correspondant à des facteurs de distribution. La représentation utilisée est celle des plans formés par deux axes orthogonaux représentant un maximum de variance pour l'analyse (ce sont les deux ou trois premiers axes qui sont souvent utilisés).

✓ Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales est une méthode dite factorielle d'analyse des données qui cherche à synthétiser l'information contenu dans un tableau croisant des individus et des variables quantitatives. Elle sert à mettre en évidence des similarités ou des oppositions entre variables et à repérer les variables les plus corrélées entre elles.

L'ACP consiste à remplacer une famille de variable par de nouvelles variables de variance maximale, non corrélées deux à deux et qui sont des combinaisons linéaires des variables d'origine. Ces nouvelles variables, appelées composantes principales, définissent des plans factoriels qui servent de base à une représentation graphique plane des variables initiales.

✓ Classification à Ascendance Hiérarchique (CAH)

La classification hiérarchique consiste à regrouper dans un même ensemble les données qui ont un degré de similarité significatif. La mesure de la similarité se fait selon les distances euclidiennes et l'agrégation en fonction de la méthode de Ward (du moment d'ordre 2) sous forme d'un dendrogramme.

✓ Analyse discriminante

L'analyse discriminante est une méthode statistique pour la comparaison de deux partitions provenant des échantillons de même variables. Cette méthode consiste à prendre un des deux échantillons comme référentiel et à projeter l'autre échantillon sur les classes de ce référentiel.

Elle est utilisée donc pour déterminer si des groupes sont différents par rapport à la moyenne qu'ils prennent sur une variable particulière et d'utiliser cette variable pour prédire l'appartenance à un groupe.

Parmi les nombreuses méthodes de discrimination, l'analyse discriminante descriptive ou analyse factorielle discriminante est la plus connue. Le principe de cette analyse est de trouver des combinaisons des variables initiales qui permettent de distinguer au mieux les groupes. Elle sert à dégager les principales différences que l'on peut déterminer à l'aide des variables mesurées. La méthode consiste à rechercher les combinaisons de p variables qui permettent de séparer aux mieux les k classes. La première combinaison sera celle dont la variance interclasse est maximale, afin d'exalter les différences entre les classes, et dont la variance intraclasse est minimale pour que l'étendue dans les classes soit délimitée, celle qui discrimine le mieux les classes. La significativité de la discrimination est éprouvée par un test de permutation (Prodon et Lebreton, 1994).

2.4. Méthodes de cartographie par le SIG

Dans le but de mieux cerner la répartition des stades préimaginaux des Diptères Simuliidae de nos stations, nous avons procédé à une approche de modélisation des habitats de ces insectes. Pour cela, nous avons eu recours au Système d'Information Géographique (SIG).

2.4.1. Généralités sur le SIG

Le SIG : Système d'Information Géographique est un système de bases de données numériques dont la référence correspond en premier lieu à un système de coordonnées spatiales des objets. Il représente une forme particulière d'un système d'information appliquée aux données géographiques. C'est un ensemble de données géo-référencées, numérisées, apparentées entre elles et relatives à une zone déterminée.

Le SIG permet de saisir et d'organiser les données spatiales et constitue un ensemble d'informations d'aide à la prise de décision dans presque tous les secteurs (environnement, paléoclimatologie, océanographie, géographie, météorologie). Il intègre toutes les fonctionnalités d'un système de gestion de base de données et s'applique dans un environnement géo-référencé pour la visualisation (le plus souvent sous forme de carte) et l'analyse.

Burrough (1986) distingue quatre fonctionnalités de base d'un SIG :

- saisir (numériser) les données
- stocker les données (base de données graphiques et tableaux)
- analyser les données (requête, modélisation, simulation)

- sortir (visualiser) les données (cartes, tableaux, graphiques, exportation et transfert des fichiers).

Les logiciels SIG sont de plus en plus diversifiés pour répondre aux diverses demandes. Dans le présent travail, nous avons utilisé le logiciel MapInfo (version 6.5) édité en 1986 (première version) par la société Pitney Bowes Software (PBS). Ce logiciel permet de réaliser des cartes en format numérique et de représenter à l'aide d'un système de couches superposées des informations géo-localisées (points, polygones, image raster...).

2.4.2. Méthodologie**a. Saisie des données**

Le bassin versant de la Tafna s'étend en grande partie sur la wilaya de Tlemcen, de ce fait nous avons utilisé la carte topographique numérique de Tlemcen au 1/200 000^e.

La première étape consiste à ouvrir cette carte, en tant qu'image raster, sur le logiciel MapInfo et de la caler avec un référentiel. Il s'agit du système de calage UTM (WGS 84) en zone 30 Northen.

L'étape suivante est la saisie, proprement dite, des données ou numérisation. C'est ainsi que différentes tables sont créées en utilisant les différents objets graphiques de MapInfo :

- table des courbes de niveaux (principales et secondaires) afin d'établir la carte des pentes de la zone d'étude. Ces courbes sont tracées (numérisées) une à une ;
- table des sommets et des points cotés qui sont signalisés sous forme de points ;
- table du réseau hydrographique du bassin versant, les principaux oueds sont tracés ou numérisés ;
- table du tracé des limites du bassin versant de la Tafna ;
- table des stations étudiées qui sont placées et signalisées en points sur les oueds du bassin versant de la Tafna ;
- table des principales localités qui sont indiquées en points (noms des wilayas, communes et centres) ;
- table des principales sources de la région qui sont localisées sous forme ponctuelle selon leurs coordonnées Lambert ;
- table de la nature du substrat des cours d'eau (substrat érodé ou hétérogène) tracés selon des couleurs différentes ;
- table de la localisation des grands barrages.

b. Analyse et centralisation

Les différentes cartes sont superposées pour une analyse des données recueillies et une juxtaposition des informations spatiales.

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Caractérisation physique et physico-chimique

1.1. Caractéristiques physiques

1.1.1. Caractérisation des stations

La position géographique (mentionnée au chapitre précédent) de chacune des stations sur le réseau hydrographique détermine sans doute un grand nombre de critères physiques de ces stations. Ainsi, la distance à la source et l'altitude ont été choisies comme paramètres essentiels pour définir trois classes de stations :

- les stations de la haute Tafna, de 0,5 à 11,5km de la source et à une altitude comprise entre 1090 et 650m ;
- les stations de la moyenne Tafna, de 50 à 54,5km de la source et d'altitude comprise entre 303 et 220m ;
- les stations de la basse Tafna, à plus de 75km de la source, d'altitude allant de 83 à 45m.

Les principales caractéristiques physiques des stations sont réunies dans le tableau 12.

Tableau 12 : Caractéristiques physiques des stations

stations	Distance à la source (km)	Largeur du lit mineur (m)	Substrat dominant	Turbidité	Profondeur maximale (cm)	Végétation riveraine	Impact humain
T.GB	0,56	3	G	C	60	Hb	A,P
T.AG	8,35	3	G,Gr,S	C	100	Ps	A
T.AZ	11,44	5	S,V	T	60	Ps	A
T.SB	49,90	7	G,S	T	40	Ar	A
T.HB	54,43	8	S,V,L	T	50	Ar	A
T.RE	78,40	20	V,L	T	50	Ar	A
T.PC	85,52	20	V,L	T	40	Hb	A
K.BB	19,70	30	V,L	T	1500	Hb	A
CH.Y	10,22	3	B,G	C	40	Ar	A
I.OM	1,15	4	G,V,L	T	70	Ps	A
I.RE	66,77	5	V,L	T	60	Ps	A

G : galets ; Gr : graviers ; S : sable ; V : vase ; L : limons ; B : blocs ; C : clair ; T : trouble ; Hb : herbacée ; Ps : pluristratifiée ; Ar : arborée ; A : agriculture ; P : pâturage.

1.2. Caractéristiques physico-chimiques**1.2.1. Variabilité inter-stations**

L'analyse des paramètres physico-chimiques procure, en partie, une appréciation de la qualité des eaux de surface et des conditions écologiques de la vie des organismes benthiques. Ces paramètres changent dans le temps et dans l'espace sous l'effet de facteurs naturels (climatologiques, hydrologiques) ou anthropiques (travaux, rejets).

1.2.2. Variabilité spatio-temporelle**• Température de l'eau**

Les températures oscillent entre une valeur minimale de 14°C (mars 2010) à la station CH.Y et une valeur maximale de 31°C (juin 2009) à la station T.SB (figure 40). Ces valeurs limites ne sont pas extrêmes sachant qu'il n'y pas eu de relevés lors des mois les plus froids (décembre et janvier) ou les plus chauds (juillet et aout) de la région.

• Oxygène dissous

Les mesures de la teneur en oxygène dissous dans l'eau au cours de la période d'étude montrent une très grande variabilité spatiale et temporelle.

2. Etude faunistique**2-1 Composition faunistique et considérations biogéographiques**

Les prospections réalisées dans les stations choisies sur le bassin versant de l'oued Tafna ont permis la récolte de dix espèces de Diptères Simuliidae, elles sont clairement énumérées selon la classification de Adler et Crosskey (2015) (tableau 15).

Toutes ces espèces font partie du genre *Simulium* représenté par cinq sous-genres : *Eusimulium*, *Nevermannia*, *Simulium*, *Trichodagmia* et *Wilhelmia* (figure 43).

Par ailleurs, l'importance relative de ces espèces varie largement (figure 44), certaines sont bien représentées alors que d'autres sont rares. Leur critère d'abondance relative est déterminé selon cinq classes :

classe 1 : un seul individu (espèce accidentelle) ;

classe 2 : 2 à 5 individus (espèce rare) ;

classe 3 : 6 à 30 individus (espèce assez abondante) ;

classe 4 : 31 à 100 individus (espèce abondante) ;

classe 5 : plus de 100 individus (espèce très abondante).

L'analyse biogéographique du peuplement simulidien récolté montre que ce dernier est constitué de deux groupes d'espèces (figure 45).

Discussion

Sur les dix espèces récoltées dans nos prélèvements, sept ont déjà été signalées dans le bassin versant de la Tafna par Gagneur & Clergue-Gazeau (1988)

Par ailleurs, une certaine similarité dans la composition du peuplement simuldien du bassin versant de la Tafna est signalée avec ceux des pays voisins.

Le nombre d'espèces noté est relativement faible comparé à celui d'autres bassins versants du Maghreb.

2.2. Analyse de la structure des peuplements**2.2.1. Variabilité spatio-temporelle des abondances**

Une analyse multi-variée par l'AFC est réalisée à partir de la matrice des abondances des dix espèces dans les 42 relevés effectués dans neuf stations au cours d'une période d'étude de quatre mois (Annexe 3).

2.2.2. Distribution spatiale

La structure des peuplements qui composent une biocénose peut se définir par un ensemble d'indices ou de descripteurs qui tiennent compte de l'importance numérique des espèces. Cette structure permet de comprendre l'organisation spatiale des peuplements récoltés dans chaque station.

Les valeurs des descripteurs de la richesse (la richesse spécifique S , l'indice de Margalef $D.mg$) et de la structure des peuplements (l'indice de diversité de Shannon et l'équitabilité de Pielou J') sont calculées pour chaque station puis regroupées dans le tableau 16. L'interprétation de ces valeurs tient compte essentiellement de la distance des stations d'étude à la source selon les trois classes.

2.2.3. Distribution temporelle

Une analyse plus fine de l'évolution temporelle de la structure des communautés est réalisée s'appuyant essentiellement sur l'utilisation de descripteurs classiques à savoir la richesse spécifique, le nombre d'individus, les indices de diversité et l'équitabilité.

- **Abondance de chaque espèce**

La variation mensuelle de l'effectif de chacune des espèces au cours du temps nous renseigne d'une part, sur les cycles biologiques et d'autre part sur l'aptitude des espèces à coloniser le milieu et leur valence écologique.

Discussion

La période favorable à la prolifération des stades juvéniles de Simuliidae s'avère assez courte pour la présente étude,

2.2.4. Microdistribution des Simulies récoltées

Les peuplements simulidiens ont révélé une nette variabilité inter-stationnelle de la diversité et de la densité des espèces.

2.4. Essai de modélisation des habitats des Simulies

L'appréhension de la caractérisation de l'habitat d'une communauté et sa modélisation passe par l'intégration de plusieurs facteurs (répartition géographique, données environnementales...). Théoriquement, pour tout gradient environnemental échantillonné, les variations d'abondances des espèces en fonction de ce facteur suivent une courbe de type Gaussien. Cette hypothèse est assimilable à la notion théorique de la niche écologique de Hutchinson (Hutchinson, 1957) qui correspond à un hypervolume à n dimensions définissant les conditions pour avoir une communauté viable. Ainsi, chaque dimension correspond à la réponse d'un organisme par rapport à un facteur du milieu. Une espèce étant influencée par plusieurs facteurs environnementaux, les gammes de chaque facteur qui lui sont favorables doivent être dégagées définissant les habitats idéaux, les habitats favorables, les habitats tolérables et les habitats défavorables. Les modèles obtenus sont ensuite utilisés pour cartographier (grâce au SIG) les habitats selon leur qualité à partir de jeux de données environnementales.

Il est important de rappeler que toutes les données spatiales recueillies pour la modélisation des habitats des Simulies récoltées dans le présent travail sont saisies sur le logiciel MapInfo du Système d'Information Géographique (SIG).

Les informations SIG concernent les informations de référence géographique obtenues sur une surface bien délimitée du bassin versant de la Tafna à partir de la carte topographique de Tlemcen au 1/200 000^e. Cette surface inclue l'artère principale du bassin versant (oued Tafna) depuis sa source et une partie de certains des principaux affluents de la haute et de la moyenne Tafna. La zone avale du réseau n'a pas été largement prospectée et de ce fait ne sera pas cartographiée.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Conclusion générale et perspectives

Les Simulies sont largement répandues, on compte plus de 2000 espèces dans le monde. Néanmoins, leurs stades juvéniles sont limités aux zones où les conditions de leur habitat lotique sont conformes à leur développement.

A l'état actuel de nos connaissances, 30 espèces ont été recensées en Algérie. Elles sont de distribution large ou limitée et d'origine biogéographique différente.

Sur une période allant de mars 2009 à mars 2010 et un bilan de 143 échantillons, seuls 42 relevés réalisés dans neuf stations sur onze, ont fourni des larves et des nymphes de Simuliidae. Sur cette base et en rapport avec l'hétérogénéité des caractéristiques physiques du milieu (nature du substrat, vitesse du courant, végétation aquatique), douze types de microhabitats ont été définis.

Ainsi, le peuplement simulidien récolté, composé de dix espèces du genre *Simulium*, est constitué de deux groupes d'espèces. Le premier groupe englobe cinq espèces à large répartition paléarctique. Ce sont les espèces les plus abondantes et les plus fréquentes qui constituent plus de 90% du peuplement récolté. Il s'agit de *S. (E.) velutinum*, *S. (S.) intermedium*, *S. (S.) ornatum*, *S. (S.) trifasciatum* et *S. (W.) pseudequinum*. Le second groupe comprend cinq espèces, moins abondantes dont *S. (N.) ruficorne* de répartition éthiopienne et quatre autres espèces endémiques à répartition limitée dans la zone paléarctique. *S. (S.) bezzii* et *S. (T.) galloprovinciale* sont méditerranéennes et les deux autres espèces, *S. (W.) quadrifila* et *S. (W.) sergenti* se limitent à la région ibéro-maghrébine. Ainsi, 40% des espèces rencontrées dans notre aire d'étude sont des endémiques.

L'analyse spatio-temporelle de la variabilité des abondances fait apparaître clairement que la période la plus favorable à la prolifération des Simulies dans la majorité des stations situées essentiellement en amont du bassin versant de la Tafna est la période printanière lors des mois d'avril et mai. L'abondance des espèces récoltées au cours de la période d'étude révèle une ségrégation temporelle liée sans doute au cycle biologique de chacune des espèces mais aussi aux conditions du milieu.

La distribution des espèces inventoriées répond à leurs aptitudes écologiques très différentes d'une espèce à une autre. *S. ornatum* est très limitée dans sa répartition spatio-temporelle à la station de oued Chouly de l'amont, elle semble plus exigeante vis-à-vis des facteurs du milieu. *S. bezzii* et *S. sergenti*, tout aussi rithrophiles se retrouvent essentiellement dans plusieurs stations de l'amont de la Tafna. Quatre espèces *S. trifasciatum*, *S. velutinum*, *S. pseudequinum* et *S.*

Conclusion générale et perspectives

intermedium supportent de grandes variations des paramètres environnementaux, elles sont donc plus plastiques et s'étalent de l'amont vers l'aval.

Le calcul des différents indices de diversité montrent une différence entre les peuplements des stations de l'amont et de l'aval du bassin versant de la Tafna. Les valeurs de l'indice de diversité de Margalef et de l'indice de Shannon montrent clairement que les peuplements sont faiblement diversifiés avec des richesses faibles et des abondances inégalement réparties entre espèces. Les stations en amont T.GB, T.AG, T.AZ et CH.Y présentent des valeurs de l'indice de Margalef supérieures à 1,75 et des valeurs de H' supérieures à 1,79. En basse Tafna, les stations T.HB, T.RE, T.PC, I.OM et I.RE sont en moyenne les moins riches en espèces, elles affichent des indices faibles. L'indice d'équitabilité de Piélou compris entre 0,61 et 0,9 indique une structure plus ou moins régulière et équilibrée de la répartition des abondances par espèce à l'échelle des neuf stations étudiées, une régularité croissante vers l'amont.

L'analyse de la microdistribution des peuplements révèle que le nombre d'espèces et le nombre d'individus varie considérablement d'un microhabitat à un autre. Un maximum d'espèces et d'individus correspond au microhabitat à substrat érodé balayé par un courant rapide alors que le minimum d'individus s'observe dans le microhabitat au courant lent sur un fond déposé. Les espèces se répartissent différemment dans les microhabitats, *S. velutinum* semble la plus plastique et la plus répandue, occupant tous les types de microhabitats, suivi par *S. pseudequinum*, *S. trifasciatum* et *S. intermedium* occupant jusqu'à dix microhabitats. Ces quatre espèces sont capables de coloniser aussi bien des habitats à courant rapide (faciès lotique) que lent (faciès lentique) et des substrats différents. Les espèces *S. bezzii*, *S. ornatum* (complexe), *S. sergenti*, *S. galloprovinciale* et *S. quadrifila*, abondantes ou plus rares, semblent plus rhéophiles et exigeantes, leur présence se limite à un ou deux microhabitats au courant rapide.

La différence des abondances des Simulies est significative entre les milieux à courant forts et les milieux à courant plus lents, d'où l'effet du courant sur la distribution des Simulies dans le bassin versant de la Tafna à l'inverse de celui de la nature du substrat. Néanmoins, les abondances les plus fortes correspondent au substrat érodé. Ainsi les habitats les plus favorables au développement des stades pré-imaginaux des Simulies sont les eaux courantes rapides à substrat érodé toutefois les espèces à large tolérance essentiellement *S. velutinum* et *S. trifasciatum* peuvent coloniser des biotopes à courants plus lents et à substrat hétérogène.

Au-delà de l'échelle de la station, l'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG) permet de généraliser les informations spatiales sur le secteur d'étude. Les données saisies sur la pente des terrains, la nature du substrat, la localisation des barrages ainsi que celles des

Conclusion générale et perspectives

principales sources sont à la base de la cartographie et d'un essai de modélisation des habitats des Simulies. Le modèle d'habitat potentiel de Simulies (basé sur la pente et la nature du substrat) prédit des zones de fortes abondances qui sont mises en adéquation avec les observations réalisées. Ce modèle optimiste les fortes abondances de cette communauté dans les zones de fortes pentes à substrats érodés. Il minimise la présence des stades immatures des Simuliidae sur les zones à faibles pentes et où les sédiments fins dominent.

Cette étude souligne l'importance du peuplement simulidien sur les oueds du bassin versant de la Tafna. Dans ces derniers, ces Insectes voient leur habitat se restreindre dans le temps et dans l'espace laissant prédire une certaine perturbation des conditions de leur environnement. Ce dernier est sujet à des changements constants sous l'effet des changements climatiques (sécheresses prolongées et crues fréquentes) et des actions anthropiques. Les aménagements hydrauliques (barrage, retenues) le long des cours d'eau provoquent un ralentissement des débits et un dépôt d'éléments fins, ces conditions sont très peu favorables à la mise en place des peuplements de Simulies.

Les résultats de cette thèse sont en accord avec de nombreux travaux et ont en plus permis d'orienter la description classique des habitats vers une analyse plus fine de ces derniers et un essai de leur modélisation. Le travail est loin d'être fini, il constitue une base pour nos travaux en perspective. Il est important dans le futur d'élargir les prospections sur le terrain, de rechercher de nouvelles espèces dans des biotopes des endroits reculés où les actions de l'homme sont minimales, cas de oued Khemis et de oued Chouly. La partie aval nécessite également un champ d'investigation pour comprendre les changements dans la composition et la structure des peuplements pour mieux cerner la répartition et la distribution des espèces indicatrices de bonne santé de ces cours d'eau et des changements qui s'y opèrent pouvant expliquer leur absence. Il semble important d'affiner la micro-distribution des espèces et de tester la possibilité de déterminer pour chaque espèce des valeurs de sensibilité aux facteurs de dispersion et d'agrégation par l'usage d'indices, pour la prise en compte de la sténocécie, ainsi dégager les facteurs de ségrégations écologiques permettant de comprendre l'organisation spatiale, trophique et comportementale des assemblages des guildes de Simulies.

Notre ambition va également vers la biologie moléculaire et la détermination des groupes présents, il est temps de combiner les deux méthodes pour parvenir à une meilleure identification des spécimens.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- A.N.A.T., (1994). Plan d'aménagement et d'urbanisme du groupement Tlemcen Chetouane Mansourah, Phase I, Direction régionale ouest, Tlemcen, Décembre.
- A.N.R.H., (2001). Inventaire des ressources en sols d'Algérie 1963-2001.
- Adjim, H. (2004). Evaluation et affectation des ressources hydriques superficielles du bassin versant de la Tafna. Approche pluviométrique. Magister, Université de Tlemcen, 157p.
- Adler, P.H. & Crosskey, R.W. (2015). World blackflies (Diptera: Simuliidae): A comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory: Available from <http://www.clemson.edu/cafls/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf>
- Adler, P. & Kim, K. C. (1986). The black flies of Pennsylvania (Simuliidae, Diptera): bionomies, taxonomy and distribution. *Pennsylvania state University College of Agriculture Bulletin*, 856: 1- 88.
- Ait Mouloud S. (1987). Essai de recherches sur la dérive des macroinvertébrés aquatique dans l'oued Aisai : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Magister, Université Alger. 118 p.
- Alcaraz, C. (1982). La végétation de l'ouest Algérien. Thèse, Doct, es Sc., Univ, Aix-Marseille, Fac.Sc et Thec, St Jérôme, 415p.+ Annexes.
- Arab A., Lek S., Lounaci A. & Park Y.S. (2004). Distribution patterns of benthic macroinvertebrates in an intermittent river. *Annales de Limnologie*, 40(4) : 317-327.
- Babali, B., Hasnaoui, A., Medjati, N. & Bouazza, M. (2013). Note on the vegetation of the mounts of Tlemcen (Western Algeria): Floristic and phytoecological aspects. *Open Journal of Ecology*, 3: 370-381.
- Bagnouls, F. & Gaussen, H. (1953). Saison et indices xérothermiques. *Doc. Car. Prod. Veg. Serv. Gén.* II, 1 art. VIII, Toulouse : 47p. + 1 carte.
- Bagnouls, F. & Gaussen, H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. *Annales de Géographie*, 355 : 193-220.
- Bailly-Choumara, H. & Beaucournu-Saguez, F. (1978). Contribution à l'étude des simulies Maroc (Diptera, Simuliidae). 1. Le Rif. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 3 : 121-144.
- Bailly-Choumara H., Bernard, M.R., Grenier P., Le Roy-Moret, M.C. & Mouchet J. (1970). Notes faunistiques sur les Simulies (Diptera : Simuliidae) du nord de la Tunisie. *Cahiers O,R.S.T.O.M. série Entomologie Médicale. et Parasitologie!.*, 8 (4) : 377-382.

Références bibliographiques

- Bakreti, A., Braud, I., Leblois, E. & Benali, A. (2013). Analyse conjointe des régimes pluviométriques et hydrologiques dans le bassin de la Tafna (Algérie Occidentale). *Hydrological Sciences Journal*, 58 (1) : 133-151.
- Beaucournu-Saguez, F. (1972). Capture de Simulies dans la moitié sud du Portugal. Premières captures en Europe de *Simulium sergenti* Edwards, 1923 et de *Simulium ruficorne* Macquart, 1838. *An. Esc. Nac. Saùde públ. E de Med. Trop.*, 6 : 73-83.
- Beaucournu-Saguez, F. (1975). Récoltes de Simulies (Diptera, Simuliidae) dans le Sud-Est de l'Espagne. *Annales de la Société Entomologique de France*, 11 : 73-89.
- Beaucournu-Saguez, F. & Braverman, Y. (1987). *Greniera dobyi* (Diptera, Simuliidae) espèce nouvelle du Golan (Israël). *Annales Parasitologie. Hum. Comp.*, 62(1) : 77-91.
- Belqat, B. (2000). Découverte de *Simulium (Obuchovia) galloprovinciale* et *Simulium (Obuchovia) auricoma* : deux nouvelles espèces pour le Nord de l'Afrique. *British Simuliid Group Bulletin*, 15 : 15-18.
- Belqat, B. (2002). Etude systématique, écologique et caryologique des Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc : Cas particulier du Rif. Thèse d'Etat es Sciences, université Abdelmalek Essaâdi, faculté des sciences, Tétouan, 322p.
- Belqat, B. & Dakki, M. (2004). Clés analytiques des Simulies (Diptera) du Maroc. *Zoologica Baetica*, 15, 77-137.
- Belqat, B. & Garrido, J. (2008). Inventaire faunistique et bibliographique des Simulies d'Espagne (Diptera, Simuliidae). *Nouvelle Revue d'Entomologie (N.S.)*, 24 : 201-219.
- Belqat, B., Dakki, M. & Errami, M. (2001). Deux nouvelles Simulies pour le Nord de l'Afrique : *Simulium (Nevermannia) angustitarse* et *Simulium (Simulium) trifasciatum*. *British Simuliid Group Bulletin*, 17 : 7-10.
- Belqat, B., Dakki, M. & El Alami, M. (2005). Estructura biotipológica de las principales redes hidricas rifeñas a través de los simúlidos (Diptera : Simuliidae). *Ecosistemas*, 14(3) : 50-56
- Belqat, B., Adler, P.H. & Crosskey, R.W. (2011). Faunistic and Bibliographical Inventory of the Blackflies (Diptera, Simuliidae) of Morocco. *Zootaxa*, 2829: 46-58.
- Belqat B., Bennis, N., El Alami, M. Kettani, K. & Aoulad Ali, S. (2008). Faune simulidienne du bassin versant Laou. *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat*, 5 : 61-66.
- Benabadji N., Bouazza, M. & Mahboubi, A. (2001). L'impact de l'homme sur la forêt dans la région de Tlemcen (Oranie, Algérie). *Forêt méditerranéenne*, t XXII (3) : 269-274.

Références bibliographiques

- Benest, M. (1972). Les formations carbonatées et les grands rythmes du Jurassique supérieur des monts de Tlemcen (Algérie). C. R. Acad. Sci. Paris. Série D, t. 275, 1469-1471.
- Benest, M. (1985). Evolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-Est Marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaires. Thèse de doctorat, Documents Laboratoire Géologique Lyon, 381p.
- Benhoussa, A., El Agbani, M.A. & Qninba, A. (1988). Dynamique et cycle biologique de quelques populations simulidiennes (Diptera, Simuliidae) du Bou Regreg (Plateau Central marocain). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 12 : 157-165.
- Bensaoula, F. (2006). Karstification, hydrogéologie et vulnérabilité des eaux karstiques. Mise au point d'outils pour leur protection (Application aux Monts de Tlemcen – Ouest Oranais). Thèse, Université de Tlemcen, 216p.
- Bensaoula, F. & Adjim, M. (2008). La mobilisation des ressources en eau : Contexte climatique et contraintes socio-économiques (Cas de la Wilaya de Tlemcen). *Larhyss Journal*, 7 : 79-92.
- Bernard, M.R., Grenier, P. & Bailly-Choumara, H. (1972). Description de *Prosimulium* (*Prosimulium*) *faurei* n. sp. (Diptera: Simuliidae). *Cahiers O.R.S.T.O.M. série Entomologie médicale. et Parastoologie*, 10 (1): 63-68.
- Bernotienė, R. & Bartkevičienė, G. (2011). Relationship between the development of *Simulium maculatum* (Diptera: Simuliidae) and thermal regime. *European Journal of Entomology*, 108: 397-402.
- Bouanani, A. (2004). Hydrologie, transport solide et modélisation: Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW Algérie). Thèse, Université d'Oran, 245 p.
- Bouazza, M., Mahboubi, A., Loisel, R. & Benabadji, N. (2001). Bilan de la flore de la région de Tlemcen (Oranie-Algérie). *Forêt méditerranéenne*, t. XXII (2) : 130-136.
- Boumaiza, M. & Clergue-Gazeau, M. (1986). Le peuplement simulidien de la Tunisie : I. Inventaire faunistique et biogéographique (Diptera, Nematocera). *Annales de Limnologie*, 22 : 31-39.
- Bournaud, M. & Cogerino, L. (1986). Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau: approche faunistique. *Annales de Limnologie*, 22 (3) : 285-294.
- Bournaud, M., Tachet, H., Berry, A. & Cellot, B. (1998). Importance of microhabitat characteristics in the of microhabitat macrobenthos microdistribution of a large river reach *Annales de Limnologie*, 34 (1): 83-98.

Références bibliographiques

- Bouzidi, A. & Giudicelli, J. (1986). Contribution à l'étude faunistique et écologique des simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. I. Une nouvelle espèce du Haut-Atlas: *Simulium (Nevermannia) toubkal* n.sp. *Annales de Limnologie*, 22, 41-52.
- Bouzidi, A. & Giudicelli, J. (1987). Contribution à l'étude faunistique et écologique des Simulies (Diptera Simuliidae) du Maroc. II. *Simulium (Obuchovia) marocanum* n.sp. et les espèces méditerranéennes d'*Obuchovia* Rubzov. *Annales de Limnologie*, 23 : 185-195.
- Burrough, P.A. (1986). Principles of geographical information systems for land resources assessment. *Geocarto International* p.54.
- Céréghino, R. & Lavandier, P. (1997). Influence des éclusées hydroélectriques sur la distribution et le développement larvaire des Diptères Simuliidae d'une rivière de moyenne montagne. *Life Sciences*, 320 : 329-338.
- Chaoui Boudghane-Bendiouis, C., Belqat, B., Hassaine-Abdellaoui, K., & Yadi, B. (2012). Check-list des simulies (Diptera : Simuliidae) d'Algérie. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 50 : 305-308.
- Chaoui Boudghane-Bendiouis, C., Abdellaoui-Hassaine, K., Belqat, B. Franquet, E., Boukli Hacene, S. & Yadi, B. (2014). Habitat Characterization of Black Flies (Diptera : Simuliidae) in the Catchment of Western Algeria. *Open Journal of Ecology*, 4: 1014-1024.
- Cherairia, M., Adler, P.H. & Samraoui, B. (2014). Biodiversity and Bionomics of the Black Flies (Diptera : Simuliidae) of Northeastern Algeria. *Zootaxa*, 3796, 166-174.
- Clergue-Gazeau, M. & Gazagnes, G. (1986). Les Simuliidae (Diptera : Nematocera) de la Neste d'Aure (Pyrénées Centrales). I. Impact des aménagements hydroélectriques dans la haute vallée. *Annales de Limnologie*, 22 : 195-203.
- Clergue-Gazeau, M., Lek, S. & Lek, S. (1991). Les Simulies d'Afrique du Nord. Nouvelles données sur la répartition de la faune du Maroc et biogéographie des espèces maghrébines (Diptera, Simuliidae). *Revue d'hydrobiologie tropicale*, 24 : 47-59.
- Clergue -Gazeau, M., Holmière, D., Meirgues, S. & Angelier, E. (1987). Les Simuliidae (Diptera, Nematocera) de la Neste d'Aure (Hautes-Pyrénées). II. Ecologie et impact des aménagements dans la moyenne et la basse vallée. *Annales de Limnologie*, 23 : 197-207.
- Collignon, B. (1986). Hydrogéologie appliquée des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Algérie). Thèse, Université d'Avignon, 282p.

Références bibliographiques

- Crosskey, R.W. (1957). Further observations on infection of *simulium damnosum* with *onchocerca volvulus* in Northern Nigeria. *Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 51 (6): 541-548.
- Crosskey, R.W. (1969). A re-classification of the Simuliidae (Diptera) of Africa and its islands. *Bulletin of the British Museum (Natural History) (Entomology)*, Supplement 14: 1-195.
- Crosskey, R.W. (1981). The identity and synonymy of *S. (W.) pseudequinum* Séguy and occurrence of this species in England (Diptera: Simuliidae). *Entomologist's Gaz*, 32: 137-148.
- Crosskey, R.W. (1988). Taxonomy and Geography of blackflies of the Canary Islands (Diptera: Simuliidae). *Journal of Natural History*, 22: 321-355.
- Crosskey, R.W. (1991). On *Simulium xanthinum*, a curious yellow-bodied blackfly of the southwestern Palearctic region (Diptera: Simuliidae). *Journal of Natural History*, 25: 691-702.
- Crosskey, R.W. (1994). The Manitoban blackfly fauna special reference to prospections made in 1983-1985 in central and southern Manitoba (Diptera, Simuliidae). *Journal of Natural History*, 28: 87-107.
- Crosskey, R.W. & Crosskey, M. (2000). An investigation of the blackfly fauna of Andalousia, southern Spain (Diptera: Simuliidae). *Journal of Natural History*, 34: 895-951.
- Crosskey, R. W. & Howard, T. M., (1997). A new taxonomic and geographical inventory of world blackflies (Diptera: Simuliidae). *The Natural History Museum*. London, 144 pp.
- Cummins, K.W. & Lauff, G.H. (1969). The Influence of Substrate Particle Size on the Microdistribution of Stream Macrobenthos. *Hydrobiologia*, 34: 145-181.
- Currie, D.C. (2014). Black Flies (Diptera: Simuliidae) on the prairie grasslands of Canada. in *Arthropods of Canadian Grasslands (Volume 3): Biodiversity and Systematics Part 1. Biological Survey of Canada*. pp. 371-387.
- Dajoz, R. (2006). Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. Edition Dunod. Paris. 195p.
- De Martonne, E. (1926). Traité de géographie physique. Vol. 1. A. Colin, Paris.
- Debrach, J. (1953). Notes sur les climats du Maroc Occidental. *Maroc Médical*, 32 : 1122-1134.
- Doby, J.M. & David, F. (1959). *Greniera*, genre nouveau de Simuliidés (Diptères, Nématocères). Discussion de la position systématique. C. R. Acad. Sci., 249,763.
- Dorier, A. (1962-63). Documents pour servir à la connaissance des Simuliidae du Sud-Est de la France. *Trav. Lab. Hydrobiol. Univ. Grenoble*, pp. 7-79.

Références bibliographiques

- Edwards, F.W. (1923). On some Algerien species of *Simulium*. *Archive Institut Pasteur d'Algérie*, 1: 647-653.
- Emberger, L. (1930). La végétation de région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. 38p., 1 graphique. *Revue générale de botanique*. (Paris), vol. 42.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier*, 7 : 3-43.
- Ertunç, Ö., Türkmen, G. & Kazanci, N. (2008). Reseach on Simuliidae (Insecta, Diptera) fauna of Yedigöller National Park (Bolu, Turkey). *Review of Hydrobiology*, 2: 81-92.
- Eymann, M. (1993). Some boundary layer characteristics of microhabitats occupied by larval black flies (Diptera: Simuliidae). *Hydrobiologia*, 259: 57-67.
- Felidj, M., Bouazza, M. & Ferouani, T. (2010). Note sur le cortège floristique et l'intérêt de la plante médicinale *Ammoides pussila* (*verticillata*) dans le Parc national des Monts de Tlemcen (Algérie occidentale). *Geo-Eco-Trop.*, 34 : 147-154.
- Figueiró, R. & Gil-Azevedo, L.H. (2010). The role of neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae) as vectors of the onchocerciasis: a short overview of the ecology behind the disease. *Oecologia Australis*, 14 (3): 745-755.
- Franquet, E. (1999). Chironomid Assemblage of a Lower-Rhône Dike Field: Relationships between Substratum and Biodiversity. *Hydrobiologia*, 397, 121-131.
- Frontier, S. (1976). Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech.Océanogr.*, 1(3) : 35-48.
- Gagneur, J. (1976). Répartition des Simuliidae (Diptera) dans le Lot. *Annales de Limnologie*, 12(3) : 287-298.
- Gagneur, J. & Clergue-Gazeau, M. (1988). Les Simulies d'Algérie (Diptera : Simuliidae). I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest algérien. *Annales de Limnologie*, 24 : 275-284.
- Gallardo-Mayenco, A. & Toja, J. (2002). Spatio-temporal Distribution of Simuliids (Diptera) and Associated Environmental Factors in tow Mediterranean Basins of Southern Spain. *Limnetica*, 21(1-2): 47-57.
- Ghenim, A.N., Megnounif, A., Seddini, A. & Terfous, A. (2010). Fluctuations hydropluviométriques du bassin versant de l'oued Tafna à Béni Bahdel (Nord-Ouest algérien). *Secheresse* , 21 (2) : 115-120.

Références bibliographiques

- Giudicelli, J. (1962). *Simulium galloprovinciale* n.sp. (Diptera, Simuliidae), une simule nouvelle du groupe *Auricoma*. Comparaison avec les espèces du genre *Obuchovia* Rubzov, 1951. *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*, 55(5) : 882-892.
- Giudicelli, J. (1963). Répartition altitudinale et cycle biologique de quelques Simulies de montagne récoltées en Corse. *Revue Française d'Entomologie*, 30 : 128-140.
- Giudicelli, J. & Bouzidi, A. (1989). Contribution à l'étude faunistique et écologique des Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. III. Deux espèces nouvelles du Haut Atlas : *Simulium (Simulium) atlasticum* n. sp. et *Simulium (Simulium) berberum* n. sp. *Annales de Limnologie*, 25 (2) : 145-158.
- Giudicelli, J., Bouzidi, A. & Ait Abdelaali, N. (2000). Contribution à l'étude faunistique et écologique des simulies (Diptera : Simuliidae) du Maroc. IV. Les simulies du Haut Atlas. Description d'une nouvelle espèce. *Annales de Limnologie*, 36 : 57-80.
- González, G. (1980). Primeres dades sobre la distribució del Simuliidae (Diptera, Nematocera) d'Andorra. *Bulletin Institut Catalan Histoire Naturelle*, 45 : 97-106.
- González-Peña, G. (1990). Sistemática y ecología de los Simuliidae (Diptera) de los ríos de Catalunya y de otras cuencas hidrográficas españolas. Tesis Doctoral, 451p.
- González, G., (1997). Claves para la identificación de las larvas y pupas de los Simulidos (Diptera) de la península ibérica. *Barcelona. Asociación Española de Limnología*, 77p.
- Grall, J. & Coïc, N. (2005). Une synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Laboratoire des Sciences de l'environnement marin. REF. Ifremer Dyneco/ Vigies/ 06-13/ Re bent.
- Grenier, P. & Faure, P.R. (1956). Description d'une Simule nouvelle du Maroc, *Simulium gaudi* n.sp. (Diptera, Simuliidae). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 49 : 838-840.
- Grenier, P. & Théodoridès, J. (1953). Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. *Archives de l'Institut Pasteur du Maroc*, 4 : 429-441.
- Grenier, P., Faure, P.R. & Laurent, J. (1957). Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc (Deuxième mémoire). *Archives de l'Institut Pasteur du Maroc*, 5 : 218-242.
- Hinton, H.E. (1958). The pupa of the fly *Simulium* feeds and spins its own cocoon. *Entomol. Mon. Mag.*, 94: 14-16.
- Hutchinson, G.E. (1957). Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, 22: 415-427.

Références bibliographiques

- Illéšová, D., Halgoš, J. & Krno, I. (2008). Blackfly assemblages (Diptera, Simuliidae) of the Carpathian river: habitat characteristics, longitudinal zonation and eutrophication. *Hydrobiologia*, 598: 163-174.
- Jaccard, P. (1901). Distribution de la flore alpine dans le bassin des Dranses et dans quelques régions voisines. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 37 : 241-272.
- Kazanci, N. (2006). Ordination of Simuliidae and Climate Change Impact. *Acta Entomologica Serbica*, 11: 69-76.
- Kazanci, N. & Ertunç, Ö. (2008 b). On the Simuliidae (Insecta, Diptera) fauna of Turkey. *Revue of Hydrobiology*, 1: 27-36.
- Kazanci, N. & Ertunç, Ö. (2008 a). Checklist of the Simuliidae (Insecta, Diptera) of Turkey. *Revue of Hydrobiology*, 2 : 129-144.
- Ketrouci, K., Meddi, M. & Abdesselam, B. (2012). Etude des crues extrêmes en Algérie : Cas du bassin versant de la Tafna. *Sécheresse*, 23 : 297-305.
- Khaldi, A. (2005). Impact de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien « Monts de Tlemcen –Saida ». Thèse de Doctorat, Université d'Oran, 239p.
- Kuete, T., Nkoa, T., Tassen, F., Baleguel Nkot, P. & Same-Ekobo, A. (2014). Biodiversity and ecology of Culicidae and Simuliidae probable vectors of infectious diseases in villages of the Sanaga mid valley, Cameroon: Influence of the Sanaga River. *Journal of Parasitology and Vector Biology*, 6(9): 142-150.
- Le Houerou, H.N. Claudin, J. & Pouget, M. (1977). Etude bioclimatique des steppes algériennes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 68 (3-4).
- Lounaci, A. (1987). Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'Invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (grande Kabylie). Thèse Magister, Alger. 133 p.
- Lounaci, A., Brosse, S. Thomas, A. & Lek, S. (2000). Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. *Annales de Limnologie*, 36: 123-133.
- Manly, B.F.J. (1997). Randomization bootstrap and Monte Carlo methods in biology. Chapman and Hall; London, 399p.
- Meddi, M. & Hubert P. (2003). Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie. *Hydrology of the Mediterranean and semi arid Regions. IAHS*, 278 : 1-7.

Références bibliographiques

- Megnounif, A., Bouanani, A., Terfous, A. & Baba Hamed, K. (1999). Distributions statistiques de la pluviométrie et mise en évidence de l'influence du relief (cas des Monts de Tlemcen, Nord-Ouest Algérien). *Sciences et Technologie*, 12, Université Mentouri, Constantine, Algérie.
- Mielke, P. & Berry, K. (2001). Permutation methods. A distance fonction approach . Springer, New York, 252p.
- Moubayed, Z. & Clergue-Gazeau, M. (1985). Les Simuliidae (Diptera) de trois rivières Oronte, Litani et Beyrouth du Liban. *Annales de Limnologie*, 21: 83-88.
- Neveu, A. & Lapchin, L. (1979). Ecologie des principaux invertébrés filtreurs de la basse Nivelles (Pyrénées Atlantiques). I. Simuliidae (Diptera, Nematocera). *Annales de Limnologie*, 14 (3) : 225-244.
- Ofenböck, T., Moog, O. & Car, M. (2002). Do the Austrian blackfly fauna (Diptera: Simuliidae) support the typological approach of the EU water framework directive? *Limnologica*, 32: 255-272.
- Parrot, L. (1949). Quelques notes sur les Simulies d'Algérie. *Arch. hm. Pasteur, Algérie*. 27 (3): 273-275.
- Prodon, R. & Lebreton, J.D. (1994). Analyses multivariées des tableaux espèces-milieu: structure et interprétation écologique. *Vie et Milieu*, 44 : 69-91.
- Ramade, (2003). Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. 3^{ème} édition. Dunod. Paris.
- Rivosecchi, L. (1966). I. Simulidi della Calabria. *Parasitologia*, 8 (2) : 77-101.
- Rivosecchi, L. (1978). Simuliidae : Diptera, Nematocera. Fauna d'Italia, 13. Calderini, Bologna, 533p.
- Rivosecchi, L. (2004). Endemismo e vicarianza nei Simulidi italiani. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 : 129-137.
- Rivosecchi, L. & Maiolini, B. (2009). Contributo XXXI alla conoscenza dei Simulidi italiani (Diptera, Simuliidae). *Studi Trent. Sci. Nat.*, 84 : 97-99.
- Roubaud, M.E. (1906). Aperçus nouveaux morphologiques et biologiques sur les Diptères piqueurs du groupe Simulies. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences Paris*, 143 : 519-521.
- Scheder, C. & Waringer, J.A. (2002). Distribution patterns and habitat characterization of Simuliidae (Insecta: Diptera) in a low-order sandstone stream (Weidlingbach, Lower Austria). *Limnologica*, 32: 236-347.

Références bibliographiques

- Sellam, N., Viñolas, A., Zouggaghe, F. & Moulai, R. (2016). L'utilisation des Coleoptera, Ephemeroptera et Diptera comme bioindicateurs de la qualité des eaux de quelques Oueds en Algérie. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 80: 47-56.
- Sékételi, A., et al., (1993). Equipes nationales entomologiques de la zone d'extension ouest du Programme de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest (OCP) de 1986 à 1990. Partie 1. Structures opérationnelles, fonctionnement et avenir. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 71 (6) : 737-753.
- Serra-Tosio, B. (1963). Larves et nymphes de Simuliidae (Diptera) du bassin de l'Ardèche. *Trav. Lab. Hydrobiol. Université Grenoble*, (54/55): 123-142.
- Shannon, C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 623-656.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. (1963). The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois. 117p.
- Solheim, R., Jacobsen, K.O., Øien, I.J., Aarvak, T. & Polojärvi, P. (2013). Snowy Owl nest failures caused by blackfly attacks on incubating females. *Ornis Norvegica*, 36 :1-5.
- Sprangauskaite, R. (1998). Blackflies (Diptera, Simuliidae) and some notes on their ecology in five rivers of the Dzūkija National Park. *Acta Zoologica Lituanica. Entomologia*, 8 (3): 63-72.
- Štangler, A., Halgoš, J. & Beracko, P. (2013). Blackfly (Diptera, Simuliidae) communities and species richness estimation in Carpathian montane streams. *Central European Journal of Biology*, 8(7): 681-692.
- Tachet, H. Richoux, P. Bournaud, M. Usseglio-Polatera, P. (2000). Invertébrés d'eau douce : Systématique, biologie, écologie, CNRS éditions, Paris, 588 p.
- Taleb-Bendiab Sari-Ali, A., Benabadji, N. & Bouazza, M. (2012). Floristic composition of the halophilic salt-resistant plant population in Hammam-Boughrara (Oran-Algeria). *Open Journal of Ecology*, 2 (2): 96-108.
- Thinthoin, R. (1948). Les aspects physiques de l'Oranie. Essai de morphologie du pays semi-aride de Fougue. Ed. Oran, 618p.
- Thomas, K., Theresse, N., Fabien, T., Nkot Pierre, B. & Albert, S.E. (2014). Biodiversity and ecology of Culicidae and Simulidae probable vectors of infectious diseases in villages of Sanaga mid valley, Cameroon influences of the Sanaga River. *Journal of Parasitology and Vector Biology*, 6 (9) : 142- 150.

Références bibliographiques

- Vaillant, F. (1955). Recherches sur la faune madicole de France de Corse et d'Afrique du Nord. *Mem. Mus. Hist. nat. Paris Zool.* 11 : 1-258 + VI pl.
- Vinçon, G. & Clergue-Gazeau, M. (1988). Etude hydrobiologique de la vallée d'Ossau (Pyrénées Atlantiques, France). III. Simuliidae (Diptera, Nematocera) : leur originalité biogéographique et écologique. *Annales de Limnologie*, 24 (1) : 67-81.
- Vinçon, G. & Clergue-Gazeau, M. (1993). Les Simulies (Diptera Simuliidae) du Sud-Ouest de l'Europe : le crénel et l'épirhithral. *Annales de Limnologie*, 29(2) : 157-169.
- Wasson, J.G. (1989). Eléments pour une typologie fonctionnelle des eaux courantes : 1. Revue critique de quelques approches existantes. *Bull. Ecol.*, 20 : 109-127.
- Werner, D. & Pont, A. C. (2006). New results on Diptera predators in the blackfly Plague Areas of central Europe and the Caucasus. *Acta entomologica serbica*, Supplement: 131-140.
- Zouggaghe F. & Moali A. (2009). Variabilité structurelle des peuplements de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). *Revue d'écologie*, 64(4) : 305-321.

يعتمد موطن الذبابة السوداء على العوامل التالية: التيار، الركيزة، الغطاء النباتي في الماء و النباتات النهريّة. تم أخذ 143 عينة على مستوى 11 محطة مياه موزعة على واد تافنة و ثلاث فروع لواد يسر، الخميس و الشولي، بين شهر أبريل و أكتوبر 2009. المواطن المؤهلة و المناسبة للذبابة السوداء ليست كثيرة بواد تافنة، حيث أن تأثير السدود يؤدي الى تباطؤ التيار و منع وصول العناصر المهيأة و بالتالي تخريب المواطن. توضح النتائج ان اصناف الذباب السوداء موزعة بطريقة مختلفة على مستوى المحطات. يعتبر التيار و الركيزة العاملين الاساسيان للتوزيع اصناف الذبابة السوداء على مستوى واد تافنة. من بين عشرة اصناف المحصل عليها اربعة منها تتأقلم بسهولة مع التيار و الركيزة. و اربعة اخرى تفضل التيار القوي و الركيزة الملساء. ان عامل التيار القوي هو مفضل بالاساس لدى الاصناف التالية: *Simulium quadrifila*, *Simulium sergenti*, *Simulium bezzii*, *S. galloprovinciale*, و التي تم ايجادها لأول مرة في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: الذبابة السوداء، تافنة، مواطن، علم البيئة، غرب الجزائر

Résumé

La caractérisation des habitats des simuliés établie à une microéchelle est basée essentiellement sur les paramètres : courant, substrat, végétation dans l'eau et la végétation riveraine. 143 prélèvements sont réalisés dans onze stations du bassin versant de la Tafna entre le mois d'avril et octobre 2009. Elles sont réparties entre le cours d'eau principal la Tafna et trois affluents importants Isser, Khemis et Chouly. Les habitats favorables aux simuliés sont peu disponibles dans les cours d'eau du bassin versant de la Tafna. En l'occurrence, l'effet des barrages se manifeste par le ralentissement des écoulements, l'homogénéisation des faciès et la sédimentation des éléments fins, éliminant ainsi les microhabitats à texture grossière favorables aux simuliés. Les résultats montrent également que les espèces se répartissent différemment dans les microhabitats. Le couple courant-substrat constitue les deux paramètres clés qui déterminent les microhabitats dans les stations du bassin versant de la Tafna. Sur les dix espèces récoltées, quatre espèces sont à large occurrence et à large plasticité à l'égard du couple courant-substrat, face à quatre autres plus exigeantes laissant apparaître une nette préférence pour les courants forts et le substrat érodé. Le caractère rhéophile plus marquée est notée chez les *Simulium bezzii*, *Simulium sergenti*, *Simulium quadrifila* et *S. galloprovinciale*, signalé pour la première fois en Algérie.

Mots clés : Simuliidae, Tafna, Microhabitats, Ecologie, Ouest Algérien

Abstract

Habitat characterization of Blackflies, performed at microscale level, is essentially based on the following parameters: stream, substrate, aquatic and riparian vegetation. A hundred and forty-three (143) samples were taken at eleven stations of Tafna catchment, between April and October 2009. They were distributed between the main stream, wadi Tafna (Tafna River), and three major tributaries, namely Isser, Khemis and Chouly. Favorable habitats for Blackflies are not sufficiently available in the streams of Tafna catchment. Indeed, the effect of dams is expressed through a slowdown of outflows, facies homogenization and sedimentation of fine particles, thereby eliminating coarse microhabitats favorable for Blackflies. The result show that species are distributed differently in microhabitats. The stream and the substrate are the two key parameters that determine the microhabitats at the stations of Tafna catchment. Of the ten species considered, four are widely present with significant plasticity with regard to the stream-substrate couple, facing four others, more demanding and exhibiting a clear preference for strong streams and an eroded substrate. A greater rheophilic character is noted in *Simulium bezzii*, *Simulium sergenti*, *Simulium quadrifila* et *S. galloprovinciale*, reported for the first time in Algeria

Keywords : Simuliidae, Tafna, Microhabitats, Ecology, Western Algérien