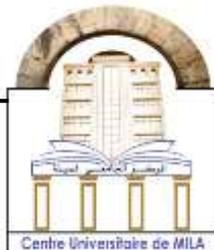


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Ref :

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Thème :

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA BIODIVERSITE
DES *CULICOIDES (DIPTERA, CERATOPOGONIDAE)*
RESPONSABLE DE LA FIEVRE CATARRHALE DANS
LA REGION DE MILA**

Présenté par :

➤ LAOUAR Hiba

Devant le jury :

- TAYAA Hakima
 - TABET Slimane
 - BOUNAMOUS Azzedine
- Présidente : MCA Centre Universitaire Mila
Examineur : MCB Centre Universitaire Mila
Promoteur : Professeur Centre Universitaire Mila

Année Universitaire : 2021/2022



*(Lis, au nom de ton seigneur qui a créé,
A créé l'homme à partir d'un grumeau.
Lis! car ton seigneur est le généreux par excellence,
Celui qui a enseigné au moyen du calame,
A enseigné à l'homme ce qu'il ne savait pas)*



Remerciement

Avant tous nous remercions le bon Dieu de tout puissant de nous avoir donné le courage et de nous avoir guidés pour pouvoir mener à bien ce modeste travail.

Je remercie vivement Mme Hakima TAYAA (MCA), pour avoir accepté de présider le jury et pour ses nombreux commentaires utiles pour un travail futur dans ce domaine de recherche.

J'adresse aussi mes profonds remerciements à Mr. TABET (MCB) Slimane pour sa gentillesse d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tien à présenter mes vifs remerciements à celui qui m'a orientés, aidé et encouragé tout le temps pour la réalisation de ce travail mon Encadreur Mr. BOUNAMOUS Azzedine.

Je souhaite adresser mes sincères remerciements à Mme BOUAROUJ Sara à Melle KADJOUJE Nadia et à Melle BENAMIRA Aicha pour leurs soutiens et leurs aides ainsi à tous les enseignants du département de biologie qui assuré notre formation.

Nous n'oublions pas de présenter nos remerciements à tout ce qui a contribué de près ou de loin à la réalisation et l'accomplissement de ce travail. Finalement un grand merci aux étudiants de la promo 2022.

Dédicaces

*Avec l'aide et la protection d'ALLAH Je tiens à exprimer ma
profonde reconnaissance à A mes parents :*

*Ma chère mère **Awham**, qui a œuvré pour ma réussite, de par ton
amour, ton soutien, tes sacrifices consentis et tes précieux conseils,
pour toute ton assistance et ta présence dans ma vie. Reçois à travers
ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et mon
éternelle gratitude.*

*A mon cher père **Naamane**, qui peut être fier de moi et il trouve dans
cet ouvrage le résultat de longues années de sacrifices et de privation.
Je te remercie de m'avoir aidé et encouragé. Puisse Allah faire en
sorte que ce travail porte son fruit. Je te remercie encore pour ton
éducation et ton soutien permanent.*

*A ma chère grande mère **Mama Salima** qui m'a toujours apportée son
amour Et son affection.*

*A mes beaux et chers frères : **Waïl Siradjeddine**, et **Kirameddine
Salah**, les bijoux de ma famille, source de mes joie, et de ma force qui
n'ont pas cessé d'être pour moi, des exemples de persévérance, de
courage et de générosité.*

*Mon adorable sœur **Aridje**, toujours à mes coté, qui m'a souvent
redonné le courage et le sourire et je demande que dieu à la protéger à
moi.*

*Ma tante **Sonya** ma deuxième mère, pour son amour, son
encouragement et sa présence à côté de moi quand j'en ai besoin.*

A mes chères Amies :

Chaïma, Hadjer, Meriem Maïssa Ghouzlen et, Nahla

Je vous remercie pour votre soutien.

Table des matières

Remercîment

Dédicace

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 2

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur les *Culicoïdes* 4

I.2. Répartition géographique des *Culicoïdes* 5

I.2.1. Dans le monde 5

I.2.2. En Algérie 5

I.3. Morphologie générale : 8

I.3.1. Morphologie des stades immatures 10

I.3.2. Morphologie des stades matures 12

I.4. Biologie et écologie des *Culicoïdes* 17

I.4.1. Cycle évolutif 19

I.4.2. Habitat 21

I.4.3. Nutrition 22

I.4.4. Comportement et préférences trophique 23

I.4.5. Dispersion 23

I.5. Influence des facteurs environnementaux climatiques sur les *Culicoïdes* 24

I.6. Importance médicale et vétérinaire des *Culicoïdes* 26

I.6.1. La fièvre catarrhale ovine (FCO) 26

I.6.3.1. Répartition géographique 27

I.6.1.2. Fièvre catarrhale ovine et transmission vectorielle	28
I.6.2. L'agent pathogène.....	29
I.6.2.1. Le BTV.....	29
I.6.2.2. Structure et fonction des principales protéines du BTV.....	29
I.6.2.3. Caractéristiques génétiques du BTV.....	30
I.6.3. Symptomatologie clinique.....	30
I.6.3.1. Chez les ovins et les bovins.....	30
I.6.3.2. Chez les caprins.....	30

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude	35
II.1.1. Situation géographique :	35
II.1.2. Aspect Administratif	36
II.1.3. Situation démographique.....	36
II.1.4. Hydrographie	37
II.1.5. Pédologie.....	39
II.1.6. Reliefs.....	40
II.1.7. Agriculture	41
II.1.8. Couverture forestière	41
II.1.9. Climatologie	42
II.2. Stations d'étude	43
II.3. Technique d'échantillonnage sur terrain.....	44
II.4. Traitement des spécimens au laboratoire	45
II.5. 1. Exploitation des résultats par la qualité d'échantillonnage.....	47
II.5.2. Exploitation des résultats par les indices écologiques :	48
II.5.3. Analyses statistiques	50

Chapitre III : Résultats et Discussion

III.1. Inventaire faunistique des <i>Culicoïdes</i> capturées dans la région de Mila.....	52
III.1.1 Liste des <i>Culicoïdes</i> répertoriées dans la région de Mila.....	52

III.2. Répartition des <i>Culicoïdes</i> selon les sous genre.....	53
III.3. Répartition des <i>Culicoïdes</i> selon le sexe	54
III.4. Répartition spatiale des <i>Culicoïdes</i> dans la région de Mila.....	56
III.5. Répartition temporelle des <i>Culicoïdes</i> récolté dans la région de Mila	58
III.6. Analyses écologiques :.....	59
III.6.1. Qualité d'échantillonnage.....	59
III.6.2.2. Abondances relatives des espèces récoltées dans la région de Mila	61
III.6.2.2.1. Abondances relatives des <i>Culicoïdes</i> les mieux représentées	62
III.6.2.2.2. Abondances relatives des espèces des <i>Culicoïdes</i> récoltées selon leur sexe.....	66
III.6.2. Indices écologiques	60
III.6. 3. L'indice de Shannon- Weaver et l'indice d'équitabilité	68
III.6. 4. L'indice d'occurrence	71
III.7. Exploitation des résultats par des méthodes statistiques	73
III.7.1. Analyse factorielle des correspondances appliquées sur les espèces inventoriées dans les 12 stations durant la période d'étude (AFC).....	73
III.7. 2. Effet des facteurs environnementales sur la diversité des <i>Culicoïdes</i>.....	75
III.7.2.2. Effet des facteurs climatiques.....	78
Conclusion	81
Références bibliographique	

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

ARN : Acide Ribonucléique

BT : Bleutongue

BTV : Bleutongue virus

CDC : Center for Disease Control

DSA : Direction des Services Agricoles

EHDV: Epizootic Hemorrhagic Disease Virus

FCO : Fièvre Catarrhal Ovin

OIE : Office International des Epizooties

SBV : Schmallenberg Virus

Liste des figures

Figure 1: Classification simplifiée des Ceratopogonidae (delécolle 1995).....	4
Figure 2: Zones de répartition des principaux vecteurs de la fièvre catarrhale dans le monde (Belkharchouche, 2014)	5
Figure 3: Photographie : de : (a)- <i>C.imicola</i> , (b)- <i>C.newsteadi</i> (kabbout et Sghaier I. D.R.V.T, 2014).....	9
Figure 4: Anatomie / morphologie d'une <i>Culicoïdes</i> femelle adulte (Venter, 2014).....	10
Figure 5: Œuf des <i>Culicoïdes</i> (foxi, 2020).....	10
Figure 6: Représentation d'une larve du genre <i>Culicoïdes</i> (Dellécolle 1995).....	11
Figure 7: Schéma représentant un <i>Culicoïdes</i> au stade nymphal (A) : Céphalothorax ; (B) : Abdomen (Delécolle et al., 2000)	12
Figure 8 : Photographie de la nymphe de <i>Culicoïdes parroti</i> (Délecolle, 1995)	12
Figure 9 : (a)- Photo de tête de <i>Culicoïdes</i> femelle (Cliché UMR15-CIRAD), (b)-tête de <i>Culicoïdes</i> (Kabbout et Sghaier- I.D.R.V.T, 2015).....	13
Figure 10 : (a) Schéma d'une tête de <i>Culicoïdes</i> mâle, (b) Schéma d'une tête de <i>Culicoïdes</i> femelle (Délecolle, 1995).....	13
Figure 11: Schéma représentant les cinq types de sensilles antennaires (Délecolle, 1995).....	13
Figure 12: Schéma représentant les pièces buccales de <i>Culicoïdes</i> (Délecolle, 1995).....	14
Figure 13: (a) Schéma du thorax de <i>Culicoïdes</i> , vue de profil, (b) Schéma du thorax de <i>Culicoïdes</i> , vue dorsale (Délecolle, 1995).....	14
Figure 14 : Schéma d'une aile type de <i>Culicoïdes</i> montrant la localisation des cellules et des nervures m=médiane, r=radiale et cu=cubitale (Delécolle, 1985).	15
Figure 15: (a) Représentation d'aile de <i>C.imicola</i> (DELECOLLE et al., 2002), (b) Aile de <i>C.imicola</i> (Kabbout et Sghaier, 2015).....	15
Figure 16: Représentation schématique des pattes de <i>Culicoïdes</i> (Délecolle, 1995).....	16
Figure 17: (a) Schéma des segments abdominaux VII à X chez la femelle (d'après Delécolle, 1985). (b) segments abdominaux d'une femelle <i>C.saevus</i> . (c) Abdomen d'une femelle pare de <i>C.imicola</i> (Kabbout et Sghaier, 2015).....	16
Figure 18: (a) Appareil génital mâle (d'après Delécolle, 1985). (b) Appareil génital mâle de <i>C.cataneii</i> (c) Appareil génital mâle de <i>C.pulicaris</i> (Kabbout et Sghaier, 2015).....	17
Figure 19: Repas sanguin de <i>Culicoïdes imicola</i> (Baldet, Mathieu et al., 2003).....	18
Figure 20 : Cycle biologique des <i>Culicoïdes</i> (Purse et al., 2015)	21
Figure 21: Photographie d'un <i>Culicoïdes</i> se gorge sur l'Anophèle (Yajun Ma et al., 2013)...	22
Figure 22: Distribution de la maladie Image tirée de Purse et al., (2015)	28
Figure 23: Représentation schématique du BTV, de ses protéines structurales et segments d'ARN doubles brins (Roy et al., 2009).....	30
Figure 24 : Croûtes autour des narines et du museau d'une brebis atteinte de FCO (Ninio, 2011).....	31
Figure 25: Oedème de la face d'une brebis atteinte de FCO (Ninio, 2011).....	32
Figure 26: Localisation de la wilaya de Mila (ATMANIA, 2010).	35
Figure 27: Réseau hydrographique de la région de Mila (ATMANIA, 2010).....	38
Figure 28: la localisation de barrage Béni Haroun –Mila (http://www.asal.dz).	39
Figure 29: Carte lithologique de la wilaya de Mila (ATMANIA, 2010).	40
Figure 30 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Mila	42

Figure 31: la situation des sites d'étude (www.apcainbeidaharriche.com).....	43
Figure 32 : Photographie de piégeage et la récolte des <i>Culicoïdes</i> (cliché personnel)	45
Figure 33: Tri des échantillons sous la loupe binoculaire (cliché personnel).	46
Figure 34 : la dissection des <i>culicidés</i> (cliché personnel)	46
Figure 35: photographie d'une <i>Culicoïdes</i> sous le microscope (cliché personnel)	47
Figure 36: Histogramme représentant la totalité d'espèces des <i>Culicoïdes</i> récoltées.....	52
Figure 37 : Pourcentage des <i>Culicoïdes</i> collectées selon le s/genre et espèces	53
Figure 38: Répartition temporelle des <i>Culicoïdes</i> collectées selon leur sexe.	55
Figure 39: Distribution stationnelles des <i>Culicoïdes</i> récoltées	56
Figure 40: Répartition temporelle des <i>Culicoïdes</i> récolté dans la région de Mila.	57
Figure 41: Abondances relatives des <i>Culicoïdes</i> récoltées pendant la période d'étude.	60
Figure 42: Répartition stationnelles des espèces des <i>Culicoïdes</i> les plus représentatives.	62
Figure 43: Abondances relatives saisonnières des espèces des <i>Culicoïdes</i> les plus représentatives	63
Figure 44: Abondances relatives stationnelles des espèces recensées selon leur sexe.	66
Figure 45 : Abondances relatives globales des <i>Culicoïdes</i> mâles et femelles.	66
Figure 46 : Variations spatiale de l'indice de Shannon et d'équitabilité dans les stations d'étude	68
Figure 47 : Occurrence totale des espèces <i>Culicoïdes</i> recueillies dans la région d'étude.....	71
Figure 48 : Carte factorielle axe (F1xF2) de la répartition des différentes espèces de <i>Culicoïdes</i> dans les stations d'étude.....	73
Figure 49: La distribution altitudinale de l'abondance des espèces de <i>Culicoïdes</i>	75
Figure 50: l'abondance (%) des espèces de <i>Culicoïdes</i> capturées à différents gradient d'altitude.	76
Figure 51: Variations mensuelles de l'abondance relative des <i>Culicoïdes</i> en fonction des paramètres climatiques.	77

Liste des tableaux :

Tableau 1: Liste de 59 espèces des <i>Culicoïdes</i> recensées en Algérie (Belkharchouche, 2020).	6
Tableau 2: Le découpage administratif de la région de Mila.....	36
Tableau 3 : Liste globale des espèces de <i>Culicoïdes</i> récoltées dans la région d'étude.....	51
Tableau 4 : Répartition des <i>Culicoïdes</i> collectées selon les sous genres.	52
Tableau 5: Evolution temporelle des <i>Culicoïdes</i> récoltées selon leur sexe.....	54
Tableau 6 : Répartition temporelle des <i>Culicoïdes</i> récoltées pendant la période d'étude.....	57
Tableau 7: Répartition spatiale de la richesse spécifique des <i>Culicoïdes</i> recensées.....	59
Tableau 8: Abondances relatives stationnelles des espèces des <i>Culicoïdes</i> les plus représentatives.	61
Tableau 9: Abondances relatives saisonnières des espèces des <i>Culicoïdes</i> les plus représentatives.....	63
Tableau 10 : Abondances relatives stationnelles des espèces recensées selon leur sexe.	65
Tableau 11 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon- Weaver (H'), de l'indice de la diversité maximale ($H' \max$) et l'indice d'équitabilité des espèces des <i>Culicoïdes</i>	67
Tableau 12 : Les classes d'occurrence d'espèces <i>Culicoïdes</i> recueillies dans la région d'étude.	70
Tableau 13: Valeurs propres et pourcentages d'inertie.....	72
Tableau 14: Les indices de diversité en fonction de l'altitude.....	75

Résumé

Les moucheron piqueurs du genre *Culicoïdes*, sont des petits diptères hématophages, vecteurs avérés ou supposés de multiples arbovirus d'importance médicale et vétérinaire. Parmi ces virus, le BTV qui affecte à la fois les humains et le bétail, provoquant de graves pertes chez les bovins et les ovins. Dans la présente étude, notre objectif était d'inventorier la faune de *Culicoïdes* et d'étudier sa biodiversité, sa morphologie et son abondance. L'échantillonnage de la population de *Culicoïdes* a été réalisé dans le Nord-est algérien pendant une période s'étale de juin à septembre 2019. Le piégeage se fait dans différentes stations, à l'aide de pièges lumineux de type CDC. L'inventaire et l'identification des spécimens collectés s'appuient sur des clés de détermination des *Culicoïdes*. Au total, 574 spécimens ont été capturés, dont 569 femelles (99%), appartenant à 10 espèces réparties en 6 sous-genres, principalement *Oecacta*, *Culicoïdes* et *Avaritia*. En termes d'abondance, *C. newsteadi* est l'espèce la plus dominante, avec 56,09% suivi par *C. odiatus* avec 17,07%, puis *C. longipennis* avec 7,31 % et *C. obsoletus* complexe avec 5,57 %. Les autres espèces oscillent entre 0,34% et 5,22%. Tous les résultats obtenus sont traités par des indices écologiques et des analyses statistiques.

Les paramètres climatiques instables (température, précipitations et humidité) n'ont pas un impact vraiment significatif sur la répartition des espèces de *Culicoïdes* dans la région de Mila. L'altitude est le paramètre environnemental le plus déterminant qui affecte l'abondance et la distribution des moucheron *Culicoïdes* où la distribution maximale de ces espèces est détectée à des altitudes moyennes (600–800 m).

Mots clés : Biodiversité, *Culicoïdes*, BTV, maladies à transmission vectorielles, Mila, Algérie.

Abstract

Culicoïdes biting midges, small hematophagous dipterans, are the demonstrated or putative vectors of multiple arboviruses of medical and veterinary importance. Among these viruses, BTV virus affect both humans and livestock, causing severe losses in cattle and sheep. In the present study, our aim was to inventory the *Culicoïdes* fauna and to study its biodiversity, morphology and abundance. Sampling of the *Culicoïdes* population was carried out in Northeastern part of Algeria during all the study period from June to September 2019. Trapping took place at several stations, using CDC light traps in each breeding farm. The inventory and identification of collected specimens are based on keys to the determination of *Culicoïdes*. A total of 574 specimens are captured, including 970 females (99%), belonging to 10 species within 6 subgenera, mainly *Oecacta*, *Culicoïdes* and *Avaritia*. In terms of abundance, *C. newsteadi* was the most dominant species, with 56.09% followed by *C. odiatus* with a rate equal to 17.07%, then *C. longipennis* with 7.31% and *C. obsoletus* complex with 5.57%. The other species fluctuate between 0.34% and 5.22%. All results obtained are processed by ecological indices and statistical analyzes.

Unstable climatic parameters (temperature, precipitation and humidity) have no a really significant impact on the distribution of *Culicoïdes* species in the Mila region. Altitude is the most determinant environmental parameter that affected the abundance and distribution of *Culicoïdes* midges where the maximum distribution of these species is detected at mid altitudes (600–800 m).

Keywords: Biodiversity, *Culicoïdes*, BTV, Vector-borne diseases, Mila, Algeria.

ملخص

الحشرات من جنس *Culicoides* عبارة عن ثنائيات الاجنحة، صغيرة ماصة للدم *hématophage* ، وهي نواقل معروفة أو مشتبه بها لفيروسات مفصلية متعددة ذات أهمية طبية وبيطرية. ومن بين هذه الفيروسات فيروس BTV الذي يصيب كل من البشر والماشية ويسبب خسائر فادحة في الماشية والأغنام.

الهدف من هذه الدراسة هو حصر حشرات *Culicoides* ودراسة التنوع البيولوجي والشكل والوفرة. تم أخذ عينات من تجمعات *Culicoides* في شمال شرق الجزائر خلال الفترة الممتدة من شهر جوان إلى غاية شهر سبتمبر من سنة 2019. يتم الاصطياد في محطات مختلفة، باستخدام المصائد الضوئية من نوع CDC. يعتمد حصر وتحديد العينات التي تم جمعها على مفاتيح تحديد *Culicoides*.

تم الحصول على ما مجموعه 574 نموذج منها 569 أنثى (99%)، تنتمي إلى 10 أنواع مقسمة إلى 6 أجناس فرعية: *Oecacta* و *Culicoides* و *Avaritia*. اما من حيث الوفرة نجد *C. newsteadi* هو الأكثر انتشاراً بنسبة 56.09% يليه *C. odiatus* بنسبة 17.07% ، ثم *C. longipennis* بنسبة 7.31% و *C. obsoletus complex* بنسبة 5 ، 57%. الأنواع الأخرى تتأرجح بين 0.34% و 5.22%. تم تحليل جميع النتائج التي تم الحصول عليها من دراسة المؤشرات البيئية والتحليلات الإحصائية باستعمال برنامج XLSTAT.

لم تؤثر العوامل المناخية (درجة الحرارة، هطول الأمطار، والرطوبة) بشكل كبير على توزيع أنواع *Culicoides* في منطقة ميلة اما عامل الارتفاع فكان العامل البيئي الأكثر تأثيراً على توزيع ووفرة *Culicoides* حيث نلاحظ أقصى توزيع لهذه الأنواع على ارتفاعات متوسطة ما بين 600-800 متر.

الكلمات المفتاحية: التنوع البيولوجي، *Culicoides*، BTV، الأمراض المنقولة بالنواقل ، ميلة ، الجزائر.

Introduction



Introduction

Les insectes comptent 100 000 espèces décrites et reste autant à découvrir. Dans cette classe, l'ordre des Diptère avec environ 80 000 espèces, est le plus important en entomologie médicale et vétérinaire ; soit par le rôle de vecteur d'organismes pathogènes de certains de ses représentants, soit comme hôtes intermédiaires, véhicules passifs d'un pathogène ou agents pathogènes (nuisants, urticants, venimeux, vésicants et ou allergisants) (**Kabboute 2017**) parmi ces insectes nuisibles , les insectes hématophages qui occupent une place particulière du fait des maladies vectorielles qui en découlent (**Rodhain et Perez, 1985**)

La fièvre catarrhale ovine (FCO) ou maladie de la langue bleue (blue tongue) est une maladie à déclaration obligatoire auprès de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) (**Duan et al., 2019**), affectant les ruminants domestiques (ovins, bovins, caprins) et sauvages (antilopes, cerfs, camélidés) (**Zientara et al., 2014 ; Schulz et al., 2016**). Cette maladie virale à transmission vectorielle causé par le virus de la fièvre catarrhale ovine virus (BTV) qui est un virus à ARN double brin appartenant au genre *Orbivirus* de la famille des Reoviridae (**Cappai et al., 2018 ;Duan et al., 2019 ; Berrayah et al., 2019**). Le BTV est transmis uniquement par la piqûre des petits moucheron hématophages du genre *Culicoides* (**Berrayah et al., 2019**).

Le genre *Culicoides* est très diversifié (**Hadj-Henni et al., 2021**), comprenant environ 1368 espèces, avec seulement 30 d'entre eux ont été associés à la transmission de BTV (**Duan et al., 2019**). Elles ont une taille qui varie entre 1-3 mm, avec une distribution quasi mondiale, excluant seulement la Nouvelle-Zélande, les Hawaï et les régions polaires extrêmes (**Mellor et al., 2000 ; Borkent, 2017**). Parmi celles-ci, au moins 120 espèces sont présentes en Afrique australe, dont 105 ont été enregistrées en Afrique du Sud. 10-20 espèces régulièrement enregistrées à proximité du bétail (**Labuschagne, 2015 ; Meiswinkel et al, 2004**). Ces mouchérons piqueurs jouent un rôle essentiel dans l'épidémiologie de plus de 100 maladies vétérinaires et médicales. Où ils transmettent un grand nombre d'agents pathogènes différents, tels que les protozoaires, les vers filariens et plus généralement de nombreux virus affectant les humains et les animaux domestiques ou sauvages dans le monde entier, ils sont reconnus comme vecteurs du virus de la fièvre catarrhale du mouton (BTV) et du virus de Schmallenberg (SBV) et ont un impact important sur la économie et bien-être animal (**Hadj-Henni et al., 2021**).

Dans les pays d'Afrique du Nord, le BTV a été signalé en 1999 en Tunisie, et un an plus tard, en Algérie, avec 28 foyers entre juillet et septembre 2000. Après le premier foyer en Algérie, la maladie a touché cliniquement 2 661 des 21 175 ovins sensibles, dans 24 localités de Jijel, qui se situe dans le nord-est du pays. La maladie a continué de se propager et a atteint six districts dans l'est et le centre du pays d'ici la fin de l'épidémie (**Hamida, 2000; Berrayah et al., 2019**). Parmi les nombreux foyers de fièvre catarrhale du mouton signalés en Algérie, divers sérotypes ont été identifiés, dont le sérotype 2 (BTV-2) en 2000, et BTV-1 en 2006 et 2008, avec de nouveaux foyers en 2009 et 2010 (**Madani et al., 2011**). Dans 2014, BTV-1 et BTV-4 circulaient simultanément dans le même point temporo-spatial (**Kardjadj et al., 2016**).

La prévalence croissante de la maladie en Algérie met en évidence la compétence et la persistance du vecteur et suggère l'importance de l'identification et de la surveillance du *Culicoides*. Par la bonne connaissance de leurs bio-écologie car elle permet de mettre en place les systèmes de surveillance pour avoir les données sur la distribution et la dynamique de population des espèces de *Culicoides* (**Torina et al., 2004; Purse et al., 2006**). En outre, la distribution du virus est liée à la présence de vecteurs compétents, d'hôtes susceptibles et d'environnement approprié (**Viennet, 2011**).

Beaucoup de travaux ont été réalisés dans le monde sur la bio-systématique et la bio-écologie des espèces de la famille de Ceratopogonidae en général et les *Culicoides* en particulier. En Algérie, cette thématique de recherche sur les *Culicoides* est peu développée, ou menée de manière fragmentaire ; citons les travaux de **Djrbal et Délecolle (2003, 2009)**, **Kabboute (2017)** et **Belkharchouche (2014, 2021)**.

Pour cette raison, nous ne nous intéresserons ici qu'aux questions qui ont trait au *Culicoides*, et plus particulièrement à leurs bio-écologie dans la région de Mila et quelles sont les espèces de *Culicoides* qui sont présentes dans cette région ?

Le présent travail donc, vise à étudier la bio-écologie, l'abondance et la diversité des espèces de *Culicoides* et à la détermination des facteurs influençant leurs dynamique (facteurs climatique, altitude) dans notre régions d'étude. Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres. Le premier est une synthèse bibliographique qui englobe l'état des connaissances sur la maladie provoquée par ces arthropodes à savoir la Blue Tongue ainsi, qu'un aperçu sur la répartition, la systématique, la bioécologie et l'importance médicale des *Culicoides*. Le deuxième chapitre retrace la présentation de la région d'étude (Mila) et le matériel et les méthodes utilisés pour nos investigations entomologiques, suivi par la technique d'échantillonnage des *Culicoides*.

Dans le chapitre trois présente les résultats obtenus et leurs analyses et une discussion élaborée en référence à des travaux réalisés par d'autres auteurs.

Notre mémoire se termine par une conclusion accompagné des perspectives

Chapitre I :

Synthèse Bibliographique



Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur les *Culicoïdes*

La première description des *Culicoïdes* a été publiée par le révérend William Derham en 1713 en Angleterre (Reye et Lee, 1963 ; Mellor et al., 2000). Au début du 19ème siècle, le genre *Culicoïdes* fût créé par Latreille 1809. Ce genre divisé en nombreux sous-genres, et fait partie des 60 genres qui constituent la sous/famille des Ceratopogoninae ; c'est aussi le seul genre de la tribu *Culicoïdienne* Kieffer, 1911 (Cornet, 1974), Cette famille comprend environ 5500 espèces

(Mellor et al., 2000). Le genre *Culicoïdes* comprend 1300 espèces dont 1% d'entre elles sont incriminées dans la transmission de la FCO (Pujols, 2012). Un organigramme sur la position systématique des Ceratopogonidae est proposé par Délecolle (1995) (figure1).

Les espèces sont classées dans l'un des 39 sous genre (Borkent et Wirth, 1997 ; Borkent, 2008 ; Ninio, 2011) ; elles sont largement réparties sur l'ensemble du globe et leur bio-écologie est encore mal connue (Mellor et al., 2000). Par ailleurs, leur biodiversité diffère selon les régions biogéographiques avec une typologie bien délimitée

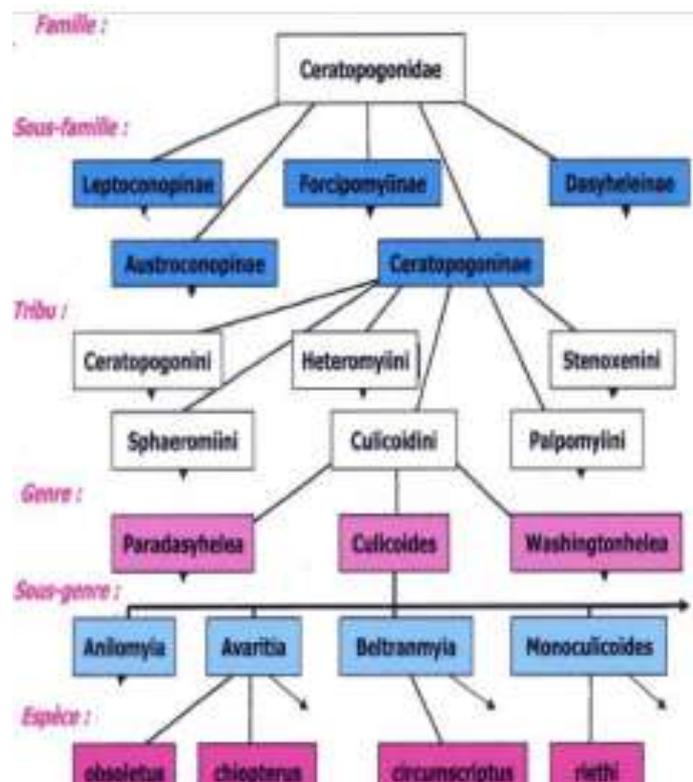


Figure 1: Classification simplifiée des Ceratopogonidae (delécolle 1995)

I.2. Répartition géographique des *Culicoïdes*

I.2.1. Dans le monde

Les *Culicoïdes* peuvent être retrouvés dans la majorité des écosystèmes, d'ailleurs la grande diversité d'espèces explique que certaines sont capable de s'adapter à un environnement particulier (Kettle, 1984 ; Périe et al., 2005; Geoffroy, 2010). Les espèces des *Culicoïdes* sont fréquentes dans tous les continents de la planète : les zones tropicales jusqu'à la toundra, allant de 35° sud, et 40° nord de latitude, du niveau de la mer à 4000 m d'altitude. Ainsi, la répartition est quasiment mondiale à l'exception de l'antarctique (Mellor et al., 2000 ; Périe et al., 2005 ; Geoffroy, 2010).

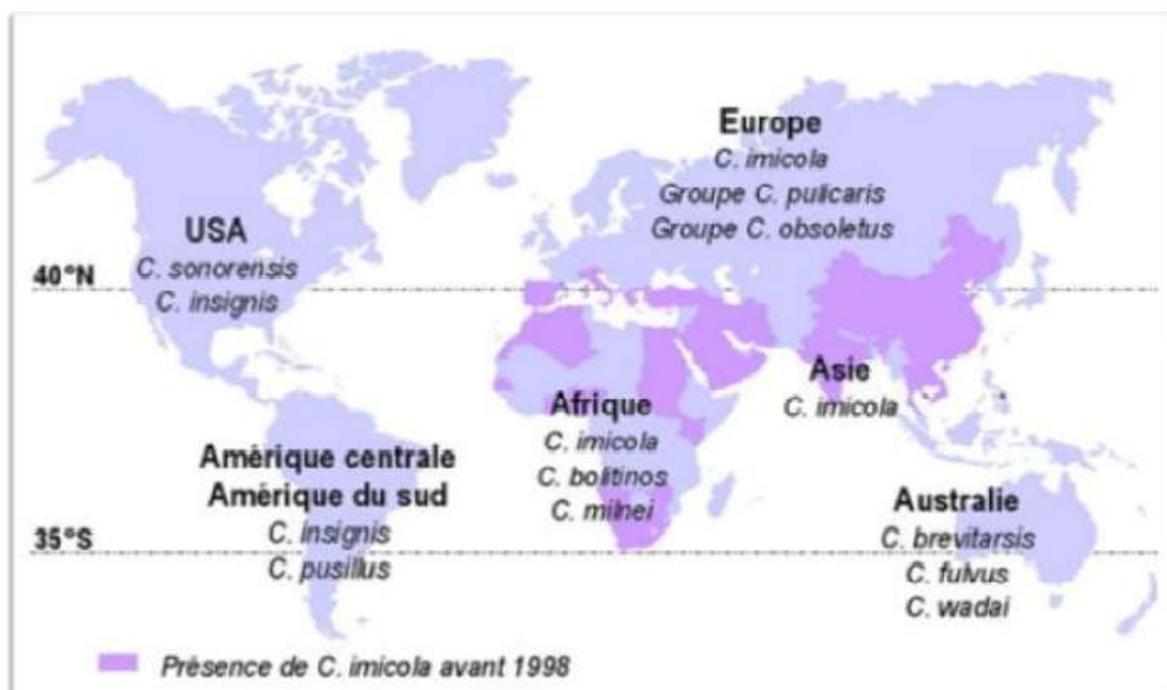


Figure 2: Zones de répartition des principaux vecteurs de la fièvre catarrhale dans le monde (Belkharchouche, 2014)

I.2.2. En Algérie

En Algérie, peu d'études ont été faites sur les Ceratopogonidae notamment les mouchrons de type *Culicoïdes*. A titre d'exemple, les travaux effectués par Szadsewski (1984), Djerbal et al., (2009) (équipe Algéro-Européenne) Kabbout 2017 et Belkharchouch (2014, 2021). Mise à part ces études, peu de publications ont été réalisées sur l'épidémiologie de la FCO

Les 59 espèces de *Culicoïdes* recensées en Algérie sont reportées dans le tableau 1

Tableau 1: Liste de 59 espèces des *Culicoïdes* recensées en Algérie (Belkharchouche, 2020)

Sous-genre	Espèces
<i>Avaritia</i> Fox, 1955	<i>Culicoïdes chiopterus</i> Meigen, 1830
	<i>Culicoïdes dewulf</i> Goetghebuer, 1936
	<i>Culicoïdes imicola</i> Kieffer, 1913
	<i>Culicoïdes montanus</i> Shakirzjanova, 1962
	<i>Culicoïdes obsoletus</i> Meigen, 1818
<i>Beltranmyia</i> Vargas, 1953	<i>Culicoïdes scoticus</i> Downes & Kettle, 1952
	<i>Culicoïdes circumscriptus</i> Kieffer, 1918
	<i>Culicoïdes navaiae</i> Lane, 1983
	<i>Culicoïdes sphagnumensis</i> Williams, 1955
<i>Culicoïdes</i> Latreille, 1809)	<i>Culicoïdes fagineus</i> Edwards, 1939
	<i>Culicoïdes grisescens</i> Edwards, 1939
	<i>Culicoïdes newsteadi</i> Austen, 1921
	<i>Culicoïdes paradoxalis</i> Ramilo & Delécolle, 2013
	<i>Culicoïdes pulicaris</i> (Linnaeus, 1758
<i>Monoculicoïdes</i> Khalaf, 1954	<i>Culicoïdes punctatus</i> (Meigen, 1804)
	<i>Culicoïdes parroti</i> Kieffer, 1922
	<i>Culicoïdes puncticollis</i> (Becker, 1903)
<i>Oecacta</i> Poey, 1853	<i>Culicoïdes azerbajdzhanicus</i> Dzhafarov, 1962
	<i>Culicoïdes corsicus</i> Kremer, Leberre & Beaucournu-Saguez, 1971
	<i>Culicoïdes longipennis</i> Khalaf, 1957
	<i>Culicoïdes marclei</i> Callot, Kremer & Basset, 1968

	<i>Culicoïdes rarus de Meillon, 1936</i>
	<i>Culicoïdes sahariensis Kieffer, 1923</i>
	<i>Culicoïdes santonicus Callot, Kremer, Rault & Bach, 1966</i>
	<i>Culicoïdes semimaculatus Clastrier, 1958</i>
	<i>Culicoïdes sergenti Kieffer, 1921</i>
<i>Pontoculicoides Remm, 1968</i>	<i>Culicoïdes truncorum Edwards, 1939</i>
	<i>Culicoïdes saevus Kieffer, 1922</i>
	<i>Culicoïdes seifadinei Dzhafarov, 1958</i>
<i>Remmia Glukhova, 1977</i>	<i>Culicoïdes kingi Austen, 1912</i>
	<i>Culicoïdes schultzei (Enderlein, 1908)</i>
<i>Sensiculicoides Shevchenko, 1977</i>	<i>Culicoïdes begueti Clastrier, 1957</i>
	<i>Culicoïdes cataneii Clastrier, 1957</i>
	<i>Culicoïdes clastrieri Callot, Kremer & Dedit, 1962</i>
	<i>Culicoïdes duddingstoni Kettle & Lawson, 1955</i>
	<i>Culicoïdes dzhafarovi Remm, 1967</i>
	<i>Culicoïdes festivipennis Kieffer, 1914</i>
	<i>Culicoïdes gejgelensis Dzhafarov, 1964</i>
	<i>Culicoïdes griseidorsum Kieffer, 1918</i>
	<i>Culicoïdes heteroclitus Kremer & Callot, 1965</i>
	<i>Culicoïdes jumineri Callot & Kremer, 1969</i>
	<i>Culicoïdes jurensis Callot, Kremer & Dedit, 1962</i>
	<i>Culicoïdes kibunensis Tokunaga, 1937</i>
	<i>Culicoïdes kurensis Dzhafarov, 1960</i>

	<i>Culicoïdes langeroni</i> Kiefer, 1921
	<i>Culicoïdes maritimus</i> Kiefer, 1924
	<i>Culicoïdes odiatus</i> Austen, 1921
	<i>Culicoïdes pictipennis</i> (Staeger, 1839)
	<i>Culicoïdes poperinghensis</i> Goetghebuer, 1953
	<i>Culicoïdes pseudopallidus</i> Khalaf, 1961
	<i>Culicoïdes shaklawensis</i> Khalaf, 1957
	<i>Culicoïdes simulator</i> Edwards, 1939
	<i>Culicoïdes univittatus</i> Vimmer, 1932
<i>Silvaticulicoides</i> Glukhova, 1977	<i>Culicoïdes achrayi</i> Kettle & Lawson, 1955
	<i>Culicoïdes fascipennis</i> (Staeger, 1839)
	<i>Culicoïdes picturatus</i> Kremer & Dedit, 1961
<i>Wirthomyia</i> Vargas, 1973	<i>Culicoïdes subfasciipennis</i> Kiefer, 1919
<i>Miscellaneous unplaced species</i>	<i>Culicoïdes faghihi</i> Navai, 1971
	<i>Culicoïdes algeriensis</i> Clastrier, 1957
	<i>Culicoïdes foleyi</i> Kiefer, 1922
	<i>Culicoïdes nudipennis</i> Kiefer, 1922
	<i>Culicoïdes paolae</i> Boorman, Mellor & Scaramozzino, 1996

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

I.3. Morphologie générale :

Les *Culicoïdes* sont des diptères Nématocères dont seules les femelles sont hématophages, les mâles ne nourrissant que de nectar (floricole) (Périer et al., 2005 ; Geoffroy, 2010 ; Pujols, 2012). Ces diptères présentent un corps élancé, divisé en trois parties distinctes à savoir, la tête,

le thorax et l'abdomen. Les ailes velues recouvrent le dos au repos et les antennes longues et filiformes, globuleuses à la base, sont constituées de 12 à 16 articles agencées comme des grains de chapelets. La zone des cellules radiales sur les ailes apparaît condensée (**Geoffroy, 2010**). Les ailes constituent l'un des critères d'identification pour les insectes du genre *Culicoïdes*, faciles à identifier par rapport aux autres genres. L'identification par les ailes se fait grâce à des motifs alaires noires et blancs constitués de pigments compris dans la membrane de l'aile qui ne peuvent pas s'effacer ; par la présence de 2 cellules radiales de même taille, de microtriches parfois abondants et de macrotriches (poils minuscules formés par la cuticule, immobiles). La nervure médiane est pédiculée avec présence d'une nervure transverse. De plus, un autre critère porte sur la taille d'une épine (empodium) situé sur le dernier segment du tarse : très développé chez le genre *Leptoconops*, mais rudimentaire chez les *Culicoïdes* (**Kremer, Waller 1987 ; Delécolle, 1987 ; Zientara et al., 2005 ; Geoffroy, 2010**). Donc, si la majorité présente des ailes tachetées, la forme et la disposition ou l'absence de ces taches apportent de précieuses informations pour la détermination des espèces ; leurs yeux soudés ou séparés, peuvent être pubescents ou nus. Une autre partie importante pour identifier les espèces est la longueur de l'antenne mais aussi le nombre, la forme et la répartition des sensilles antennaires. (**Mathieu, 2011**)

Des informations utiles pour l'identification peuvent être apportées par l'ornementation du thorax mais aussi par la coloration et l'ornementation des pattes. La structure génitale mâle et femelle située au niveau des derniers segments de l'abdomen est également utilisée comme critère majeur, lors de l'observation pour la diagnose spécifique (**Mathieu, 2011**).



Figure 3: Photographie : de : (a)-*C.imicola*, (b)- *C.newsteadi* (**kabbout et Sghaier I. D.R.V.T, 2014**)

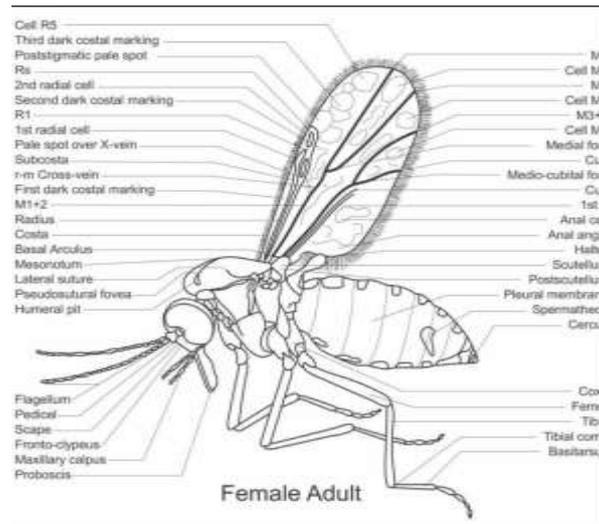


Figure 4: Anatomie / morphologie d'une *Culicoides* femelle adulte (Venter, 2014)

I.3.1. Morphologie des stades immatures

➤ Œufs

Les œufs sont très allongés et fusiformes, en forme de cigare ou de banane et ont une longueur comprise, selon les espèces, entre 200 et 500µm (Delécolle et al., 2002 ; Lefèvre et al., 2003). La taille moyenne est d'environ 400µm de long sur 50µm de large (Mellor et al., 2000). Au moment de la ponte, ils sont très clairs et brunissent ensuite rapidement à l'air. Selon les espèces, le chorion est couvert de petites excroissances jouant le rôle d'organe de fixation de l'œuf, et le pôle antérieur présente un micropyle (Delécolle, 2003 ; Walzer, 2009)

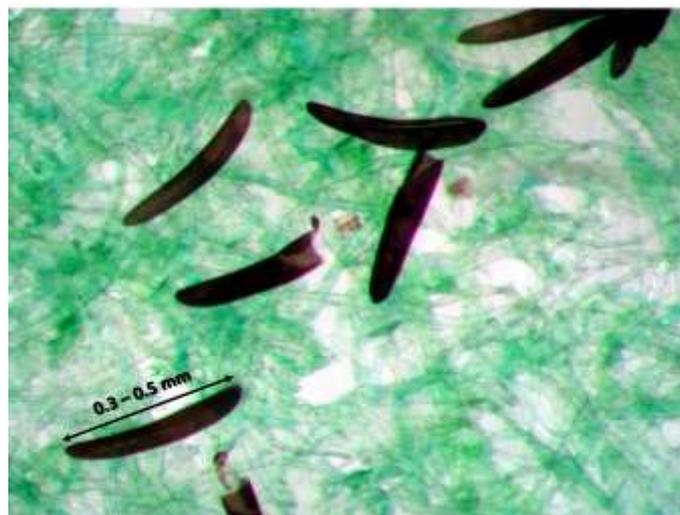


Figure 5: Œuf des *Culicoides* (foxi, 2020)

➤ Larves

La vie larvaire d'un *Culicoides* comprend 4 stades. Les larves sont vermiformes ; la capsule céphalique est visible et sclérosée, eucéphales et apneustique. La longueur est variable selon

l'espèce et le stade considéré ; elle est comprise entre 0,3 mm et 1 mm (Delécolle ; Gillot, 1995 (Wall, Shearer, 1997 ; Euzeby, Bourdoiseau, 2005 ; Walzer, 2009). On peut distinguer nettement trois parties :

- ✓ La tête ou capsule céphalique, de couleur brunâtre, portant les yeux, les antennes et des pièces buccales du type broyeur ou suceur.
- ✓ Le thorax composé de 3 segments plus ou moins pigmentés.
- ✓ L'abdomen composé de 9 segments blanchâtres.

Les soies sont discrètes et peu abondantes (Delécolle et al., 2003 ; Périe et al., 2005 ; Walzer, 2009). La taxonomie des larves n'a été que peu étudiée et les données dans ce domaine sont encore très fragmentaires (Chaker, 1985).

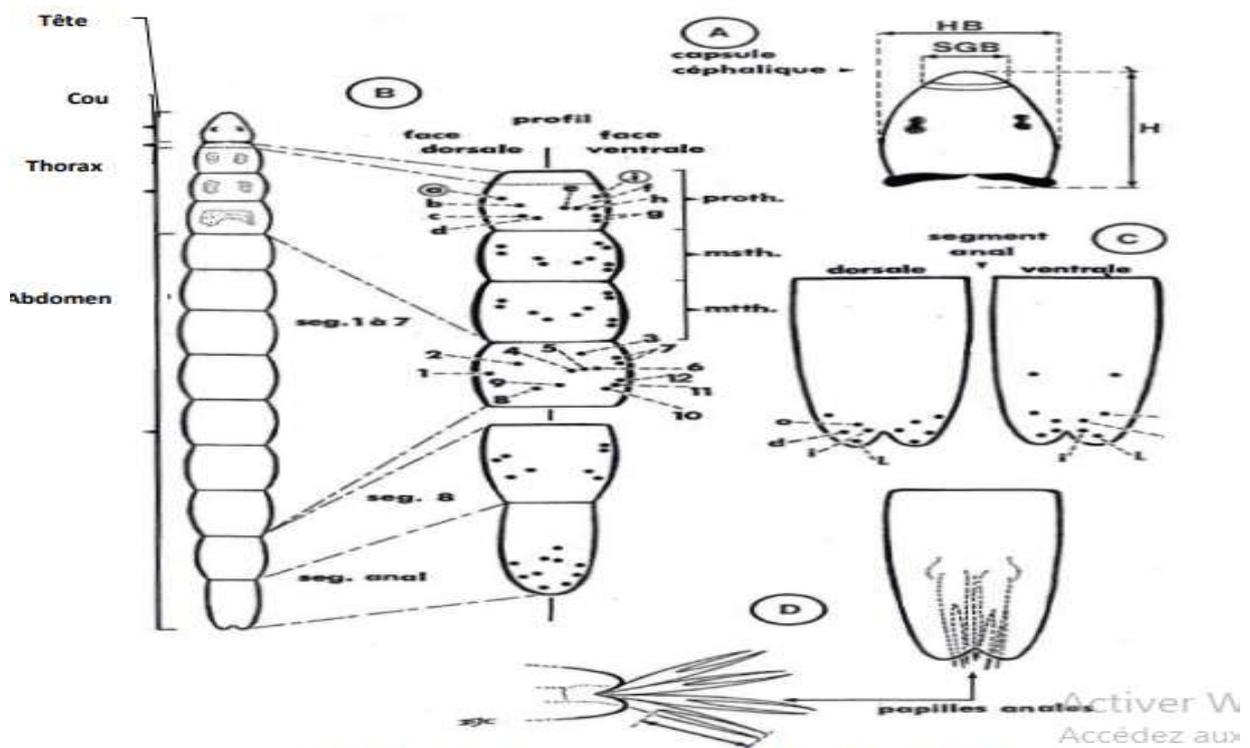


Figure 6: Représentation d'une larve du genre *Culicoides* (Delécolle 1995)

➤ Nymphes

Leur longueur varie entre 1 et 3 mm, et l'on distingue très nettement, le céphalothorax et l'abdomen (figure 7) que l'on décrit comme suit : Le céphalothorax ou prothorax : un peu plus long que large, est orné sur sa partie antérieure (opercule) et sa partie dorsale, de plusieurs tubercules plus ou moins épineux. Il porte de chaque côté, une trompette respiratoire munie à l'apex d'un certain nombre de stigmates (Kremer, 1965 ; Ninio, 2011).

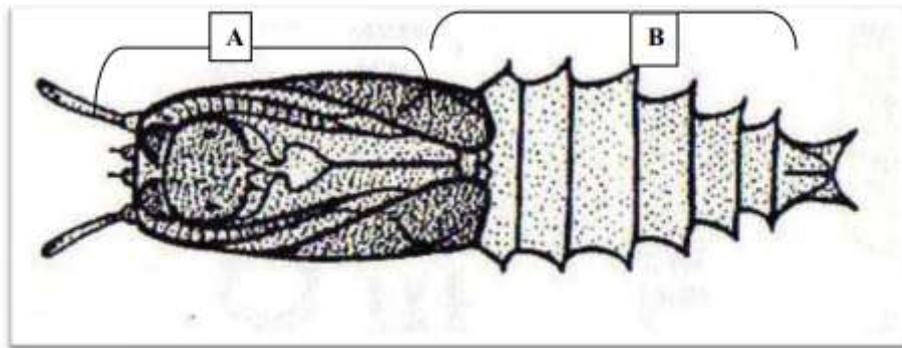


Figure 7 : Schéma représentant un *Culicoides* au stade nymphal (A) : Céphalothorax ; (B) : Abdomen (Delécolle et al., 2000)

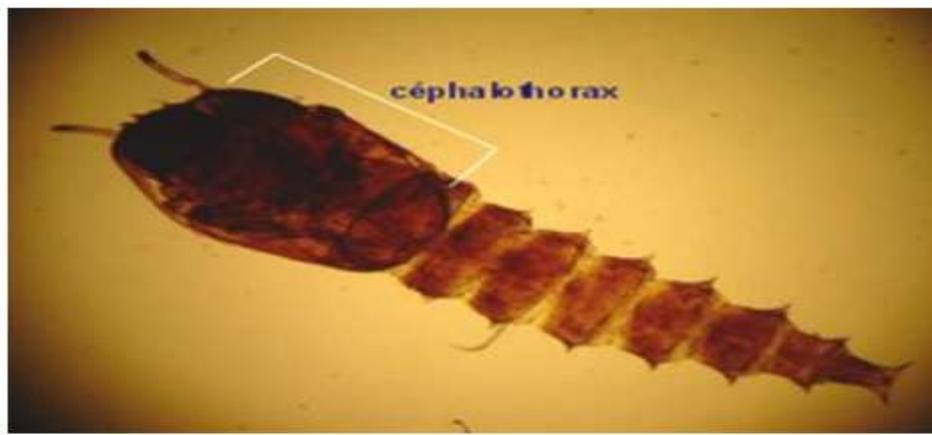


Figure 8 : Photographie de la nymphe de *Culicoides parroti* (Délecolle, 1995)

I.3.2. Morphologie des stades matures

Les *Culicoides* adultes sont qualifiés de petits moucheron trapus et gibbeux composés de la tête, du thorax et de l'abdomen.

➤ La tête

Elle est de forme arrondie légèrement aplatie, porte des antennes assez longues pourvues, chez le mâle de longues soies couchées (Perrin, 2007). La majorité des faces latérales et frontales sont occupées par des yeux composés, il n'existe pas d'ocelles. En avant des yeux, s'insèrent les antennes composées en général de 15 articles (Délecolle, 1985). La mensuration individuelle de chacun des articles est indispensable pour la différenciation des espèces (Périer et al., 2005).



Figure 9 : (a)- Photo de tête de *Culicoides* femelle (Cliché UMR15-CIRAD), (b)-tête de *Culicoides* (Kabbout et Sghaier- I.D.R.V.T, 2015)

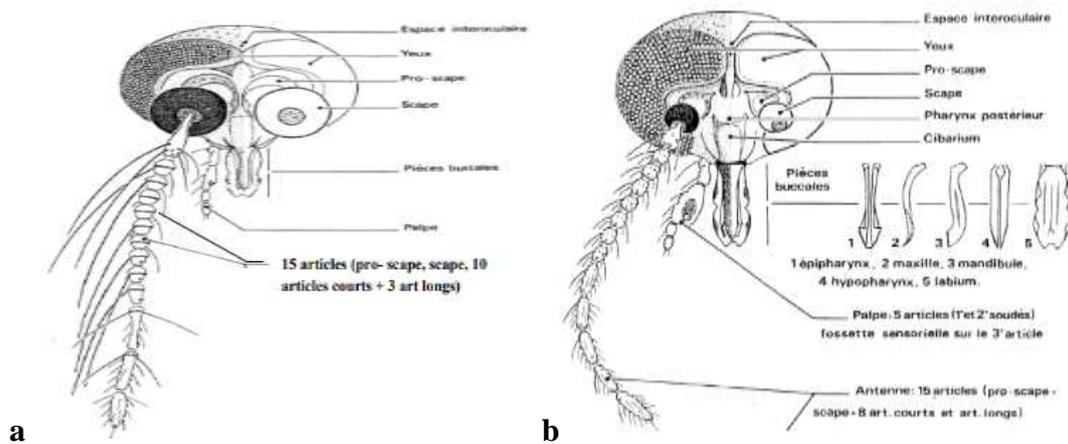


Figure 10 : (a) Schéma d'une tête de *Culicoides* mâle, (b) Schéma d'une tête de *Culicoides* femelle (Délecolle, 1995)

Des sensilles présentes sur les articles des antennes, jouent un rôle sensoriel, et sont plumeuses chez le mâle (Ninio, 2011). Il a été décrit 5 types d'organes sensoriels et leur reconnaissance est capitale en systématique dont le plus important est : Coeloconica.

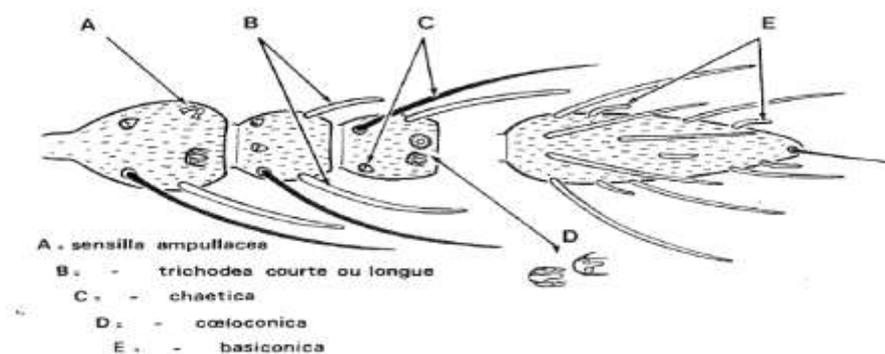


Figure 11: Schéma représentant les cinq types de sensilles antennaires (Délecolle, 1995)

Quant aux pièces buccales (figure 12), elles sont de types piqueurs, formant une trompe courte vulnérante, chez les femelles hématophages. Les maxilles et les mandibules sont caractérisés par la présence d'une rangée de dents adaptées à la dilacération des tissus (télmophagie). Elles sont développées chez les femelles hématophages alors que chez les mâles, ces pièces buccales sont réduites (Ninio, 2011). Les palpes maxillaires des *Culicoïdes* se composent de 5 articles et portent sur leur 3ème article une ou plusieurs fossettes sensorielles (Ninio, 2011). En outre, on retrouve parfois des tubercules, soit au niveau du cibarium, soit à la jonction du pharynx postérieur et du cibarium (Kremer., Waller., Delécolle, 1987 ; Périe et al., 2005).

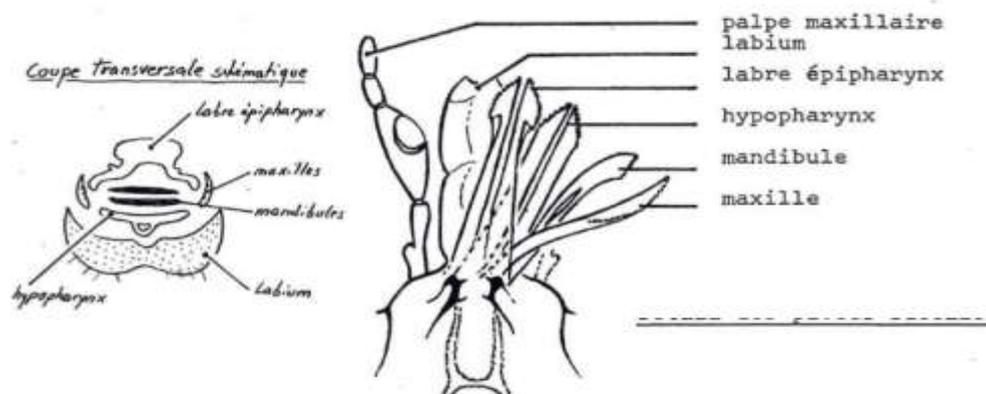


Figure 12: Schéma représentant les pièces buccales de *Culicoïdes* (Délecolle, 1995)

➤ **Le thorax :**

Le thorax est constitué de 3 segments : prothorax, mésothorax et métathorax (figure 13). Il porte des appendices ambulatoires et de vol ; les pattes sont relativement courtes plus ou moins trapues.

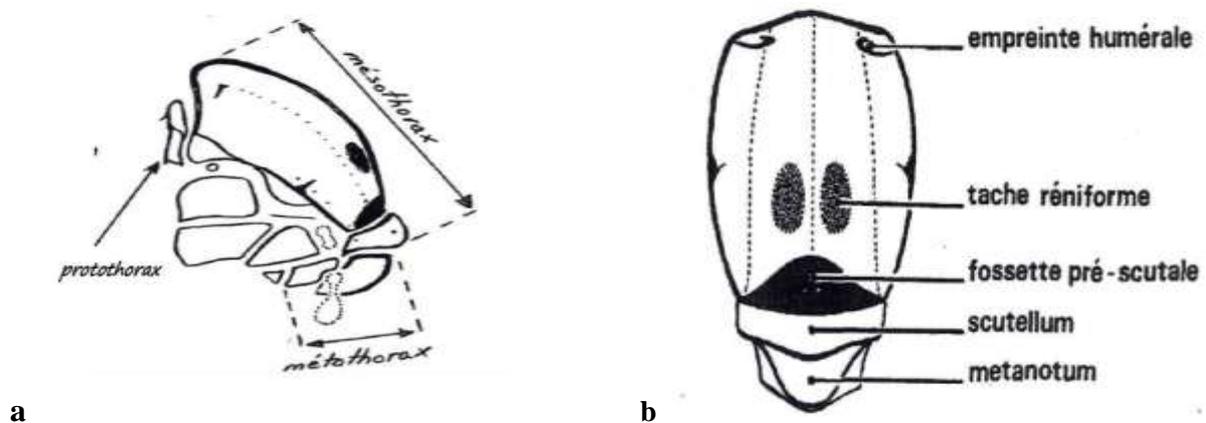


Figure 13: (a) Schéma du thorax de *Culicoïdes*, vue de profil, (b) Schéma du thorax de *Culicoïdes*, vue dorsale (Délecolle, 1995)

➤ Les ailes

La plupart des espèces présente des ailes tachetées. La forme, la disposition (ou l'absence) de ces taches alaires apportent de précieuses informations pour la détermination des espèces. La nomenclature des cellules et nervures utilise les lettres minuscules pour désigner les cellules, et les lettres capitales pour les nervures (Figure 14). La présence de deux cellules radiales ouvertes de taille à peu près égale (la deuxième pouvant être plus longue chez certaines espèces) est un caractère diagnostique du genre *Culicoides*.

Chez les mâles, les ailes sont plus longues et plus étroites que celles des femelles. Chez les espèces à ailes tachetées, les taches sont en général plus étendues.

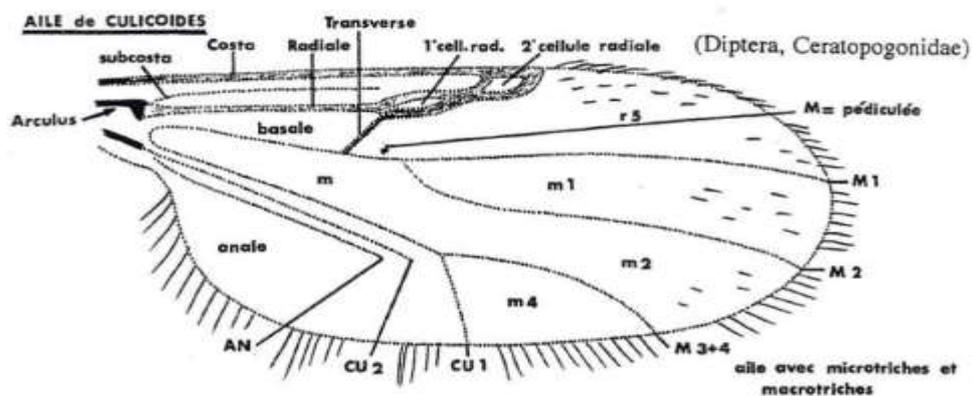


Figure 14 : Schéma d'une aile type de *Culicoides* montrant la localisation des cellules et des nervures m=médiane, r=radiale et cu=cubitale (Delécolle, 1985).

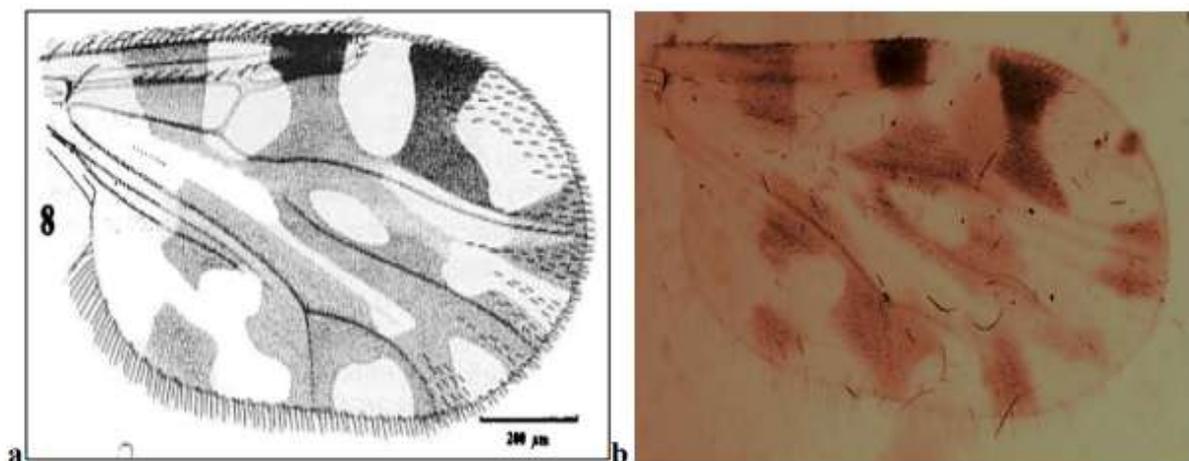


Figure 15: (a) Représentation d'aile de *C.imicola* (DELECOLLE et al., 2002), (b) Aile de *C.imicola* (Kabbout et Sghaier, 2015)

➤ Les pattes

La coloration et l'ornementation des pattes peuvent avoir un intérêt dans la diagnose des espèces. Tous les *Culicoides* ont des épines sur les trois premiers tarsomères des pattes médianes. Les pattes antérieures se reconnaissent par la présence d'un éperon sur la partie distale du tibia, et les pattes postérieures par la présence d'un peigne tibial (Figure 16). Les pattes médianes n'arborent aucune structure à l'extrémité distale du tibia. Il n'y a pas de dimorphisme sexuel notable pour les pattes (Mathieu, 2011).

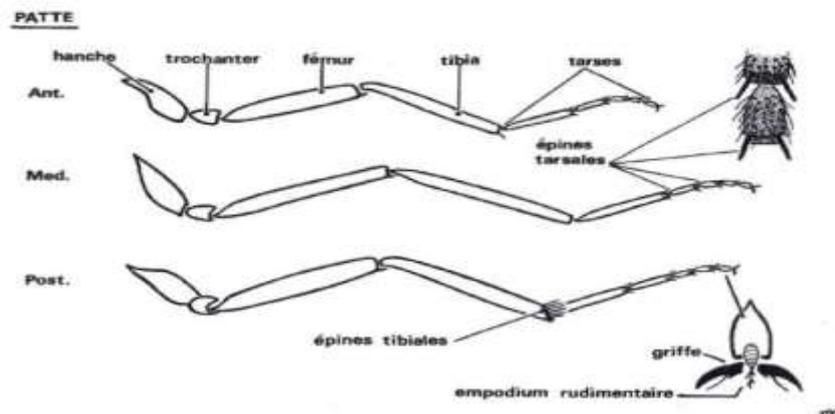


Figure 16: Représentation schématique des pattes de *Culicoides* (Délecolle, 1995)

➤ L'abdomen

L'abdomen est composé de dix segments, et les derniers portent l'appareil génital interne de la femelle (Figure 17). Selon les espèces, on peut compter de une à trois spermathèques fonctionnelles, en général bien chitinisées. A la jonction des conduits des spermathèques, un anneau sclérifié peut être présent et prendre diverses formes. Chez quelques rares espèces, des sclérites abdominaux internes sont présents (Kabbout, 2017)



Figure 17: (a) Schéma des segments abdominaux VII à X chez la femelle (d'après Delécolle, 1985). (b) segments abdominaux d'une femelle *C. saevus*. (c) Abdomen d'une femelle de *C. imicola* (Kabbout et Sghaier, 2015).

Chez les mâles, les derniers segments abdominaux portent l'appareil génital mâle (Figure 18). Le 9ème tergite est en forme de trapèze et peut présenter des processus apicaux latéraux de part et d'autre de la lamelle. La forme de cette partie distale du 9ème tergite est variable chez les espèces. Le 9ème sternite est court et peut être échancré ou franchement fendu. Une membrane basale recouvre les parties basales de l'édéage et des paramères. Cette membrane peut être nue ou plus ou moins recouverte de spicules. L'édéage, est une pièce impaire formée d'un corps médian et deux bras latéraux. Située sous l'édéage, la paire de paramères peut prendre des formes extrêmement variables. Les basistyles et les dististyles forment une pince et les basistyles présentent des apodèmes dorsaux et ventraux. Chaque pièce de l'appareil génital mâle peut présenter une variété de forme surprenante (Kabbout,2017).

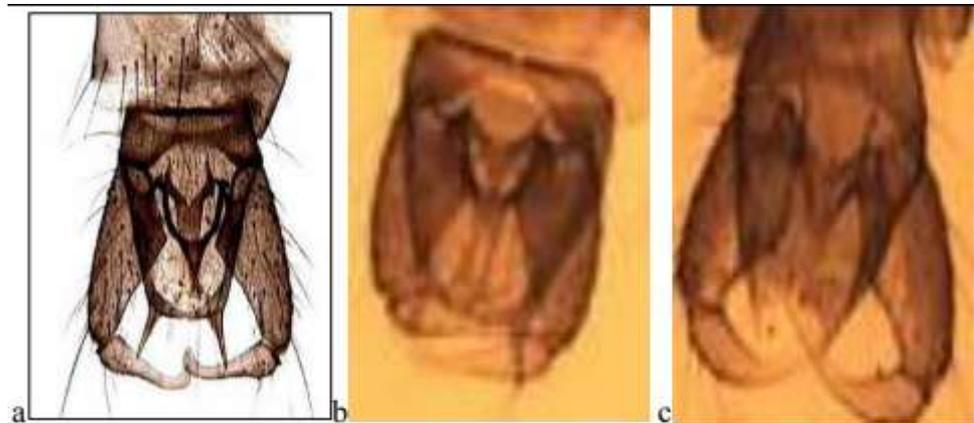


Figure 18: (a) Appareil génital mâle (d'après Delécolle, 1985). (b) Appareil génital mâle de *C. cataneii* (c) Appareil génital mâle de *C. pulicaris* (Kabbout et Sghaier, 2015).

I.4. Biologie et écologie des *Culicoïdes*

Les *Culicoïdes* ont un développement holométabole (larve et nymphe de morphologie très différente de celle de l'adulte) avec la présence de plusieurs stades larvaires (L4) et une évolution de type Orthorhapse (Perie et al., 2005 ; Geoffroy, 2010 ; Garros & Balenghien, 2017).

Les *Culicoïdes* ont, en général, une activité crépusculaire ou nocturne ; leur comportement trophique varie en fonction des espèces (Delécolle & Schaffner, 2003 ; Perrin, 2007). La transmission de l'agent pathogène s'effectue lors du repas sanguin nécessaire à la maturation des œufs. La connaissance de la bioécologie de ces arthropodes est limitée. De nombreux paramètres du cycle de reproduction ou encore la localisation des habitats larvaires et des gîtes de repos restent méconnus. Alors même que la connaissance de leur bioécologie est importante

pour mieux appréhender l'épidémiologie et la répartition de la fièvre catarrhale ovine (FCO) (Guis et al., 2007).

La plupart des espèces femelles adultes ont un repas sanguin estimé à environ tous les 3- 4 jours (Birley et Boorman, 1982 ; Walzer, 2009). Elles se rencontrent principalement au niveau du sol à proximité des animaux (Rieb, 1982 ; Zimmer et al., 2008). Par ailleurs, il a été identifié que certaines espèces sont anthrophilles (Délecolle, 1995) comme par exemple *C. obsoletus* et *C. impunctatus*. Par contre, d'autres espèces préfèrent s'attaquer aux bétails ou aux oiseaux. La grande partie des espèces sont actives aux crépuscules et durant la nuit, alors que d'autres piquent en plein jour (Balenghien et al., 2009) à titre d'exemple *C. nubeculosus*.

Quant aux mâles floricoles (Goetghebuer, 1952 ; Zimmer, 2008), ils s'alimentent de nectar, de sucre et de pollen ainsi que de liquides résultant de la décomposition de matières organiques (Chaker, 1981). D'ailleurs, les mâles sont abondants au sommet des arbres ou arbustes (Rieb, 1982). Les larves se nourrissent de débris organiques divers, mais sont considérées également comme prédatrice de nématodes, bactéries, protozoaires, et même de leurs propres congénères (Chaker, 1983).



Figure 19: Repas sanguin de *Culicoïdes imicola* (Baldet, Mathieu et al., 2003)

Comme il a été démontré par Délecolle et Schaffner (2003) et Guis (2007), la biologie et l'écologie des *Culicoïdes* jouent un rôle important dans le développement de la maladie. Leur activité est notamment, réduite suite à une baisse significative de température (Biteau, 2007), mais leur survie en période hivernale est assurée par l'hibernation des larves (Chatry, 2012).

Les facteurs abiotiques affectent la dynamique des populations des insectes vecteurs, mais aussi leur abondance. Comme par exemple, la température ambiante, son accroissement

augmente la prolificité, l'activité et la fréquence des repas sanguins, facilitant alors la transmission de la maladie vectorielle (**Rogers, 1988 ; De LaRoque, 2008**). Il a été également montré que l'augmentation de la température accélère la multiplication de certains pathogènes à l'intérieur des arthropodes vecteurs et même la capacité vectorielle (**Witterman ; Mellor et Baylis, 2001 ; De LaRoque, 2008**).

I.4.1. Cycle évolutif

Seules les femelles adultes sont hémaphages. Leur repas sanguin se fait par piqûre sur les espèces hôtes de leur choix, qui peuvent être constitués d'animaux à sang froid, mais la majorité est mamophiles ou ornithophiles (**Balenghien & Delécolle, 2009**).

La fécondité varie entre et au sein des espèces ; elle est dépendante de la taille et la qualité du repas sanguin (**Nevill, 1967 ; Kettle, 1977**). Après l'accouplement qui se fait lors d'un vol nuptial, en essaim ou au niveau du sol à proximité des habitats larvaires (**Downes, 1955 ; Chaker, 1983 ; Zimmerman et al., 1982**), les femelles conservent les spermatophores dans leur spermathèques puis elles commencent à chercher un apport sanguin. La femelle nécessite un repas sanguin tous les 3-4 jours (**Birley & Boorman, 1982**). Ce repas est nécessaire à la maturation des œufs (**Garros & Balenghien, 2017**) et l'accomplissement du cycle trophogonique de la femelle (**Braverman, 1978**). Néanmoins, il existe des femelles autogènes qui n'ont pas besoin d'un repas sanguin lors de leur première ponte, comme par exemple *C. circumscriptus* (**Garros & Balenghien, 2017**).

La ponte a lieu 2 à 4 jours après la prise du repas sanguin mais dans les conditions optimales (28° C), la ponte peut avoir lieu 2 jours après le repas (**Balenghien & Delécolle, 2009**). Les œufs sont pondus sur des substrats humides, déposés seuls (**Purse et al., 2015**) ou en amas (**Purse et al., 2015 ; Garros & Balenghien, 2017**) d'environ 30-250 œufs ou de 10-675 œufs selon les espèces (**Balenghien & Delécolle, 2009**). L'éclosion dépend des conditions climatiques (**Nevill, 1967**), de fait, les œufs peuvent éclore 3-10 jours (**Glukhova, 1979 ; Parker, 1950**) ou 2 à 5 jours après la ponte (**Garros & Balenghien, 2017**).

Les stades immatures peuvent se développer, selon l'espèce, dans divers milieux tel que les milieux humides riches en matière organique (animale ou végétale), la matière végétale en décomposition, les bords de cours d'eau ou les trous d'arbres.

Quatre stades caractérisent le cycle du développement des *Culicoïdes* : œufs, larves (4 stades), nymphe et adultes (imago). Le cycle peut durer en moyenne de 7 jours en milieu tropical à 7 mois en milieu tempéré (**Wittmann & Baylis, 2000**).

Le développement larvaire dépend des conditions climatiques et des espèces (**Chaker, 1981**) ; trois mues caractérisant ce stade (Larve 1- Larve 4) (**Hill, 1947; Kettle & Lawson, 1952; Linley, 1969**). Les larves sont vermiformes, mobiles (mouvement serpentifère) se développent dans les milieux semi-aquatiques ou substrat humide (**Chaker, 1983; Goetghebuer, 1952**). La quasi-totalité gagne la couche superficielle (1 à 6 cm) de substrat (**Uslu & Dik, 2006**). Elles se nourrissent de débris organiques, de bactéries, de protozoaires ou de nématodes. En général, les gîtes larvaires variés répondent aux exigences écologiques des espèces (**Zimmer et al., 2014**) dont on peut trouver, dans un même habitat larvaire, la présence des espèces qui sont écologiquement proches (**Zimmer et al., 2014**). La durée de la période larvaire varie entre 2 semaines pour les régions tropicales et 7 mois pour les régions tempérées (**Rodhain & Perez, 1985 ; Balenghien & Delécolle, 2009**)

Généralement, il existe deux types de diapause larvaires une estivo-hibernation et une diapause d'hiver (**Balenghien & Delécolle, 2009**) qui fournissent deux générations par an (**Zimmer et al., 2014**). La première principale au printemps et l'une moins importante en fin d'été (**Rieb, 1982**). Dans la mesure où les imago adultes issus de la génération larvaire de printemps, donnent deux catégories de larves, l'une est considérée comme la génération d'été et l'autre va subir une estivo-hibernation. La génération de larve issue en été apparaît avec une émergence très tardive et avec une forte mortalité (**Garros & Balenghien, 2017**). Les derniers stades larvaires (L4) se développent en nymphe, qui sont mobiles mais peu actives, dotées de trompettes portées par le céphalothorax pour assurer leurs respirations. Elles ne se nourrissent pas, se retrouvent soit sous forme libre ou liées à divers débris (**Zimmer et al., 2014**). La durée du stade nymphale est courte, suivi par l'émergence d'adultes au bout de 3 à 10 jours (**Purse et al., 2015**). Les adultes peuvent survivre de 20 jours à 3 mois (**Goffredo et al., 2000**). La durée moyenne du cycle de vie est variable selon la localisation géographique et les conditions climatiques notamment la température. Ainsi, elle varie entre un plusieurs mois (**Purse et al., 2015**). En général, les femelles sont nocturnes présentant un pic d'activité le matin à l'aube ou/et le soir au crépuscule (**Balenghien & Delécolle, 2009 ; Sanders et al., 2012**). Leurs activités sont relativement influencées par le climat (**Barnard, 1980 ; Walker, 1977**)



Figure 20 : Cycle biologique des *Culicoïdes* (Purse et al., 2015)

I.4.2. Habitat

Les gîtes larvaires de *Culicoïdes* sont primordiaux, les stades immatures assurent leur développement si le taux d'humidité et celui de la matière organique sont suffisants. Ces gîtes sont extrêmement variables selon les espèces comme par exemple, des ruisseaux, des végétations, le sable, un sol humide ou boueux, des marécages, un trou d'arbre, des excréments d'animaux et fumiers, des fruits pourris (Mellor et al., 2000 ; Guis, 2007).

Toutefois, la quantité d'eau ne dépasse pas 1 à 2 cm de profondeur (Walker, 1971 ; Savelli, 2003).

Les gîtes de repos sont les lieux où les adultes se trouvent en dehors de la période de recherche d'hôtes et des gîtes de ponte. Ils sont localisés dans le feuillage de la végétation à proximité des lieux de repas et de pontes. Néanmoins, il y a peu d'études portant sur les gîtes de repos des *Culicoïdes*. Les travaux effectués par Muradov (1965) et Ninio (2011) rapportent que plusieurs espèces de *Culicoïdes* se trouvent au niveau des étendues d'herbes, des feuillages d'arbustes et au niveau des arbres. Bidlingmayer (1961), signale quant à lui la présence de mâles dans les zones arborées en hauteur de 2,4 m, et dans les marais salants, ils se retrouvent sur le sol ou bien proche de leur gîte larvaire. Par contre, les femelles sont collectées, le plus souvent, sur le sol ou dans la végétation les plus basses contrairement aux mâles (à moins de 2,4m) (Ninio, 2011).

Les *Culicoïdes* adultes sont généralement au repos durant la journée. Par ailleurs, on peut les retrouver dans des endroits ombragés tel que la face inférieure des feuilles ou des herbes (Zimmer, 2007 ; Zimmer et al., 2008a) et leur activité est étroitement influencée par la

température (Sellers, 1981 ; Perrin, 2007). Les adultes préfèrent les lieux avoisinants les exploitations de bétail, à proximité de substrat humide ou d'eaux stagnantes. De ce fait, ils ne s'éloignent guère, de façon active, de l'endroit où la ponte a eu lieu (Mellor et al., 2000 ; Zimmer et al., 2008a). Les travaux de Zimmer et al.,(2008), ont montrés qu'il y a plusieurs facteurs ayant un impact sur l'abondance de *Culicoïdes* telle que la disponibilité d'animaux; la présence d'un cours d'eau voire même à sa proximité... , ce qui suggère que les *Culicoïdes* peuvent être beaucoup plus abondants à l'intérieur des étables en présence d'animaux qu'à l'extérieur (Zimmer et al., 2008a).

I.4.3. Nutrition

Il existe un dimorphisme sexuel important concernant le mode alimentaire. En effet, les mâles se nourrissent de sucs végétaux, alors que les femelles, le plus souvent sont hématophages. Certaines espèces parasitent l'hémolymphe d'autres insectes (Diptères, Lépidoptères, Odonates, Coléoptères, Araignées...). D'autres espèces s'attaquent aux vertébrés à savoir l'homme, autres mammifères, oiseaux, batraciens (Nevil, 1971 ; Délecolle, 1995).

Les cycles de repas sanguins suivent généralement un rythme circadien ; bien que certaines espèces soient de nature diurne en effectuant un repas matinal (Périe et al., 2005 ; Geoffroy, 2010 ; Ninio, 2011). Par ailleurs, l'augmentation de la température ambiante conduit à une augmentation de la fréquence des repas (Witterman, 2000 ; Savelli, 2003). Concernant le parasitisme, il n'est pas rare de l'observer. A ce propos, signalons les travaux Yajun Ma et al., (2013) qui ont montré le parasitisme des *Culicoïdes* sur l'Anophèle.

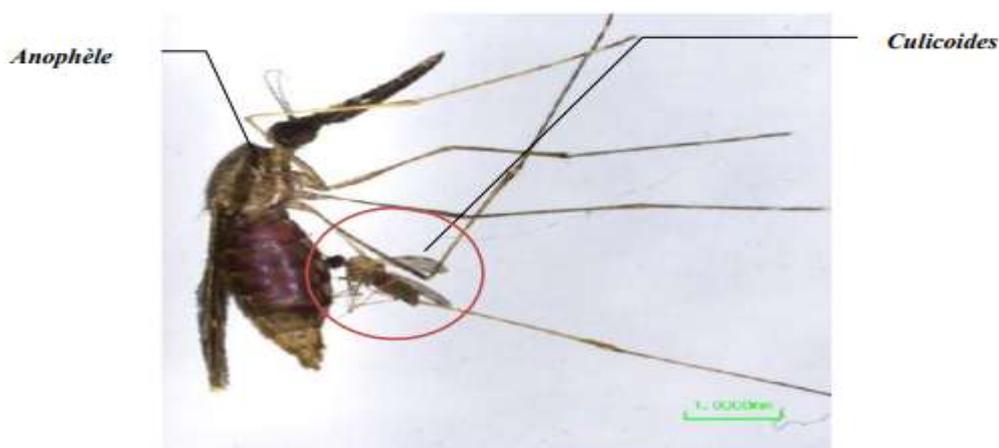


Figure 21: Photographie d'un *Culicoïdes* se gorgeant sur l'Anophèle (Yajun Ma et al., 2013).

I.4.4. Comportement et préférences trophique

Les femelles ont des préférences trophiques variables selon les espèces ; elles sont mamophiles ou ornithophiles rarement animaux à sang-froid. La plupart des espèces piquent le matin à l'aube, et le soir avant le coucher du soleil. D'autres espèces préfèrent piquer en plein jour et en plein soleil (**Balenghien et al.,2009**).

Pour réaliser leur « cycle trophique », les femelles nécessitent dans 90% des cas un repas sanguin. Les variations intra-spécifiques qui ont été élucidées, notamment, le nombre d'œufs, peuvent s'expliquer d'une part, par les difficultés que rencontrent certaines femelles lors de la prise d'un repas sanguin ou sucré complet, et d'autre part, par la taille, l'âge et les fréquences des pontes effectuées par une même famille (**Balenghien et al.,2009**).

On distingue 2 modes préférentiels de nourritures à travers les piqures de ces insectes :

L'endophagie : qui est la capacité des insectes à pénétrer dans les bâtiments pour piquer leurs hôtes. Elle peut être considérée comme une adaptation pour atteindre les hôtes préférentiels. Ce comportement trophique des *Culicoïdes* a des conséquences importantes pour la prévention et le contrôle des risques de transmission des pathogènes.

L'exophagie : c'est le cas dont les insectes se nourrissent à l'extérieur des bâtiments d'élevage. La relation entre le succès de trouver un hôte par un insecte hématophage, la disponibilité et l'accessibilité de l'hôte est étroitement dépendante. Ce qui oblige les insectes hématophages à localiser leur hôte et faire face à diverses contraintes environnementales (vent, pluie, luminosité...), comportementales (mouvement de défense de l'hôte) ou physique (bâtiments, courant d'air) (**Viennet, 2011**).

Pour les préférences trophiques, la probabilité de réussite d'un repas sanguin dépend de l'attractivité propre de l'hôte et de son acceptabilité (**Borehem et Garret-Jones, 1973 ; Clément, 1999 ; Lardeux et al., 2007 ; Viennet, 2011**). En outre, les facteurs d'attraction peuvent être le dégagement de CO₂, l'humidité de la respiration, la chaleur corporelle, l'odeur des hôtes. En revanche, les facteurs visuels comme la taille et la forme de l'hôte, corrélée avec le volume des émanations de CO₂ et des autres odeurs, influencent l'attraction des *Culicoïdes* (**Humphreys et Turner, 1973 ; Turner, 1974; Raiche et al., 1997 Viennet, 2011**).

I.4.5. Dispersion

La propagation de la maladie par voie vectorielle est liée à la capacité du vecteur à se disperser ; de manière active ou passive on distingue aussi la dispersion active et passive. La dispersion des *Culicoïdes* par le vol est considérée comme faible. Il est évident que les femelles

hématophages se déplacent activement pour chercher un mâle ou un repas de sang ou un gîte de ponte ou de repos (Sellers, 1992 ; Guis, 2007). Par ailleurs, plusieurs facteurs ont une influence sur la capacité de vol des *Culicoïdes* tel que l'intensité lumineuse, le cycle lunaire, l'humidité relative... Or, la direction et la force du vent jouent également, un rôle important dans la dispersion passive de *Culicoïdes* (Koche et Axtell, 1979). Ainsi, la dispersion passive par le vent, sous forme de « plancton aérien », peut atteindre plusieurs centaines de km. Cette forme de dispersion fait partie intégrante de la biologie des *Culicoïdes* (Murray, 1987), possède un effet sur l'épidémiologie de la FCO. En effet, elle peut être la cause de la diffusion de la maladie vers de nombreux pays (Sellers, 1975; Sellers et al.,1978; ,Sellers et Maarouf, 1989,1991; Braverman et Chechik 1996 ; Deliberato et al., 2003; Alba et al., 2004 ;Guis, 2007 ; Ducheyne et al., 2007).

D'autre part, la dispersion peut aussi être assurée à l'état larvaire, par transport sur des animaux, tels les oiseaux migrateurs (transport de boues contenant des larves fixées sur les pattes).

I.5. Influence des facteurs environnementaux climatiques sur les *Culicoïdes*

Au niveau planétaire, les changements climatiques ont entraîné l'apparition de zones favorables au développement des insectes vecteurs ; ce phénomène est l'une des raisons de la propagation de la maladie.

Le climat influence l'étendue géographique des maladies (Epstein, 2004 ; De La Roque, 2008). Les changements de facteurs climatiques ont donc en théorie le potentiel d'affecter la distribution en latitude, en longitude ou en altitude des vecteurs ; le changement climatique est régulièrement incriminé dans l'extension récente de maladies ou des vecteurs. Ainsi, la survie, l'activité et la dispersion de ces insectes vecteurs sont fortement influencées par les variables météorologique telle que la température, l'humidité, l'agitation de l'air, la phase lunaire... La température serait l'élément majeur influençant leur comportement et leur survie (Braverman et Chechik, 1996 ; Zimmer et al., 2008 ; Zimmer et al.,2009). Néanmoins, l'humidité aurait un rôle non négligeable dans le développement des stades larvaires, très sensibles à la dessiccation (Murray, 1991 ; Zimmer et al., 2009; Guis, 2007). On distingue les facteurs de variation suivants :

I.5.1. La température

Du fait du lien étroit qui existe entre les insectes et leur environnement (Biteau, 2007), Les maladies vectorielles sont au cœur des questionnements soulevées par les changement climatique (Jetten et Focks, 1997 ; Githeko et al., 2000 ; Gulber et al., 2001 ;Walzer, 2009).

Le facteur température est d'autant plus important qu'au cours de ce dernier siècle, la planète a subi un réchauffement global de 0,5°C (**Jones et Wigley, 1999**) et les prévisions envisagent une augmentation de presque 2°C pour le siècle à venir (**Périer et al., 2005**). C'est un paramètre clef qui influe sur la biologie du vecteur (répartition, abondance, activité, dispersion, développement, longévité, etc.) et sur le développement de l'agent pathogène (**Mathieu et al., 2007 ; Guis, 2007**). En effet, la chaleur est nécessaire à l'éclosion des œufs et au développement des larves (**Ward, 1994a**).

Si la température diminue, la durée des stades de développement s'allonge entraînant un arrêt de la réplication virale d'où l'interruption de la transmission (**Mullens et al., 1995 ; Guis, 2007**). Par ailleurs, dans le cas où les températures sont trop basses, l'insecte devient totalement inactif (**Périer et al., 2005**), autrement dit, le développement du virus de la FCO s'arrête, car cette basse température agirait sur l'activité d'enzyme virales telle l'ARN transcriptase (**Savelli, 2003 ; Périer et al., 2005 ; Toussaint et al., 2006**).

Par ailleurs, l'augmentation de la température accélère le cycle de reproduction et l'activité des adultes, mais aussi, le taux d'infection par le virus. Cette augmentation entraîne un raccourcissement de la période d'incubation extrinsèque, conduisant automatiquement à une réduction de la durée de vie des vecteurs et la durée des stades larvaires et nymphales (**Hunt et al., 1989 ; Guis, 2007**). Il en résulte alors une augmentation importante de la population des vecteurs (**Murray, 1987 b ; Wittmann, 2000 ; Mullen et al., 2004 ; Périer et al., 2005 ; Guis, 2007**). De plus, l'augmentation de l'activité des vecteurs et la fréquence des repas sanguins favorisent la transmission virale (**Gerbier et al., 2007 ; Geoffroy, 2010**). Néanmoins, la hausse excessive de la température provoquent la diminution de la fécondité de la femelle adulte et la durée de vie des adultes (les œufs sont moins nombreux, leur taille est plus petite) (**Périer et al., 2005 ; Walzer, 2009**).

I.5.2. L'humidité et précipitation

C'est l'humidité relative de l'air est nécessaire car elle participe à la formation des sites d'alimentation via les précipitations (**Ward, 1994**), sous toutes formes : l'humidité, la présence de rivières, système d'irrigation ou de puits (**Ward, 1944a ; Geoffroy, 2010**).

Quand elle est trop faible, elle diminue l'activité et la survie des adultes. Par ailleurs, des faible taux de précipitation diminuent le nombre d'habitats disponibles pour les larves semi aquatiques (**Venter et al., 1997 ; Geoffroy, 2010**).

L'humidité du sol est une variable déterminante de l'habitat larvaire (**Meiswinkel, 1997**). si les précipitations sont trop importantes, l'activité de certains espèces peut être arrêté et les larves et nymphes meurent où leur habitat est inondé ou trop humide (**Mellor, Boorman et Baylis, 2000 ; Savelli, 2003 ; Périe, 2005; Guis, 2007 ; Geoffroy, 2010**).

I.5.3. Le vent

Le vent est considéré comme un inhibiteur ou un facteur limitant de la dispersion active des adultes. Une vitesse de 10 à 45 Km / h sous une température de 12 à 35 C° favorise la dispersion passive sur plusieurs centaines de km (**Sellers, 1992 ; Guis, 2007**). C'est un facteur clé qui joue un rôle prépondérant dans la mortalité des insectes en cas de forte puissance, il accélère leur dessiccation et empêche le vol, ainsi que la prise de repas sanguin. Par contre les vents faibles à modérés contribuent à la dispersion de *Culicoides* (**Geoffroy, 2010**) ; ceci explique l'apparition de nouveaux foyers de la FCO. C'est le cas, en Espagne où *C.imicola* collectés en 1960, pourraient avoir été transportés par des vents venus d'Afrique du nord (**Mellor et al., 1985 ;Périe et al., 2005**).

I.6. Importance médicale et vétérinaire des *Culicoides*

I.6.1. La fièvre catarrhale ovine (FCO)

La fièvre catarrhale ovine est une maladie décrite pour la première fois en Afrique du Sud. Dès 1876, dans un rapport de la commission sur les maladies du bétail et des ovins, il est déjà fait état d'une maladie parmi les troupeaux connue sous le nom de « fièvre », sévissant depuis plusieurs années (si ce n'est depuis l'introduction du mouton Mérinos dans la colonie). Elle se rencontre plus particulièrement durant les mois d'été et est bien pire si la saison est humide. De plus, il y est précisé que cette maladie cause des douleurs à la bouche et aux pattes, et partage plusieurs similitudes avec la fièvre aphteuse (**Maclachlan, 2011**).

Toutefois, il faut attendre 1902 pour voir le premier signalement de la maladie par Hutcheon sous le nom de « catarrhe enzootique du mouton » et une première description détaillée par **Spreull en 1905**. **Spreull** lui donnera d'ailleurs également le nom encore utilisé aujourd'hui de « bluetongue », traduction anglaise littérale du nom donné par les fermiers africains à cette maladie. Theiler en 1906 découvrit quant à lui la nature infectieuse de la maladie en démontrant le caractère ultra-filtrable de l'agent pathogène. C'est également lui qui mit au point le premier vaccin largement utilisé contre la FCO de 1907 à 1943. Il s'agissait alors d'une souche virale atténuée après plusieurs passages sur moutons. Son utilisation fut arrêtée

suite au constat que ce vaccin ne conférait pas une immunité contre tous les sérotypes de la maladie présents en Afrique (**Maclachlan, 2011**).

Hutcheon avait aussi touché du doigt l'importance d'un vecteur puisqu'il écrivait déjà qu'un insecte jouait un rôle dans la propagation de la FCO et avait également remarqué que la maladie se produisait lors de conditions similaires à celles déjà reconnues favorables à l'apparition de la peste équine. Quelques années plus tard, en 1944, on attribue à Du Toit l'identification des *Culicoïdes* comme insectes vecteurs de ces deux maladies (**Maclachlan, 2011**).

I.6.1.1. Répartition géographique

Si l'on a tout d'abord décrit la FCO en Afrique du Sud, elle est également évoquée dès 1940 en Afrique centrale puis au Moyen-Orient (Israël, Turquie, Syrie, Oman, Arabie saoudite) ainsi qu'en Asie (Inde, Chine, Pakistan, Japon, Indonésie, Malaisie). On la rencontre également en Amérique (USA, Canada, Mexique, Chili, Brésil, Guyane). A l'heure actuelle, la FCO a été décrite sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique. Etant transmise par les *Culicoïdes*, insectes hématophages, aux espèces de ruminants sensibles, son aire de répartition géographique coïncide avec celle de répartition des vecteurs reconnus compétents et donc avec les zones dans lesquelles les conditions climatiques leur sont favorables.

Avant le vingt et unième siècle, cette aire de répartition s'étendait d'une limite de 40° (quelques incursions jusque 50°) au Nord et 35° au Sud. Toutefois, si la fièvre catarrhale y est souvent présente de manière enzootique avec de nombreux animaux infectés, la maladie déclarée y est assez peu rencontrée (**Gibbs et Greiner, 1994 ; Zientara et al., 2006 ; Maclachlan et al., 2009**).

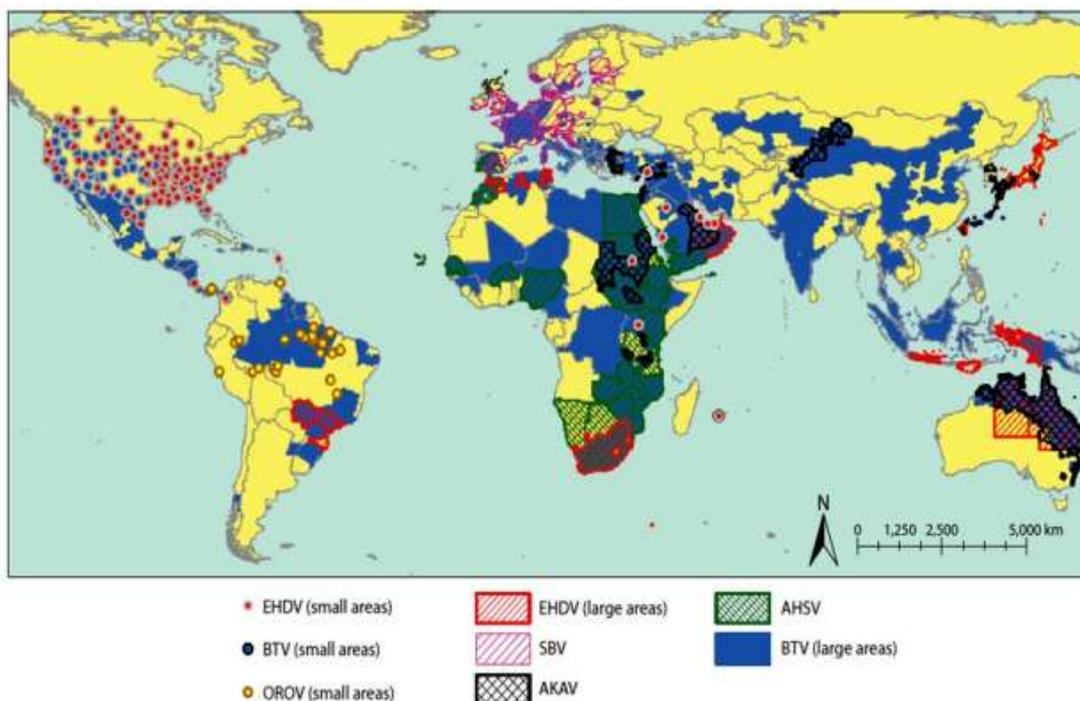


Figure 22: Distribution de la maladie Image tirée de **Purse et al., (2015)**

I.6.1.2. Fièvre catarrhale ovine et transmission vectorielle

La fièvre catarrhale ovine (FCO) ou maladie de la langue bleue ou encore bluetongue, est une maladie réputée, reovirose ou arbovirose, virale, infectieuse, non contagieuse des ruminants. Elle est non zoonotique affectant les ruminants domestiques et sauvages, principalement les ovins. L'importance de cette maladie tient à sa large répartition géographique, son potentiel de diffusion rapide et ses conséquences économiques majeures. Ce qui justifie son inscription sur la liste A des maladies à notifier par L'OIE (Office international des épizooties) (**OIE, 2006**).

Cette maladie est quasi exclusivement vectorielle (**Mellor et al., 2000**). D'un point de vue épidémiologique, seule la transmission vectorielle permet la diffusion et le maintien de la maladie (**Brugère et Picoux, 1994 ; Guis, 2007**). Cette transmission se fait par l'intermédiaire d'un diptère hématophage genre *Culicoides*, par des piqûres de ces moucheron infectés dont ils s'infectent eux même par piqûre et le reste toute sa vie. Le virus incriminé est à ARN double brins avec actuellement 24 sérotypes (**Perrin, 2007**), appartenant au germe Orbivirus de la famille des *Reoviridae*.

À travers les travaux de **Du Toit (1942, 1944)** en Afrique du sud, a montré et identifié l'insecte incriminé dans l'apparition de cette affection ; il a également prouvé la possibilité de la

transmission du BTV d'une brebis virémique vers une autre brebis sensible par l'intermédiaire des *Culicoides*, principalement *C.imicola*.

Notons que beaucoup d'espèces constituent un réservoir épidémiologique ne présentant pas de signes cliniques comme chez les espèces sensibles tels le cerf, le mouflon méditerranéen, le chameau et la gazelle (**Rossi et al., 2010 ; Ninio, 2011**).

I.6.2. L'agent pathogène

I.6.2.1. Le BTV

Le virus de la fièvre catarrhale ovine est un Orbivirus de la famille des Reoviridae. Le genre *Orbivirus* regroupe des virus transmis essentiellement par des arthropodes vecteurs. Le plus souvent, les *Culicoides*. Ces arboviroses affectent principalement les ruminants sauvages ou domestiques. C'est le cas du BTV et du virus de la maladie hémorragique des cervidés (ou EHDV : Epizootic hemorrhagic disease virus) (**MacLachlan et Guthrie 2010**). Le BTV et la peste équine, de par son potentiel épizootique et ses répercussions cliniques graves (jusqu'à 90% de mortalité chez les chevaux atteints), sont les arboviroses majeures de ce genre. Elles sont toutes deux inscrites sur la liste des maladies de l'OIE (Organisation mondiale de la santé animale) (**Wilson et al., 2009**).

I.6.2.2. Structure et fonction des principales protéines du BTV

Le virus de la fièvre catarrhale ovine est un virus non enveloppé, dont le génome (près de 19 200 paires de bases) est constitué de dix segments d'ARN doubles brins, codant 11 protéines, dont sept structurales (VP1 à VP7) et quatre non structurales (NS1 à NS3, NS3A) (**Schwartz-Cornil et al., 2008**). Les protéines VP2 et VP5 forment la couche externe de la capside, elles permettent l'attachement cellulaire, l'intériorisation du virus dans la cellule. Leur variabilité, en particulier celle de VP2 est grande. Les protéines VP2, et dans une moindre mesure VP5, déterminent le sérotype du BTV (**Mertens et al., 1989 ; Hassan et Roy 1999**). Les protéines VP7 forment avec VP3 les couches internes de la capside (**SchwartzCornil et al., 2008**), elles permettent l'attachement et la pénétration dans les cellules d'insectes, en l'absence des protéines VP2 ou VP5 (**Tan et al., 2001**). La partie interne du core est constituée par VP1, qui correspond à la réplicase (**Boyce et al., 2004**), VP4, qui catalyse les réactions de coiffage de l'ARN messager (**Sutton et al., 2007**) et VP6, qui correspond à une ATPase et une hélicase ARN dépendante (**Stäuber et al., 1997**). La protéine NS1 est impliquée dans la cytopathogénie (**Owens et al., 2004**), tandis que la protéine NS2 participe à la réplication virale et à

l'assemblage du core (**Kar et al., 2007**). Enfin, les protéines NS3 et NS3A facilitent la libération des virus à l'extérieur des cellules infectées (**Han et Harty, 2004**). Le virus du BTV est représenté sur la figure 23.

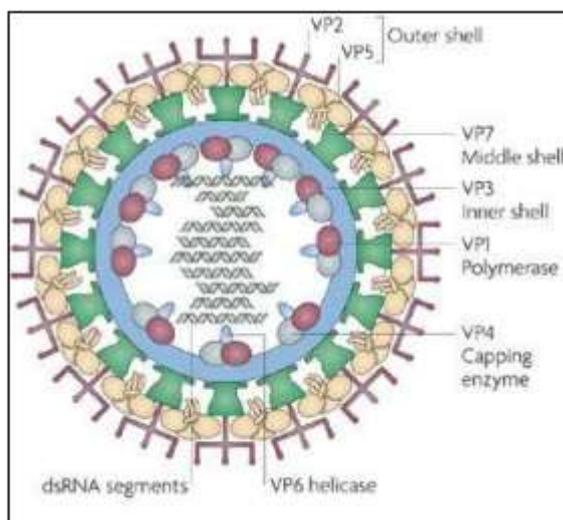


Figure 23: Représentation schématique du BTV, de ses protéines structurales et segments d'ARN doubles brins (**Roy et al., 2009**)

I.6.2.3. Caractéristiques génétiques du BTV

Le BTV est un virus à ARN double brin ; il est plus stable que les virus à ARN simple brin (**Zientara, communication personnelle**). Cependant, des mutations génétiques, des recombinaisons homologues et non homologues sont responsables de variations génomiques. De plus, comme son génome est segmenté, des réassortiments de gènes peuvent se produire et donner lieu à de nouveaux variants de BTV (**Bonneau et al., 2001**). Ceci a été observé expérimentalement, à la fois dans un vecteur (*Culicoides sonorensis*) et chez le mouton (**Samal et al. 1987a, 1987b**). Or, des co-infections chez le mouton et la vache ont été documentées en Israël (**Brenner et al., 2010**). Cette variabilité génétique marquée des virus de la FCO est reflétée par le grand nombre de sérotypes présents dans le monde. En outre, il faut savoir que ceux-ci ne confèrent pas d'immunité croisée. Jusqu'en 2007 on recensait 24 sérotypes différents. En décembre 2007, le virus de Toggenburg détecté dans des troupeaux de chèvres en Suisse, a été identifié comme un nouveau sérotype, portant à 25 le nombre de sérotypes de BTV connus (**Chaignat et al., 2009**). Plus récemment encore, en 2010, un nouveau sérotype de BTV a été isolé au Koweït (**Maan et al., 2011**). Ce qui porte à 26 le nombre de sérotype différents de BTV connus en 2011.

I.6.3. Symptomatologie clinique

Les formes cliniques de la FCO sont variables, elles se déclinent de la forme asymptomatique à la forme suraigüe (Erasmus 1975).

I.6.3.1. Chez les ovins et les bovins

Peu de temps après le déclenchement de la fièvre, les muqueuses buccales, gingivales et nasales apparaissent hyperhémisées et congestionnées. Une conjonctivite, des larmoiements, mais aussi un œdème de la face et des lèvres peut apparaître à ce stade. La maladie peut évoluer et présenter des symptômes plus sévères, tel que l'apparition de jetage nasal d'abord séreux puis muco-purulent, parfois hémorragique. En séchant, il forme des croûtes visibles autour des narines et sur le museau (figure 24). Les atteintes des muqueuses peuvent évoluer jusqu'à la formation d'érosions et d'ulcères. Elles s'accompagnent de ptyalisme, voire d'anorexie. Certains animaux présentent des œdèmes des lèvres, de la partie inférieure de la face et des mâchoires pouvant atteindre le cou de l'animal (figure 25) Dans certains cas, la langue est très oedématisée et cyanosée, d'où le nom vernaculaire de « maladie de la langue bleue » donnée à cette affection. Des symptômes de faiblesse musculaires peuvent avoir lieu, l'animal est prostré, il s'émacie peu à peu. Certaines brebis présentent également un torticolis et une parésie pharyngienne et œsophagienne, celle-ci peut être responsable d'hypersalivation et de pneumonie par aspiration (souvent fatale). Dans les cas sévères de FCO, l'animal présente des désordres respiratoires, telles que la tachypnée, la dyspnée, et la détresse respiratoire.



Figure 24 : Croûtes autour des narines et du museau d'une brebis atteinte de FCO (Ninio, 2011)



Figure 25: Oedème de la face d'une brebis atteinte de FCO (Ninio, 2011)

Plus tardivement, entre le 8ème et le 14ème jour après le début de l'infection, une inflammation de la couronne, des onglons, qui sont rouges, chauds et douloureux à la pression, peut se manifester. Les animaux sont alors plus raides, se montrent réticent à se déplacer, restent parfois en appui sur leurs genoux et présentent des boiteries plus ou moins sévères de plusieurs membres.

De plus, dans certains cas, une hyperhémie de la peau peut s'étendre à plusieurs localisations (museau, lèvres, base des cornes, oreilles, aisselles, aine) ou être généralisée, provoquant des chutes de laines (Erasmus 1975, Williamson et al., 2008).

Avant 2006, chez les bovins comme chez les ovins, des cas naturels et sporadiques d'infections placentaires au BTV ont été décrits, entraînant dans la plupart des cas des malformations fœtales et quelquefois des avortements (MacLachlan et al., 2000). C'est dans les années 1950 que la première description détaillée de transmission placentaire de BTV a été rapportée. Des avortements se sont produits chez des brebis gestantes, suite à leur vaccination avec du BTV 10 vivant atténué en Californie. Les avortons présentaient des malformations cérébrales pouvant évoluer vers l'hydranencéphalie (MacLachlan et al., 2000). D'une façon générale, les conséquences de l'infection placentaire par du BTV dépendent du stade de la gestation; les lésions cérébrales sont plus importantes lorsque l'infection intervient tôt dans le développement fœtal. Par la suite, des études expérimentales ont permis de mettre en évidence la capacité accrue des souches de BTV modifiées, par passage sur cultures cellulaires ou œufs embryonnés de poulets (tels que les virus vaccinaux vivants atténués) à passer la barrière placentaire (MacLachlan et al., 2000, MacLachlan et al., 2009).

Aux symptômes précédemment décrits s'ajoutent chez les bovins et ovins une atteinte de l'état général accompagnée d'une baisse des performances : ralentissement de la croissance,

diminution de la production laitière et des capacités reproductrices (**Erasmus 1975, Hourrigan et Klingsporn, 1975**). Enfin, des formes abortives similaires à celles décrites chez les ovins ont également été observées chez les bovins (**MacLachlan et al., 2000**).

I.6.3.2. Chez les caprins

Peu d'études ont été conduites chez les caprins, moins sensibles au BTV que les ovins. Dans les conditions naturelles, l'infection est souvent inapparente chez les chèvres et expérimentalement les signes cliniques sont limités à une hyperthermie de courte durée, une hyperhémie peu marquée des muqueuses nasales et des conjonctives. Néanmoins, en Israël et en Inde, durant des épidémies de FCO, des chèvres ont présenté des symptômes évocateurs de la FCO et, dans certains cas, ont succombé à l'infection (**Erasmus, 1975**).

Chapitre II :
Matériel et Méthodes



II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Situation géographique :

La wilaya de Mila se situe au Nord-Est de l'Algérie à 464 m d'altitude et à 70 km de la mer Méditerranée. Elle est aussi dans la partie Est de l'Atlas tellien, une chaîne de montagnes qui s'étend d'Ouest en Est sur l'ensemble du territoire Nord du pays (**Berkal et Elouaere, 2014**).

La wilaya de Mila est limitée au Nord par les wilayas de Jijel et Skikda, à l'Est par la wilaya de Constantine, à l'Ouest par la wilaya de Sétif et au Sud par la wilaya de Batna et d'Oum El Bouaghi. Elle occupe une superficie totale de 348,054 km² soit 0,14 % de la superficie total du pays pour une population qui s'élevait en décembre 2011 à 810370 habitants, soit une densité de 90,75 habitants par km² est issue du découpage administratif en 1984 elle est constituée de 32 communes et 13 dairas (**Atmania, 2010**).

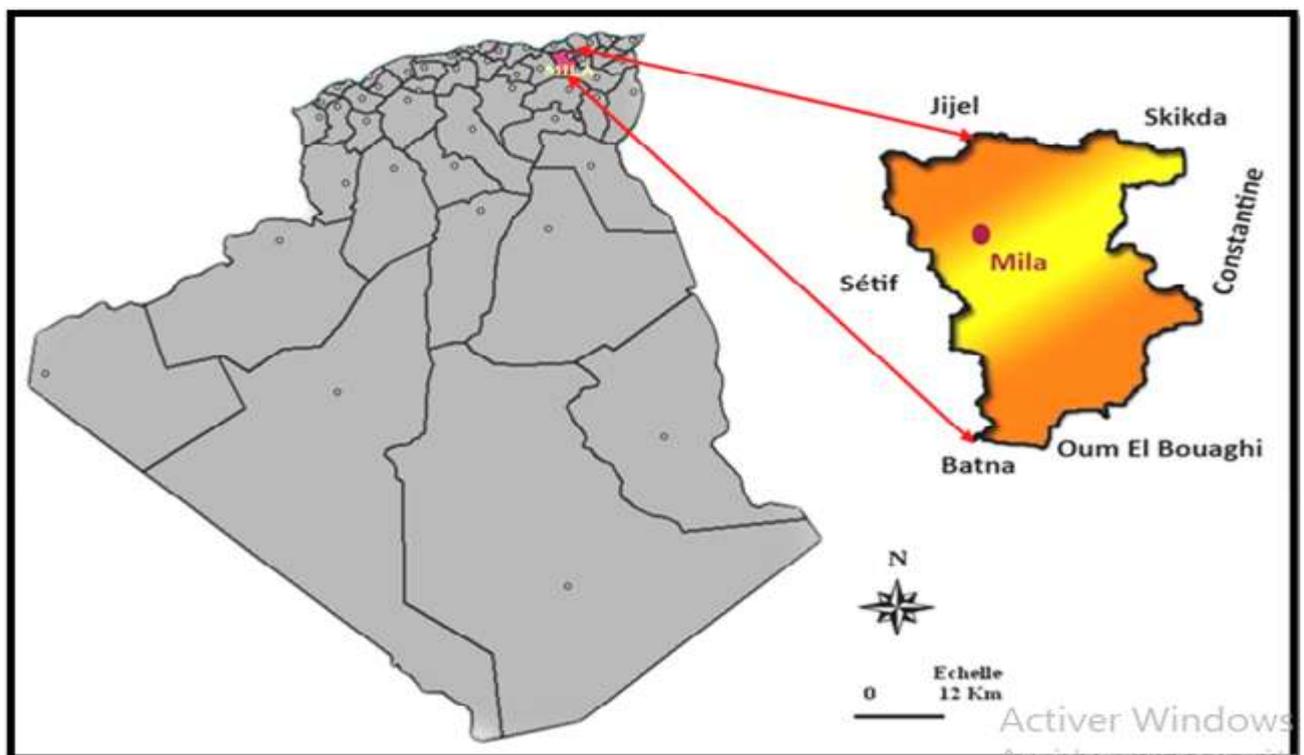


Figure 26: Localisation de la wilaya de Mila (ATMANIA, 2010).

II.1.2. Aspect Administratif

La wilaya de Mila compte 13 daïras regroupant 32 communes.

Tableau 2: Le découpage administratif de la région de Mila

Daïras	Communes
MILA	Mila- Ain Tine- Sidi Kkhlifa
GRAREM GOUGA	Grarem Gouga- Hamala
SIDI MEROUAN	Sidi. Mérouane- Chigara
OUED ENDJA	Oued Endja- Zeghaia- A. Rachdi
ROUACHED	Rouached- Tiberguent
TERRAI BEINEN	Terrai Beinen- Amira Arres- Tassala Lamtai
FERDJIOUA	Ferdjioua- Y. B. Guecha
TASSADANE.H	Tassadane Hadda- Minar Zarza
BOUHATEM	Bouhatem- D. Bousselah
AIN BAIDAH H	Ain B.Ahrich- Ayadi Berbes
TELEGHMA	Telaghma- Oued Seguen - El M'chira
CHELGHOUM LAID	Chelgoum El Aid- O. Atmania- Ain El Melouk
TADJENANET	Tadjnanet- Ben Yahia A- Ouled Khlouf

II.1.3. Situation démographique

La population totale de la wilaya est estimée à 865 370 habitants (fin 2011), soit une densité de 92.3 habitants par Km² (ANIREF, 2013). Cette densité varie d'une commune à l'autre en raison de multiples spécificités régionales d'ordre économiques (agriculture, industrie et commerce), géomorphologiques (nature et reliefs des terrains) et administratives (superficie allouée à chaque commune lors du découpage administratif) (Abid, 2014).

La population est en grande partie rurale et suburbaine. Elle est constituée généralement par des travailleurs de la terre, que ce soit sur les hautes plaines ou dans les régions montagneuses. La

population urbaine, concentrée dans les grandes cités, est toujours imprégnée des valeurs de la ruralité.

Le nombre de femmes est légèrement plus élevé que celui des hommes, 408604 pour 401766. La population de la wilaya est relativement jeune, plus de 50 % est située dans la tranche d'âge allant de 1 à 24 ans, soit 420887 habitants, pour un total de 810370 habitants. Les régions montagneuses du nord de la wilaya sont peuplées par des tribus berbères (**Seddiki et al., 2013**).

II.1.4. Hydrographie

La wilaya de Mila abrite un important réseau hydrographique composé de rivières et de barrage : le plus grand barrage d'eau au niveau national, barrage de Béni Haroun qui alimente une grande partie de l'Est Algérien avec de l'eau potable et de l'eau d'irrigation, barrage de Oued El Athmania, et barrage de Oued Séguin. Les Oueds Rhumel et Oued Endja (Oued ElKebir) sont les principales sources d'alimentation du barrage de BéniHaroun. Dont le cadre géologique complexe est caractérisé par la présence de nappes de charriage (**Belahlou, 2016**).

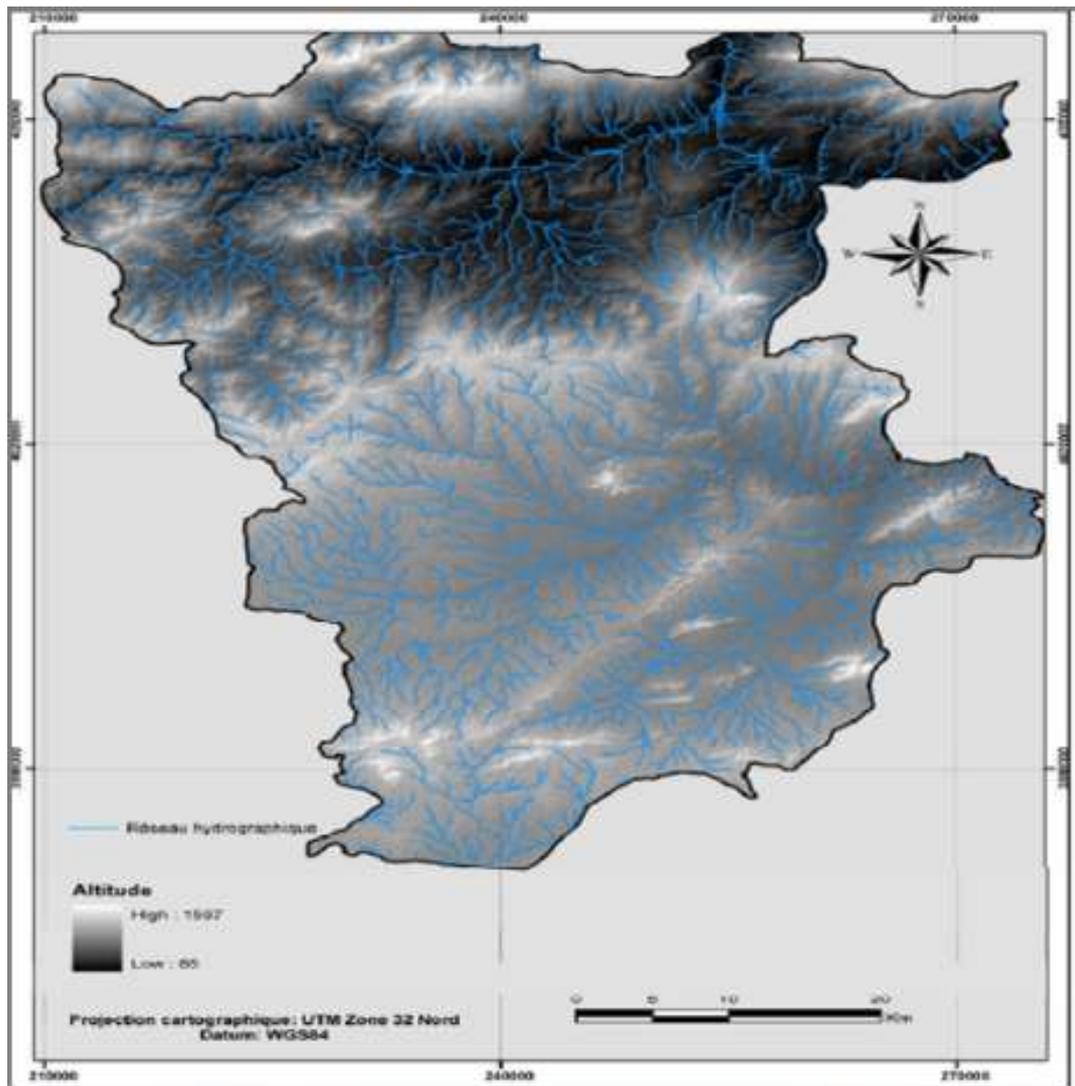


Figure 27: Réseau hydrographique de la région de Mila (ATMANIA, 2010).

Le barrage de Béni Haroun situé au cœur d'un immense complexe hydraulique, d'une capacité de stockage de 960 millions de mètres cubes, et d'une hauteur de 120 mètres (Seddiki et al., 2013). Il constitue la plus grande retenue artificielle algérienne et la seconde du continent africain (après le barrage de Al Sad El Alli en Egypte) avec une réserve de 1 milliard de m³ d'eau atteinte en février 2012 (soit 40 millions de m³ au-delà de sa capacité d'objectif), répartis sur 3 900 hectares. Situé sur l'oued el Kébir, il est alimenté par deux bras principaux, avec les oueds Rhumel et Endja (Seddiki, 2012).

A ce titre, l'un des défis majeurs de la wilaya de Mila consiste à satisfaire les besoins sans cesse croissants de sa population (eau potable) et dès ses activités économiques (agriculture, industrie

et tourisme) et approvisionner en eau potable et en eau d'irrigation plusieurs autres wilayas limitrophes.

Relever ce défi est tout de même possible grâce aux ressources en eau appréciables que recèle la wilaya (eau de surface et eau souterraine) (ANDI ,2013).

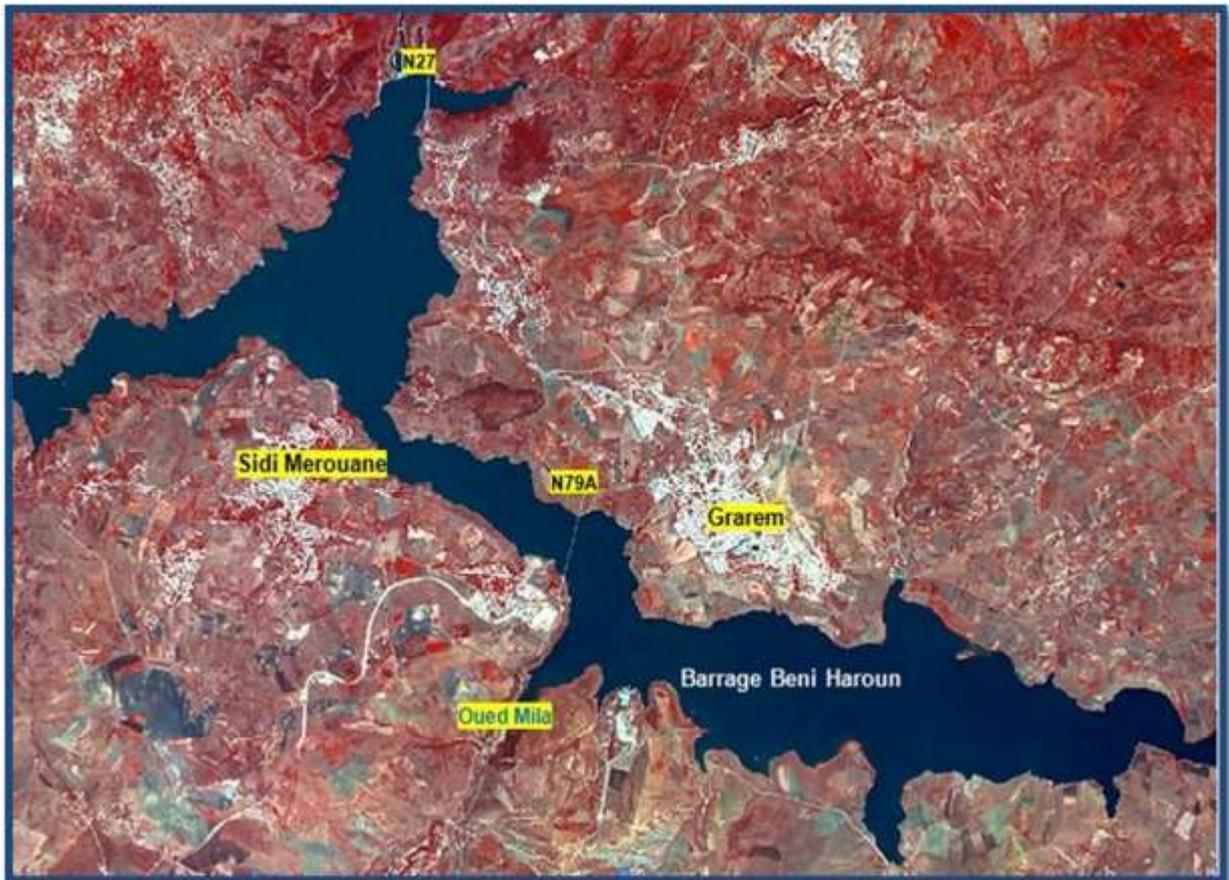


Figure 28: la localisation de barrage Béni Haroun –Mila (<http://www.asal.dz>).

II.1.5. Pédologie

La wilaya de Mila renferme des terres relativement diversifiées :

- Nord de la wilaya, les Monts de Babors produit des sols pauvres au formés de charriages calcaires, gréseux et marneux sensibles à la solifluxion et au ravinement. Ces terres sont destinées à l'arboriculture et l'élevage. En piémonts de ce massif apparaissent des sols marno-argileux ou marno-calcaires qui sont pauvre en matière organique. Ils sont occupés par les cultures annuelles en sec.

- Au centre de la wilaya, les sols ont une texture argilo-limoneuse, limono sableuse, ces sols sont généralement fertiles et aptes à l'irrigation (Belahlou, 2016)

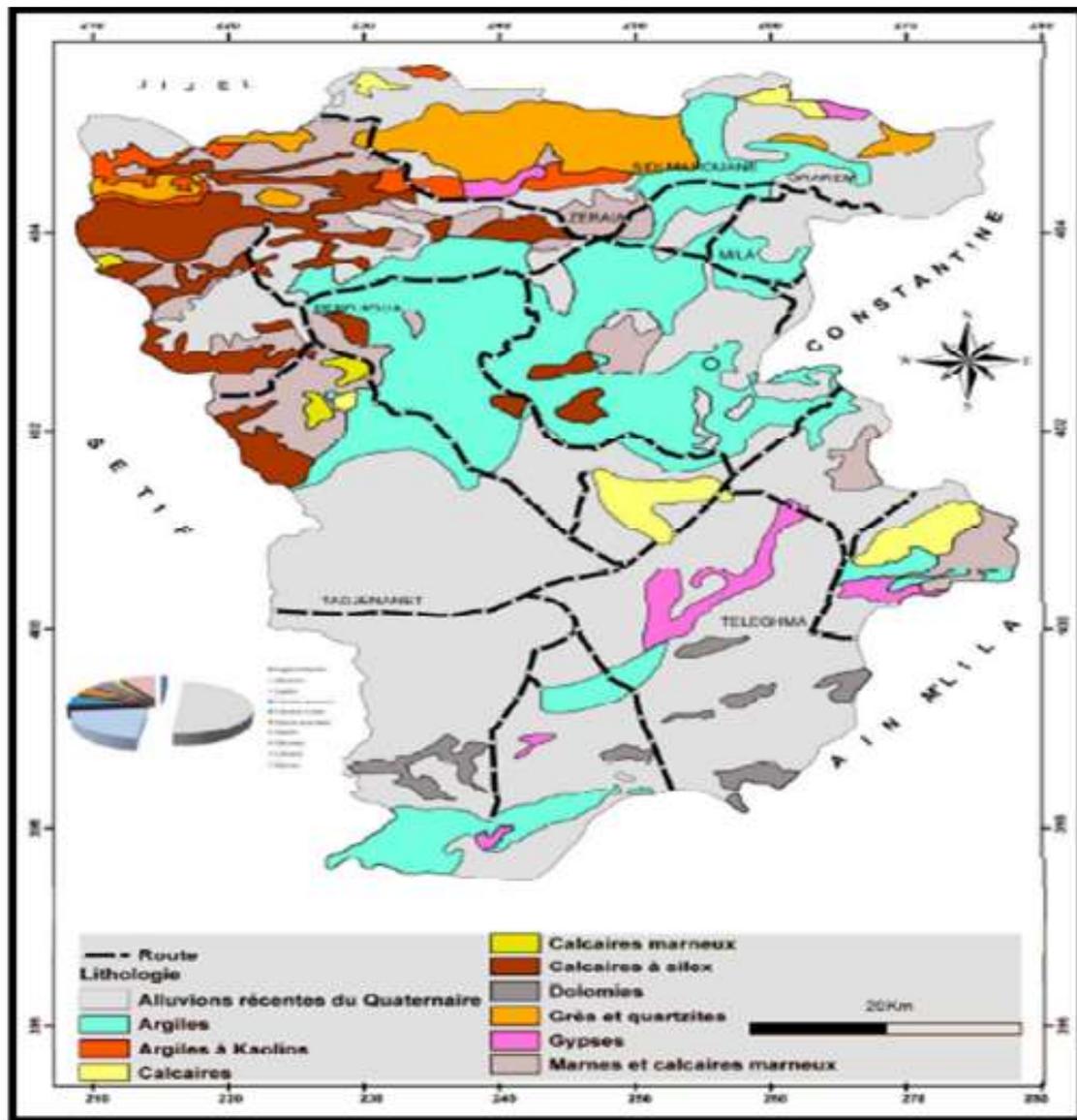


Figure 29: Carte lithologique de la wilaya de Mila (ATMANIA, 2010).

II.1.6. Reliefs

Le relief de la wilaya de Mila est structuré en trois ensembles morphologiques : La partie nord, un ensemble de hautes montagnes, caractérisé par les altitudes très élevées et des pentes excessivement marquées (ANDI, 2013) avec une superficie de 503,90 km² limitée par les montagnes de M'cid Aicha, de Zouagha et de Djebel El Halfa, cette zone est parsemée de pentes abruptes. Quatre principaux sommets des massifs telliens du nord, occupent également cet espace, qui est marqué par l'abondance de précipitation pluviométriques (350 à 700 mm/an) ;

- Les parties Est, Ouest et le centre de la wilaya sont formés de piémont et de collines répartissent sur une superficie de 1216,04 km², ils se caractérisent par les plaines intramontagneuse dans les régions de Ferdjiwa et de Oued Endja, et dont l'altitude atteinte en moyenne 400m. Les collines et piémonts qui couvrent la partie Est présente un relief montagneux désordonné dont l'altitude varie entre 400 et 800 m. La partie Ouest est formée par les hautes piémonts qui sont le prolongement des reliefs tellien ;
- La partie sud s'étale sur une superficie de 1760,60 km² et se caractérise par des pentes douces inférieures à 12, 5 pour cent des altitudes moyenne variant entre 800 et 900 m et des massifs isolés (Seddiki et al, 2013).

II.1.7. Agriculture

La wilaya de Mila est considérée comme l'une des wilayas les plus fructueuse au niveau agricole, du fait de sa diversification de ses terres fertiles valable pour tout type de culture ainsi que le climat dont elle bénéficie, humide au nord, aride à semi-aride au sud, ce qui la rend parmi les wilayas exploratrice dans le domaine de production agricole, elle s'étend sur une superficie totale de 315, 745 hectares, dont 237,557 hectares valable pour l'agriculture avec 45 % pour l'agriculture des follicules environ 1.600248 quintaux (DSA , 2015).

II.1.8. Couverture forestière

Du fait de son occupation permanente du sol, le couvert végétal forestier joue un rôle important dans le maintien de l'équilibre écologique, notamment dans les zones montagneuses où la sensibilité à l'érosion est favorisée par la nature du relief, la fragilité des substratums en place, ainsi que par la fréquence, l'intensité et le caractère torrentiel des pluies (ANDI, 2013).

Le patrimoine forestier de la wilaya de Mila couvre plus de 33.394 hectares représentant 10% de la superficie totale de la wilaya. Les essences dominantes sont le Pin d'Alep, le Chêne liège et le Chêne vert (ANIREF, 2013). Le nord de la wilaya qui fait partie de la petite Kabylie, abrite un massif forestier riche et varié : Forêts de Terai Baïnem, Tassala et Grarem Gouga (ABID, 2014). Elle fait partie de la nappe végétale de l'Est Algérien. Elle porte, essentiellement, les caractéristiques de la forêt méditerranéenne. Elle se constitue d'un peuplement d'un seul étage de type clair avec prédominance de chêne liège.

La superficie de la forêt de Mila est réduite à 8.860 hectares selon les services des forêts de la wilaya. Et un couvert végétal frappé d'une sécheresse sévère : Ce sont des espèces xérophiiles qui poussent sur les monts du nord de la wilaya. Encore, ce sont des formations en dégradation. C'est la forêt méditerranéenne, type clair de chêne vert. Les cicatrices des incendies se voient de

loin sur la forêt d'Arras et de Tassala. Des arbres centenaires qui ont survécu à plusieurs feux. Dans les jours caniculaires le sol est totalement sec. La sécheresse augmente le risque d'incendies et chaque année des dizaines d'hectares qui partent en fumée (Soukehal, 2009).

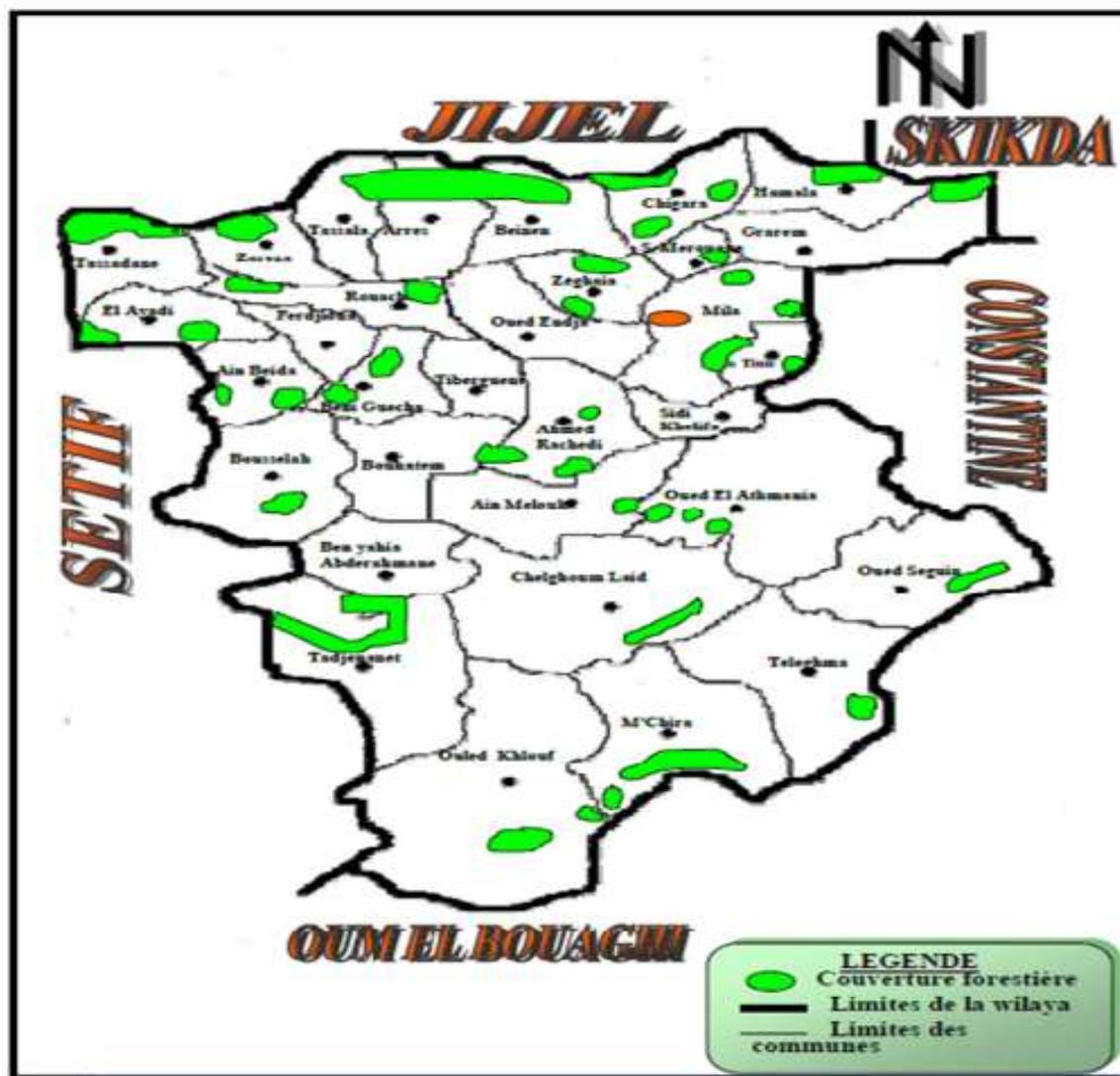


Figure 30 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Mila
(ZOUAIDIA, 2006).

II.1.9. Climatologie

La climatologie est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée (Aissaoui, 2013). Aussi, la bonne connaissance des conditions climatiques de la zone d'étude. Ces données sont consolidées à la carte climatique élaborée par l'ANRH. La wilaya de Mila fait partie du domaine tellien qui caractérisée par un climat subhumide à humide sur les altitudes. Elle reçoit des tranches pluviométriques qui varient entre 600 et 1200 mm/an au Nord, entre 400 et 600 mm/an au centre de la wilaya et moins de 400 mm/an au sud (Belahlou, 2016).

II.2. Stations d'étude

Le cadre de notre étude est représenté par la région de Mila situé au Nord-Est algérien. Les investigations menées se sont étalées sur quatre mois (Juin- Septembre) de l'année 2019. Nous avons prospectés 12 fermes réparties dans 6 communes, à savoir :

- **Mila** : Vieux Mila Marecheau
- **Ain-Tine**: Azzaba
- **Sidi-Khelifa** : Ouled-El-Kayem
- **Ain-Bdaïda- Haïche** : Ain-Bdaïda- Harriche
- **Oude Ndja** : Zeghaïa- ElKribsa
- **Terrai Baynan** : Tassala Lamtai - Amira Arres
- **Tassadan Heddada** : Minar-Zareza
- **Telaghma** : Oued-Seguen

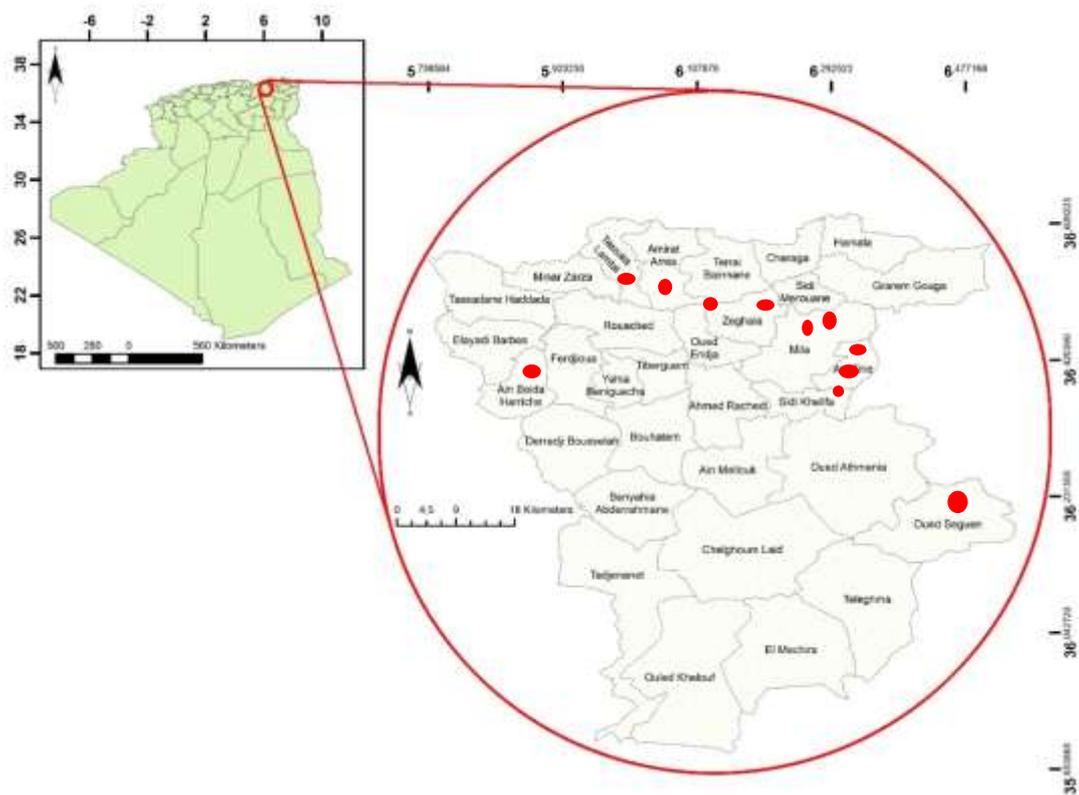


Figure 31: la situation des sites d'étude (www.apcainbeidaharriche.com)

II.3. Technique d'échantillonnage sur terrain

Capture aux pièges lumineux de type «CDC»

Le piège lumineux de types « C. D. C. miniature Light Trap » (OMS, 1975) : est adaptée à la capture des espèces photophiles et est mieux acceptée dans les habitations contrairement aux pièges adhésifs.

Le « C. D. C. miniature Light Trap » : le piège comporte :

- Un moteur assurant le fonctionnement d'un petit ventilateur destiné à entretenir une aspiration continue de faible intensité.
- Au-dessus du ventilateur se trouve une petite ampoule de 0,3 ampère. Le tout est alimenté par quatre piles rondes de 1,5 volt qui sont suffisantes pour assurer un fonctionnement efficace pendant la totalité de la nuit et prévenir ainsi la fuite des *Culicoides* capturés en maintenant la ventilation.
- L'ensemble moteur-ventilateur-lampe se trouve à l'intérieur d'un cylindre transparent en matière plastique dont la partie supérieure est couverte d'un grillage métallique évitant la pénétration des insectes de grande taille et dont la partie inférieure est creusée d'une gorge destinée à l'ajustement de la cage de recueil.
- Une cage recouverte d'un tissu à mailles très serrées dont la partie supérieure vient s'adapter à l'aide d'un élastique à la partie inférieure du cylindre.

La pose des pièges s'est faite selon le protocole établi par **Délecolle et al., (2009)** et suivi par plusieurs auteurs entre autres **Zimmer et al.,(2008, 2009)**, **Dusom (2012)**, **Viennet et Guis (2011)**. Elle consiste à :

- Accrocher le piège à un support d'une hauteur accessible, et d'un 1,50 m de la terre.
- Remplir 1/3 du pot avec de l'eau et mettre 1 à 2 gouttes de savon dans le pot, le détergent jouant le rôle d'un agent mouillant qui empêche les insectes de remonter le long des parois (**Benia, 2010 ; Dusom, 2012**) ou de EDTA qui assure la bonne conservation des spécimens.
- Au final, les adultes récoltés sont conservés dans l'alcool à 90° (**Délecolle et al., 2009**) à l'abri de la lumière évitant de détériorer les ailes, éléments importants dans la diagnose.



Figure 32 : Photographie de piégeage et la récolte des *Culicoides* (cliché personnel)

II.4. Traitement des spécimens au laboratoire

II.4.1. Tri des spécimens

La détermination des *Culicoides* nécessite une connaissance de leur morphologie. La description de la structure de l'hypopygium chez le mâle par exemple n'est pas suffisante. Il est donc indispensable de prendre en considération d'autres caractères afin d'établir une meilleure identification (Délecolle, 1983, 1985).

Nos spécimens capturés par les pièges lumineux sont conservés dans de l'alcool à 90° afin de faciliter le pré- tri (Délecolle et al., 2009, Djerbal et al., 2009, Viennet, 2011).

Le pré tri et le tri qui sont les premières étapes et qui consistent à séparer les *Culicoides* des autres insectes grâce à leur morphologie générale (notamment la taille inférieure à 5 mm et les pièces buccales plus petites que la tête). Par ailleurs, ils sont différenciés des autres Ceratopogonidae grâce à la forme générale du corps, la disposition des nervures allaires (notamment la présence de deux cellules radiales ayant approximativement la même taille et la nervure médiane M2 qui ne touche pas la M1) (Délecolle, 1985 ; Mathieu, 2011).



Figure 33: Tri des échantillons sous la loupe binoculaire (cliché personnel).

II.4.2. Dissection

La dissection et l'observation au microscope des individus ne sont pas toujours nécessaires pour l'identification de routine, elle devient obligatoire pour les *Culicoïdes* dont les critères visibles à la loupe binoculaire ne permettent pas la diagnose. Dès lors, les critères portent sur la taille et la forme de l'appareil génital mais aussi sur le nombre de sensilles coeloconiques situés sur les articles antennaires (Délecolle, 1985).



Figure 34 : la dissection des *culicidés* (cliché personnel)

II.4.3. Identification

C'est une étape qui est délicate et fastidieuse. Elle consiste en la reconnaissance des différentes espèces. Pour ce faire, les insectes sont examinés sous le microscope pour procéder à leur identification. L'identification est basée principalement sur la Clé dichotomique établie par (Délecolle, 1985).



Figure 35: photographie d'une *Culicoides* sous le microscope (cliché personnel)

II.5. Exploitation des résultats par des analyses statistique

Toute investigation scientifique passe par collecte des données et leur interprétation. Dans le présent travail, les résultats obtenus sont exploités grâce à l'examen de la qualité d'échantillonnage, aux indices écologiques et enfin par des analyses statistiques on utilisant le programme SPSS version 19 et XLSTAT version 2022.

II.5. 1. Exploitation des résultats par la qualité d'échantillonnage

La qualité de l'échantillonnage est le rapport du nombre des espèces contactées une seule fois (a) au nombre total de relevés (Nr) (Blondel, 1979). Cela permet d'avoir une précision sur la qualité de l'échantillonnage. Plus le rapport a / Nr est petit, plus la qualité de l'échantillonnage est grande (Blondel, 1979 ; Ramade, 1984). Ce quotient est donné selon la formule suivante :

$$\text{Qualité de l'échantillonnage} = a / \text{Nr}$$

a : est le nombre des espèces d'insectes vues une seule fois en un seul exemplaire durant toute la période des observations dans tous les relevés.

Nr : est le nombre total de relevés.

II.5.2. Exploitation des résultats par les indices écologiques :

Il est question de traiter les résultats grâce à l'emploi d'indices écologiques de composition et de structure.

II.5.2. 1. Richesse totale (spécifique)

La richesse spécifique totale est le nombre d'espèces contractées au moins une seule fois au terme de N relevés effectués. Elle permet de déterminer l'importance numérique des espèces présentes. Celles-ci, plus elles sont nombreuses et plus les relations existant entre elles et avec le milieu seront complexes (**Magurran, 2004**). On appelle richesse spécifique (S) le nombre d'espèces (ou morpho-espèces) présent dans un assemblage. La richesse spécifique n'est cependant qu'une première approche de la diversité, car elle ne tient pas compte des différences entre les effectifs des espèces.

La valeur de la richesse moyenne permet de mettre en évidence l'homogénéité du peuplement. Donc, plus la variance de la richesse moyenne est élevée, plus l'hétérogénéité sera forte. Par contre, si la variance est nulle l'homogénéité est maximale, ce qui signifie que toutes les espèces sont présentes dans chaque relevé.

II.5.2.2. Abondances relatives

La fréquence centésimale (%) est le pourcentage des individus de l'espèce (ni) par rapport au total des individus N toutes espèces comptées (**Faurie et al., 2003**). Elle permet de préciser la place occupée par les effectifs de chaque espèce trouvée dans les biotopes.

Elle s'exprime :

$$AR \% = (ni / Ni) \times 100$$

ni : est le nombre des individus d'une espèce **i** capturée

Ni : est le nombre total des individus de l'ensemble des espèces capturées

II.5.2. 3. Fréquence d'occurrence (Constance) (C %)

La constance (C) est le rapport du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée (Pi) au nombre total de relevés (P), exprimé en pourcentage (**Dajoz, 2006**).

$$C (\%) = \frac{p_i}{P} \times 100$$

C : Fréquence (%)

P_i : Nombre de relevés contenant l'espèce *i*

P : Nombre total de relevés.

Bigot et Bodot (1973) distinguent cinq catégories d'espèces selon leur constance :

C=100% Espèce omniprésente.

50% < 100% Espèce constante.

25% < C < 49% Espèce accessoire.

10% < C < 10% Espèce très accidentelle (sporadique).

II.5.2. 4. Indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon-Weaver est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (**Gray et al., 1992**). Il permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes. Cet indice H' sert à l'étude comparative des peuplements ; car il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon (**Ramade, 2003**). Ainsi, il varie de 0 lorsqu'une seule espèce est présente, à $\log S$ lorsque toutes les espèces ont la même abondance où S est la richesse totale d'espèces (**Dajoz, 2008**).

L'indice de Shannon-Wiener est calculé selon la formule suivante :

$$H' = - \sum P_i \log_2$$

H' : est l'indice de Shannon-Weaver exprimé en unités bits.

P_i : est l'abondance relative de chaque espèce n_i / N_i où :

n_i : est le nombre des individus de l'espèce donnée

N_i : est le nombre total des individus toutes espèces confondues.

Log 2 : est le logarithme à base 2.

II.5.2. 5. Indice d'équirépartition

C'est le rapport entre la diversité observée ou réelle H' et la diversité maximale $H' \text{ max}$. (**Daget, 1976 ; Dajoz, 2008**). Il permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité ne révèle pas. Il se définit selon la formule suivante :

$$E = H' / H' \text{ max}$$

E : est l'équitabilité ou indice d'équirépartition.

H' : est l'indice de diversité de Shannon-Weaver exprimé en bits.

$H' \text{ max}$: est la diversité maximale exprimée en bits.

$$H' \text{ max} = \text{Log } 2 S$$

S : est la richesse totale.

L'équirépartition varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des individus appartenant à la même espèce du peuplement, et elle se rapproche de 1 si toutes les espèces ont la même abondance (**Dajoz, 2008**), il traduit alors un peuplement équilibré (**Legendre, 1979**).

II.5.3. Analyses statistiques

Plusieurs méthodes statistiques sont utilisées pour l'analyse d'une telle évolution. Dans notre étude, les résultats obtenus sont traités par l'analyse factorielle des correspondances (AFC) en utilisant Xlstat version 2022.

Toutes nos données ont fait l'objet d'un traitement statistique grâce à un tableur Excel 2013 (graphes et courbes). Pour étudier l'impact des facteurs environnementales (facteurs climatiques, altitude) sur la population des Culicoidienne, nous avons procédé à un test de corrélation et ce en utilisant le logiciel SPSS version 19.

Les données climatiques nécessaires à la réalisation de cette étude ont été fournis à partir de la station météorologique de Ain Tin, Il s'agit des données météorologiques relatives à la wilaya de Mila concernant quatre paramètres climatiques qui sont : la température moyenne, la précipitation totale et l'humidité moyenne.

Chapitre III :

Résultats et Discussion



III.1. Inventaire faunistique des *Culicoïdes* capturées dans la région de Mila

III.1.1 Liste des *Culicoïdes* répertoriées dans la région de Mila

L'inventaire de la faune Culicoidienne dans la région de Mila est déroulé sur une période de 4 mois (Juin - Septembre 2019). Il a permis de récolter un totale de 574 spécimens. Nous avons dénombré 10 espèces appartenant au genre *Culicoïdes* et 6 sous-genres : *Avaritia*, *Culicoïdes*, *Beltranmyia*, *Selfia*, *Sensicullicoides* et *Oecacta* (tableau 3, figure 36).

Tableau 3: Liste globale des espèces de *Culicoïdes* récoltées dans la région d'étude

Genre	Sous- genre	Espèces
<i>Culicoïdes</i>	<i>Avaritia</i>	<i>C. imicola</i>
		<i>C. obsoletus complex</i>
	<i>Beltranmyia</i>	<i>C. circumscriptus</i>
	<i>Culicoïdes</i>	<i>C.newsteadi</i>
		<i>C. fagineus</i>
	<i>Selfia</i>	<i>C. odiatus</i>
	<i>Sensicullicoides</i>	<i>C. gejjelensis</i>
	<i>Oecacta</i>	<i>C.longipennis</i>
<i>C. simulator</i>		
<i>C. kurensis</i>		

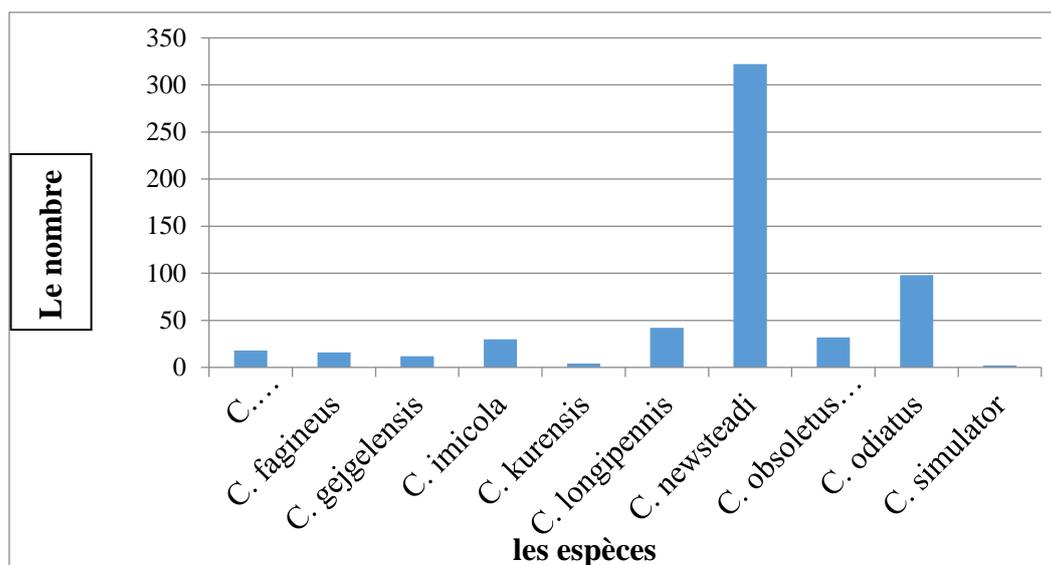


Figure 36 : Histogramme représentant la totalité d’espèces des Culicoïdes récoltées

La figure 36 révèle les différentes espèces récoltées lors de notre échantillonnage dans toutes les stations de capture. En termes de nombre, il est important de noter que l’espèce la plus répandue est *C.newsteadi* avec 322 individus, suivit par *C. odiatus* avec 98 individus et *C. longipennis* avec 42 individus. Remarquons que *C. imicola* vecteur potentiel de la Bleutongue est faiblement fréquent dans notre région d’étude avec 30 individus.

III.2. Répartition des *Culicoïdes* selon les sous genre.

Tableau 4 : Répartition des Culicoïdes collectées selon les sous genres.

Sous genre	espèce	Pourcentage
<i>Avaritia</i>	<i>C. imicola</i>	5.22%
	<i>C. obsoletus complex</i>	5.75%
<i>Beltranmyia</i>	<i>C. circumscriptus</i>	3,13%
<i>Culicoïdes</i>	<i>C. newsteadi</i>	56.0.9 %
	<i>C. fagineus</i>	2.78 %
<i>Oeacta</i>	<i>C.longipennis</i>	7.31%
	<i>C. simulator</i>	0.34%
	<i>C. kurensis</i>	0.69%
<i>Selfia</i>	<i>C. odiatus</i>	17,07%
<i>Sensicullicoides</i>	<i>C. gejgelensis</i>	2,09%

Si l'on tient compte les abondances des sous genres, la figure 37 montre que le sous genre *Culicoïdes* domine la récolte (58.88%) ; par contre celui de *Avaritia* est représentée par 2 espèces (26,22 %). Les autres sous genre à savoir *Selfia* (17,07%) *Oecacta* (8.36%), *Beltranmyia* (3,13 %), et *Sensicullicoides* (2,09%) ont une seule espèce chacun

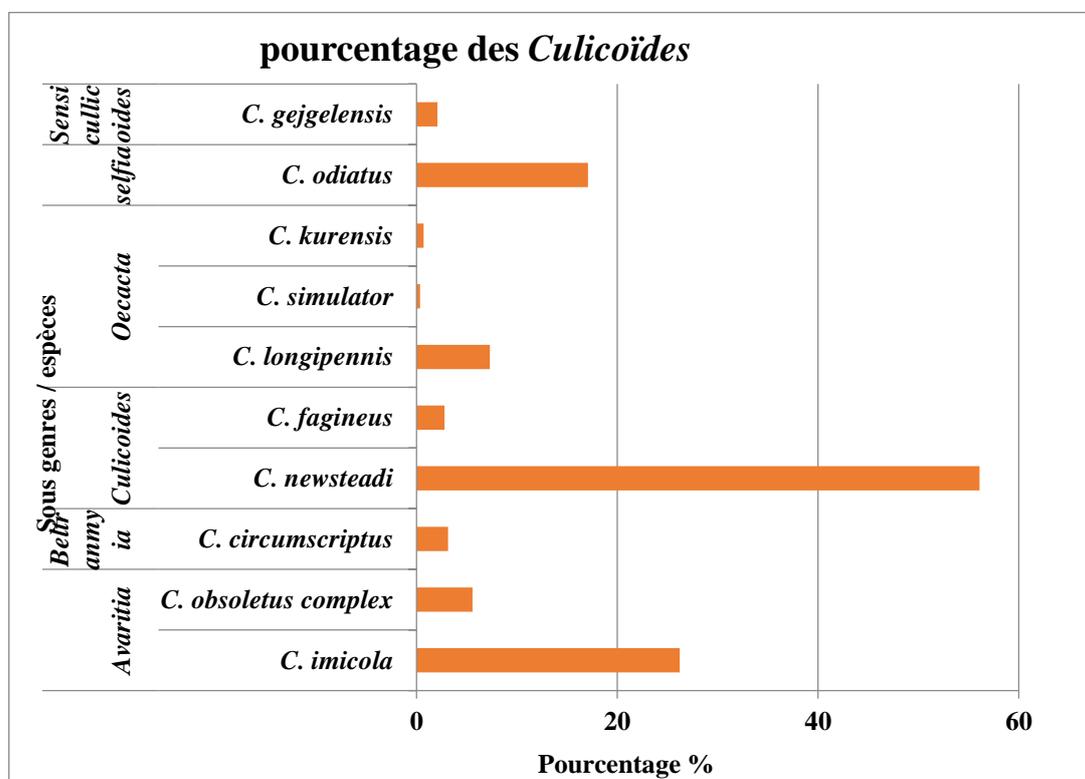


Figure 37 : Pourcentage des *Culicoïdes* collectées selon le s/genre et espèces

▪ Discussion

La richesse en espèces représente moins de la moitié de la diversité des *Culicoïdes* algériens (59 espèces) (Belkharchouche, 2021). La collection de 10 espèces dans une petite région indique une grande richesse en espèces, cette richesse s'explique par la capacité d'adaptation de chaque espèce recensée vis-à-vis de l'étage bioclimatique semi-aride, par le type de piégeage et par le fait que les pièges n'ont pas été placés dans leurs habitats naturels. Les types de biotopes prospectés lors de notre échantillonnage ; ciblant les milieux péri-urbains et ruraux plus que les milieux urbains, ainsi les étables plus que les végétations et les habitations.

III.3. Répartition des *Culicoïdes* selon le sexe

La répartition des *Culicoïdes* capturés est illustrée dans le tableau 5 et la figure 38

Tableau 5: Evolution temporelle des *Culicoides* récoltées selon leur sexe.

Mois station	♀	♂	total
Azzaba	32	0	32
ElKribsa	4	0	4
Ain-Tine	198	0	198
Ain-Byaida- Harriche	34	0	34
Zeghaia	6	0	6
Tassala- Lamtai	8	2	10
Amira-Arres	128	0	128
Minar-Zareza	0	0	0
Marecheau	51	3	54
Ville Mila	22	0	22
Ouled-El-Kayem	2	0	2
Oued-Seguen	84	0	84
Total sexe	569	5	574

Le tableau 5 montre que la récolte est nettement dominée par les espèces femelles durant toute la période d'échantillonnage. En effet, l'effectif des femelles est de 569 contre 5 mâles.

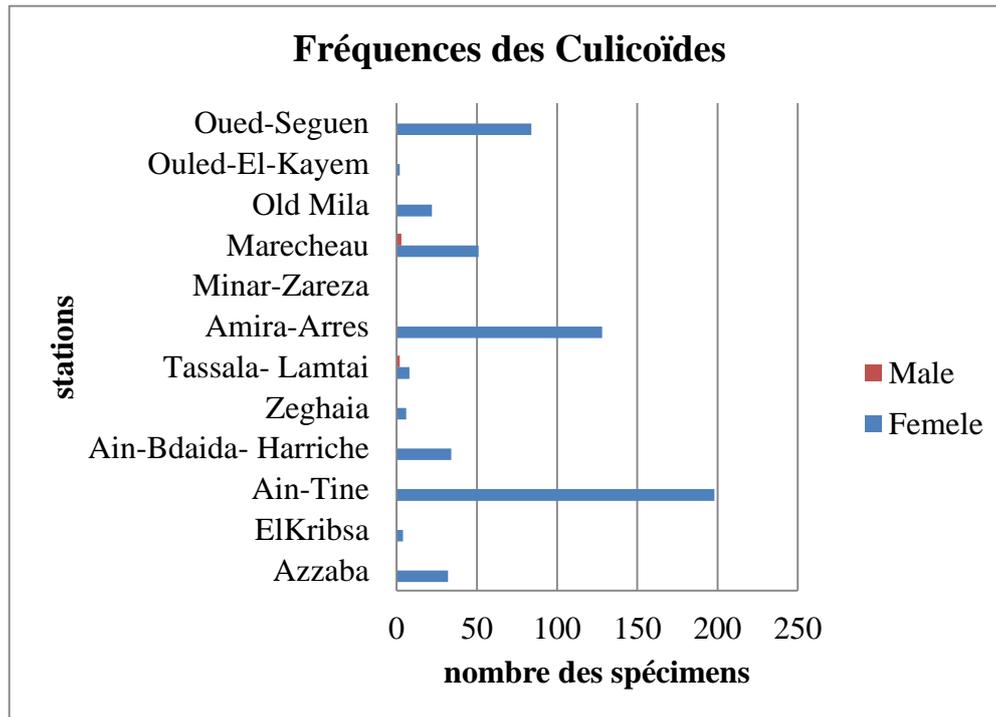


Figure 38: Répartition temporelle des *Culicoïdes* collectées selon leur sexe.

- **Discussion**

L'échantillonnage des *Culicoïdes* par le piégeage lumineux montre une prédominance des femelles vis-à-vis des mâles (574: 569 femelles, 5 mâles). Cette abondance peut s'expliquer par la différence de régime alimentaire entre les deux sexes. Les mâles sont floricoles, ils se nourrissent du nectar et du suc des végétaux, ils se retrouvent alors près du sommet des arbres ou de la végétation. Cela explique la faible abondance des mâles au niveau des pièges lumineux disposés à une hauteur de 1m50. Quant aux femelles hématophages, elles se rencontrent le plus souvent près du sol, à proximité du bétail où le piège lumineux est disposé. Ces résultats corroborent ceux obtenus par **Zimmer et al., (2009)** qui ont signalés que plus de 87% des femelles capturées en prairie et plus de 99% récoltées dans une ferme. **Josué Martinez et al., (2012)** comptent dans leur étude effectuée en Espagne, un nombre élevé de *Culicoïdes* femelles (491) contre un effectif de 8 mâles appartenant aux *C. obsoletus*. Cette même observation est signalée en France par **Viennet et Baldet (2012)**.

III.4. Répartition spatiale des *Culicoïdes* dans la région de Mila

Les effectifs des espèces de *Culicoïdes* récoltés dans chaque station d'étude pendant la période d'échantillonnage sont illustrés dans la figure 39.

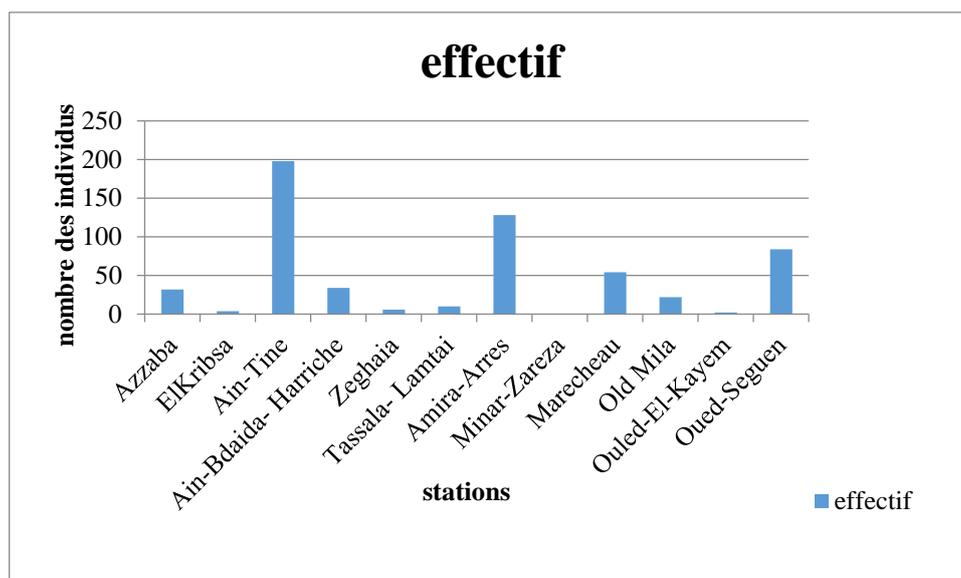


Figure 39 : Distribution stationnelles des *Culicoïdes* récoltées

Les résultats portés cette figure montrent une inégalité de répartition des différentes espèces dans les 12 stations d'étude. L'espèce majoritairement présente est *C.newsteadi* dans chaque station. Elle présente un effectif de 170 individus dans la station d'Ain-Tin et de 78 dans la station de Oud –Seguen, un effectif de 30 individus est notée dans la station de Azzaba et 20 dans la station de Amira –Arras. Dans la station de Marechou cette espèce est représentée par 10 individus. Elle est suivie par *C.odiatus* avec 90 individus dans la station d'Amira Arras, 4 dans la station de Vieux Mila et El Kribsa. *C. longipennis* avec 28 individus dans la station de Marechou, 12 individus dans la station de la Vielle Mila, et 2 individus à Azzaba.

▪ Discussion :

La station d'Aine-Tine est la plus riche en individus de *Culicoïdes*. Le présent inventaire fait état de 198 individus, avec une prédominance de *C.newsteadi* suivie de *C.imicola*. Cette richesse serait due à différents paramètres de développement et d'émergence que ce soit climatique, géographique ou environnementaux. Citons encore le choix des lieux d'étude qui sont des exploitations du bétail où il regroupe plusieurs facteurs tels que la présence d'animaux, les cours d'eau et abreuvoirs, des substrats humides, les fumiers et bouses des bovins, la végétation et arbres (Zimmer et al., 2008) formant ainsi, les milieux préférés soit pour son développement larvaire soit pour son repos pendant la journée (Zimmer, 2007). De plus, la situation géographique de cette station pourrait être en cause (zone suburbain bien habitée par des populations humaines).

La plus faible richesse en individus capturés est enregistrée au niveau de la station de Ouled-Elkayem par 2 individus appartenant à l'espèce *C.newsteadi*. Le faible rendement de capture est signalé par **Chaker et al., (2005)** en Tunisie au cours d'un inventaire entomologique mené dans un même type de ferme. Outre de ceux de **Chaker et al., (2005)**, C'est le cas également des travaux de **Brahmi et al., (2011)** lesquels signalent que 2 espèces. Quant aux résultats obtenus par **Moulai et al., (2010)** sur une étude d'analyse de la diversité entomologique des milieux insulaires de la région de Jijel aucun spécimen de *Culicoides* n'a été récolté.

III.5. Répartition temporelle des *Culicoides* récolté dans la région de Mila

L'étude de l'évolution temporelle des espèces des *Culicoides*, toutes espèces et stations confondues, est consignée dans le tableau 6 et la figure 40

Tableau 6 : Répartition temporelle des *Culicoides* récoltés pendant la période d'étude

mois	Juin	Juillet	Aout	Septembre
Nombre des spécimens	274	138	76	88

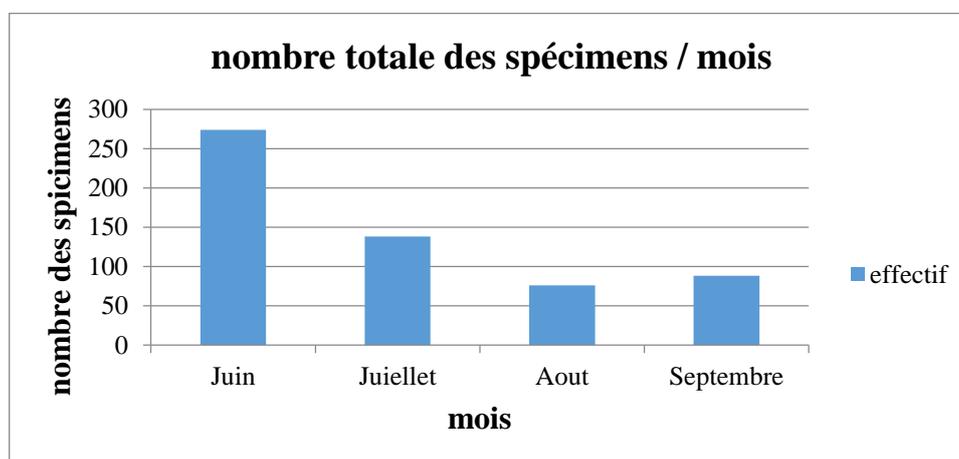


Figure 40 : Répartition temporelle des *Culicoides* récolté dans la région de Mila.

Les résultats de la figure 37 mettent en évidence la répartition mensuelle dans le temps des espèces récoltées dans toutes les stations d'étude. On constate nettement une diminution des effectifs d'espèces durant les 4 mois d'étude, allant de 274 individus au mois de Juin à 138 individus au mois de Juillet jusqu' à 76 individus au mois d'Aout puis une légère augmentation est perçue au mois de Septembre avec 88 individus.

▪ Discussion :

Concernant l'abondance des *Culicoïdes* en fonction des mois, nos résultats révèlent qu'elles sont plus abondantes pendant le mois de Juin (274 individus). Contrairement aux études de **Belkharchouche (2014)** qui a enregistré la plus abondance pendant le mois d'Avril, elle a expliqué cette abondance importante en Avril par l'installation durablement dans la région d'étude de peuplement des *Culicoïdes* recensé pour passer l'hiver comme il a été décrit par **Bladet et al., (2003)**. Nous avons pu constater par conséquent qu'il y a deux générations larvaires l'une de printemps et l'autre d'été. De la première génération issue les premiers imagos qui donnent naissance à deux types de larves, l'une constitue la génération d'été et l'autre entre en première diapause larvaire estivo-hibernation. Tandis que la génération d'été est moins importante que celle de printemps et parfois peut être inexistante. La levée de diapause d'été s'effectue vers la fin de l'hiver suivant.

Par ailleurs, les conditions climatiques jouent un rôle non négligeable, il est à noter que les variations climatiques en été (température est de 25°C en Juin à 17°C en Septembre, pluviométrie importante en Septembre et nulle en Juin) pourraient être défavorables au développement larvaire de ces espèces. Certes, que la température modérée favorise la ponte, mais dans notre cas l'augmentation de la température moyenne avec la diminution de taux d'humidité (0 mm enregistré en Juin et Juillet) influe nettement sur l'activité des adultes notamment sur leur fécondité dont le nombre d'œufs sera moins important, les stades larvaires seront plus courtes ce qui favorise le raccourcissement de la durée de vie des adultes, cela valide les résultats de **Rieb (1982)**.

III.6. Analyses écologiques :

III.6.1. Qualité d'échantillonnage

Les seules espèces vues une seule fois, en un seul exemplaire (a) au cours de 4 mois d'étude sont *C. simulator* dans la station d'Oude-Seguen et *C. fagineus* dans la station d'Amira-Arras. Le quotient a / N autrement dit la qualité de l'échantillonnage est de 0,003. Le résultat de ce quotient indique une bonne qualité pour l'ensemble des stations d'études.

▪ Discussion

Etant donné que notre échantillonnage a touché l'ensemble des communes d'études sur 2 saisons de collecte ; le recensement de deux espèces des *Culicoïdes* ; une seule fois ; durant la période

d'étude ; démontre que la qualité d'échantillonnage est très satisfaisante. Toutes fois, il serait nécessaire de faire d'avantage des relevés sur de divers biotopes pour toutes les communes.

III.6.2. Indices écologiques

Les résultats concernant les captures des Culicoïdes sont exploités par des indices écologiques.

III.6.2.1. Richesses spécifiques des espèces de *Culicoïdes* capturées

La richesse spécifique des espèces de *Culicoïdes* dans chaque station est mentionnée dans le tableau 7

Tableau 7 : Répartition spatiale de la richesse spécifique des *Culicoïdes* recensées.

Station espèce	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
<i>C. circumscriptus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<i>C. fagineus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>C. gejjelensis</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>C. imicola</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>C. kurensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>C. longipennis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>C. newsteadi</i>	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>C. obsoletus complex</i>	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>C. odiatus</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>C. simulator</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
total	2	1	3	2	1	2	4	0	4	5	1	4

(S1 : Azzaba , S2 :El-kribsa , S3 :Ain-tin ,S4 : Ain-Bdaïda- Harriche, S5 : Zeghaïa, S6 : Tassala-Lamtai ,S7 : Amira-Arres, S8 : Minar-Zareza, S9 : Marecheau ,S10 : Vieux Mila ,S11 : Ouled-El-Kayem, S12 : Oued-Seguen).

▪ Discussion

En termes de richesse, la station de la Vieux-Mila s'est révélé être la plus riche avec 5 espèces, est suivie par la station de Oud-Seguen et Amira-Arres avec 4 espèces, puis la station d'Ain-Tin avec 3 espèces. Les faibles richesses sont enregistrées dans la station azzaba, Ain-Elbida-Harriche et Tassala-Lamtai (2 espèces) et celle d'El-Kribsa ,Zeghaya et Ouled-Elkayem

(espèces). La pauvreté en espèces s'explique par le fait qu'au cours des mois de piégeage, les facteurs abiotiques (à savoir une basse humidité, fortes températures, vents violents...) ont favorisé la diminution ou l'absence d'espèces, ou bien au mal placement des pièges lors des captures. On peut suggérer aussi que le facteur altitude des stations influence sur la présence d'espèces. Par contre, la richesse importante s'explique par plusieurs facteurs biotiques (température, humidité...) et abiotiques (richesse floristique, matière organique, les eaux stagnantes...) qui favorisent aux adultes le bon déroulement de leurs activités : la fécondité, la ponte, la nourriture, le vol et la prolifération (Zimmer et al., 2009).

III.6.2.2. Abondances relatives des espèces récoltées dans la région de Mila

L'inventaire global des espèces de *Culicoïdes* capturées dans la région de Mila nous a permis de calculer les fréquences relatives des différentes espèces toutes stations confondues durant toute la période d'étude. Elles sont rassemblées dans la figure 41

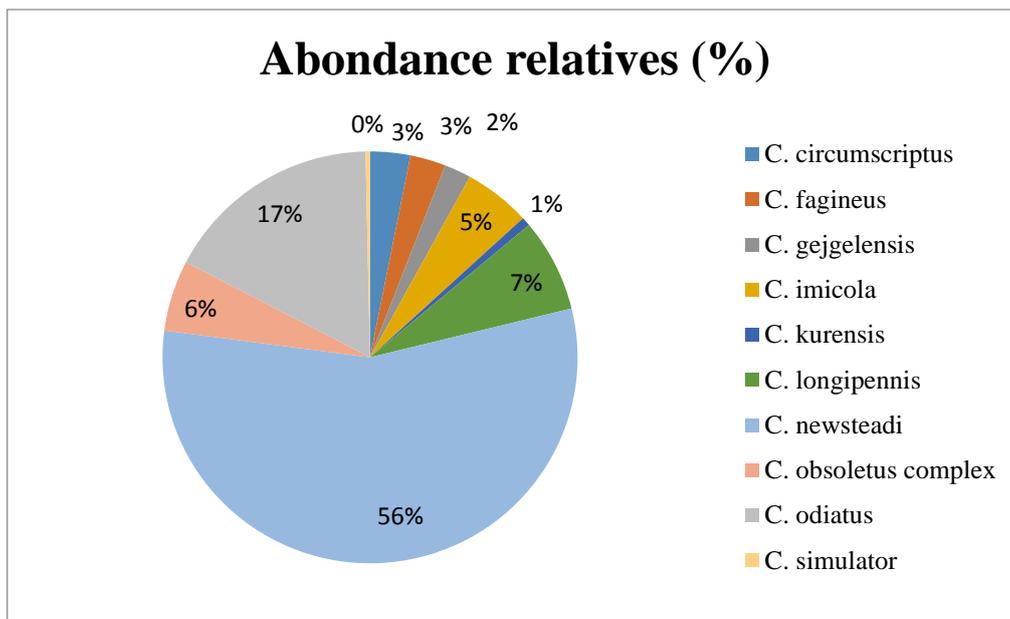


Figure 41 : Abondances relatives des *Culicoïdes* récoltées pendant la période d'étude.

Il y a lieu de noter que la figure 38 montre pour l'ensemble des stations que l'espèce *C. newsteadi* est la mieux représentée avec un taux de (56.09) %. Elle est suivie de *C. odiatus* avec un pourcentage de (17.07%). *C. longipennis* avec (7,31 %). *C. obsoletus complex* (5.57%). et *C. imicola* (5.22%)

Les espèces les moins fréquentes sont *C. circumscriptus* (3.13 %), *C. fagineus* (2.78%), *C. gejjelensis* (2.09 %), Les autres espèces sont très faiblement représentées, leurs fréquences relatives varient entre 0.70 et 0.30 (*C. kurensis* (0.69 %), *C. simulator* avec (0.34%)).

III.6.2.2.1. Abondances relatives des *Culicoïdes* les mieux représentées

Les résultats obtenus concernant l'abondance relative des espèces les plus représentées, selon la station et le mois de captures sont regroupés respectivement dans le tableau 8.

Tableau 8 : Abondances relatives stationnelles des espèces des *Culicoïdes* les plus représentatives.

Station \ Espèce	<i>C. newsteadi</i>	<i>C. odiatus</i>	<i>C. longipennis</i>	<i>C. obsoletus complex</i>	<i>C. imicola</i>
Azzaba	93,75%	0	6,25%	0	0
Ain-tin	85,85%	0	0	1,01%	12,12%
El-kribsa	0	100%	0	0	0
zghaya	100%	0	0	0	0
Amira-arras	15,62%	70,31%	0	1,56%	0
Vielle Mila	9,09%	18,18%	54,54%	0	9,09%
marechou	18,51%	0	51,85%	0	7,40%
Ain-Bdaïda-Harriche	11,76%	0	0	64,70%	0
Tassala-Lamtai	0	0	0	0	0
Minar-Zareza	0	0	0	0	0
Ouled-El-Kayem	100%	0	0	0	0
Oued-Seguen	92,85%	0	0	0	0

L'examen du tableau 8 révèle que parmi les 10 espèces de *Culicoïdes* récoltées, seulement 5 *Culicoïdes* sont les plus fréquentes dans les 13 stations de piégeages (leur effectif est ≥ 30 individus). Notons que *C.newsteadi* est toujours l'espèce la plus abondante avec un taux de 100

% dans la station de zghaya et Ouled-el-kayem, 93.75 % dans la station d’Azzaba, 92.85 % au niveau d’Oud-seguen. 85.85% et < a 50% dans les autres stations (18.51% au niveau de Marechou ,15.62% à Amira-Arras, 11.76% à Ain-Bida-Harrich et 9.09% dans la station de la Vieux–Mila).

Elle est suivie par *C.Odiatus* qui est représentée par 100% au niveau de la station d’El-kribsaa 70.31% à Amira-Arras et 18.18% dans la station de la Vielle-Mila. On note l’absence totale de cette espèce au niveau des autres stations.

C.longipennis est noté uniquement dans trois stations, 54.54% et 51.85 au niveau de la Vieux-Mila et Marrechou et 6.25% dans la station d’Azzaba.

L’espèce *C. obsoletus complex* est abondante dans la staion d’Ain-Bida-Harriche avec 64.70% contrairement aux stations d’Amira-Arras et Ain-Tin ou elle est faiblement abondante par 1,56% à Amira-Arras et 1,01% à Azzaba.

Les fréquences relatives de l’espèce *C.imicola* sont faibles et noter seulement au niveau de trois stations des lesquels Ain-Tin avec 12,12%, Vieux-Mila avec 9,09% et Marrechou avec 7,40%.

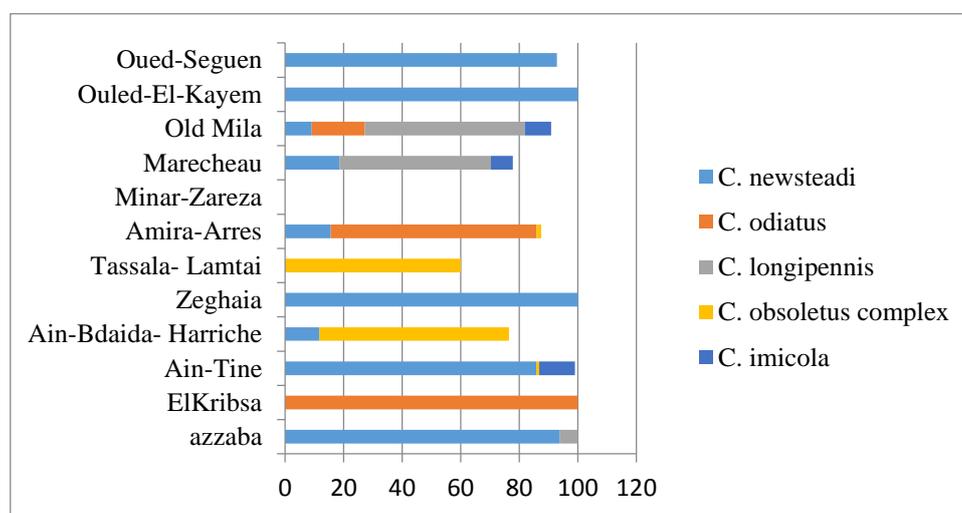


Figure 42 : Répartition stationnelles des espèces des *Culicoides* les plus représentatives.

Tableau 9 : Abondances relatives saisonnières des espèces des *Culicoïdes* les plus représentatives

	<i>C. newsteadi</i>	<i>C. odiatus</i>	<i>C. longipennis</i>	<i>C. obsoletus complex</i>	<i>C. imicola</i>
Juin	65,21	4,08	4,76	75	80
Juillet	5,27	91,83	0	25	0
Aout	3,72	4,08	95,23	0	20
septembre	24,84	0	0	0	0

L'examen du tableau 9 révèle que *C. newsteadi* présent durant toute la période d'étude avec des taux relativement importants. Concernant, *C. odiatus*, *C. longipennis*, *C. obsoletus complex* et *C. imicola* c'est en été avec des fréquences relatives importantes.

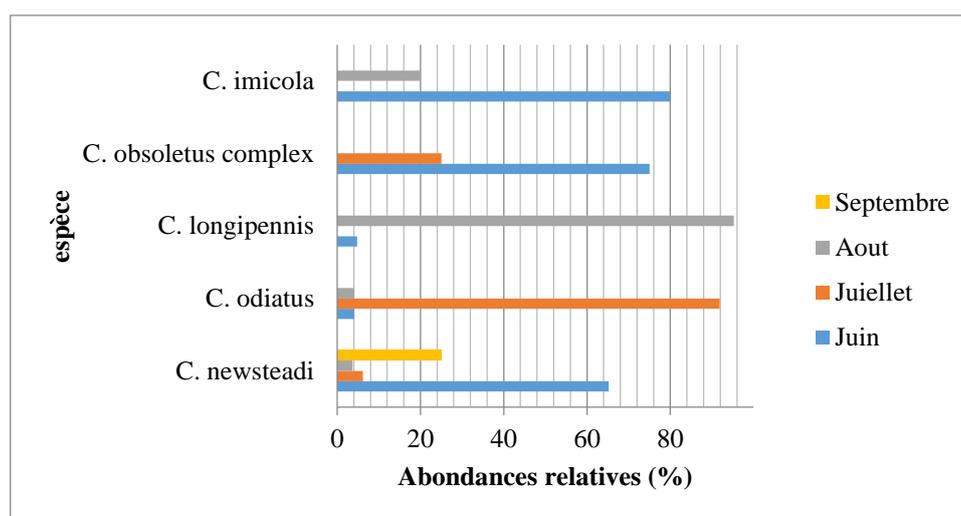


Figure 43 : Abondances relatives saisonnières des espèces des *Culicoïdes* les plus représentatives

▪ **Discussion :**

L'analyse des fréquences centésimales calculées dans les 12 stations d'étude font ressortir les espèces les plus représentatives.

On remarque que *C. newsteadi* est incriminée dans la transmission de la BT. Cette espèce est représentée dans tous les sites de captures, avec un taux global de 56.09 %.

Cette dominance concorde avec les résultats obtenus par **Cêtre-Sossah et al., (2004)** dans le bassin méditerranéen au cours de la surveillance de l'extension des différentes espèces de *Culicoides* entre Avril et novembre 2002, qui énumèrent 8 espèces avec la dominance de *C.newsteadi*

La présence de *C. newsteadi* dans 9 sites et durant quatre mois de l'année (Juin à Septembre) s'expliquerait probablement par le fait que ce vecteur suspect de la FCO a été installé durablement dans cette région avec plusieurs générations d'adultes se succédant au cours de la saison.

C.obsoletus est l'un des principaux vecteurs probables de la FCO dans le nord d'Europe et en Afrique du nord (**Jones, 1961 ; Kremer, 1965 ; Zimmer et al., 2008 ; Ninio et al., 2011 belkharchouche 2021**). Signalons également, que ce sont des espèces précoces ayant une longue période de vol, son apparition est généralement mi-avril pour disparaître début novembre (**Rieb, 1982**). A l'instar de ces résultats, cette espèce est présente dans toutes les stations d'étude avec un taux global de 5% de totales de captures. En revanche, à titre d'abondances relatives par ferme, *C.obsoletus* est moins fréquente dans la station de la Vieux-Mila et de Ain-Tin avec des taux respectifs de 1.56% et 1.01%. Elle est largement représentée dans la station de Ain-Elbida-Harriche avec 64.75 % Il semblerait que cette différence serait due à plusieurs facteurs climatiques et géographiques, mais aussi à leurs comportements trophiques ; car ces espèces sont liées à l'élevage où leurs gîtes larvaires étant à l'intérieur des étables à proximité des ruminants comme il a été montré par **Zimmer et al., (2009)**.

C.imicola est le principal vecteur afro-asiatique et européen responsable de la maladie de la langue bleue et autres pathogènes arbovirus d'importance médicale (**Du Toit, 1944 ; Mellor et al., 2000 ; Zientara et al., 2000 ; Délecolle et al., 2002 ; Zimmer et al., 2009**). Il est évident de noter que *C .imicola* est une espèce nocturne mamophile et principalement exophage (**Barnard, 1997 ; Meiswinkel et al., 2000**). Ils préfèrent comme hôtes les ruminants sauvages et domestiques (ovins, bovins, caprins) (**Braverman et al., 1971; Nevil et Anderson, 1972**) et les équidés (**Névil, Anderson, 1972**), mais en absence de ces hôtes préférentiels, il est capable de se gorger sur les oiseaux : ornithophiles (**Braverman et al., 1977**). En termes d'abondances, dans nos récoltes, l'absence de cette espèce dans les stations de azzaba, El-Kribssa, Zeghaya, Amira-Arras, ain-Bda-Harrich, Tassala-Lemtai, Minar-Zareza, Ouled-Elkayem et Oude-Seguen. En outre, il ne représente que 12,12% dans la station de Ain-tin ,9.09% dans la station de la vieille-Mila et 7.40% dans la station de Marechou .Cette espèce est connue par sa large

distribution en Afrique et fortement associée aux élevage des bovins et chevaux (**Gerbier et al., 2005**). Il est probable que sa présence dans les trois stations est liée à la disponibilité de différents animaux (bovins, ovins, caprins et équidés) sur ce site. Les présents résultats coïncident avec ceux de **Djrbal, Délecolle et al., (2003,2006)** au cours de leurs échantillonnage dans le cadre de la surveillance épidémiologique de la bluetongue en Algérie. Ils ont collectés 22 espèces sans aucun spécimen de *C.imicola* dans les départements du sud algérien à l'opposé des régions du nord où ils ont piégés un nombre important de *C.imicola*. Cette surveillance entomologique signale que *C.imicola* est abondant dans le nord et le centre Algérien, et absent dans les régions sud du désert ; où le cheptel peut s'infecter par d'autres espèces de *Culicoides* (**Djrbal et al., 2009**). **Braverman et al., (1974)** indiquent que cette espèce est la plus abondante tant qu'elle est le vecteur majeur impliquée dans la transmission de la FCO. Mais aussi, corroborent ceux de **Dusom (2012)** qui n'en a recensé que 3,21% pour l'espèce *C.imicola*. Les travaux de **Zientara et al., (2009)** effectués à l'île de Corse rapportent par contre la présence de *C.imicola* sur toute la zone prospectée. Cette fréquence faible du vecteur principal de la FCO va de pair avec l'absence de signes cliniques et/ou sérologiques positives pour la FCO, comme le signal la situation épidémiologique de la bluetongue à travers le territoire de cette province (**DSA, 2014**)

III.6.2.2.2. Abondances relatives des espèces des *Culicoïdes* récoltées selon leur sexe.

Les valeurs de l'abondance relative des espèces des *Culicoïdes* récoltées dans les stations d'étude au cours de la période d'échantillonnage selon leur sexe sont consignées dans le tableau 10.

Tableau 10 : Abondances relatives stationnelles des espèces recensées selon leur sexe.

Sites	Femelle	Male	total	AR% femelle	AR% Male
Azzaba	32	0	32	100%	0%
ElKribsa	4	0	4	100%	0%
Ain-Tine	198	0	198	100%	0%
Ain-Bdaïda- Harriche	34	0	34	100%	0%
Zeghaïa	6	0	6	100%	0%
Tassala- Lamtai	8	2	10	80%	20%
Amira-Arres	128	0	128	100%	0%
Minar-Zareza	0	0	0	0%	0%
Marecheau	51	3	54	94,44%	5,55%
Old Mila	22	0	22	100%	0%
Ouled-El-Kayem	2	0	2	0%	100%
Oued-Seguen	84	0	84	100%	0%
total	569	5	574	99.12%	0.87%

Le tableau 10 montre que dans l'ensemble des stations et durant toute la période de captures, le pourcentage des femelles est plus élevé (99.128%) que celui des mâles (0.871%).

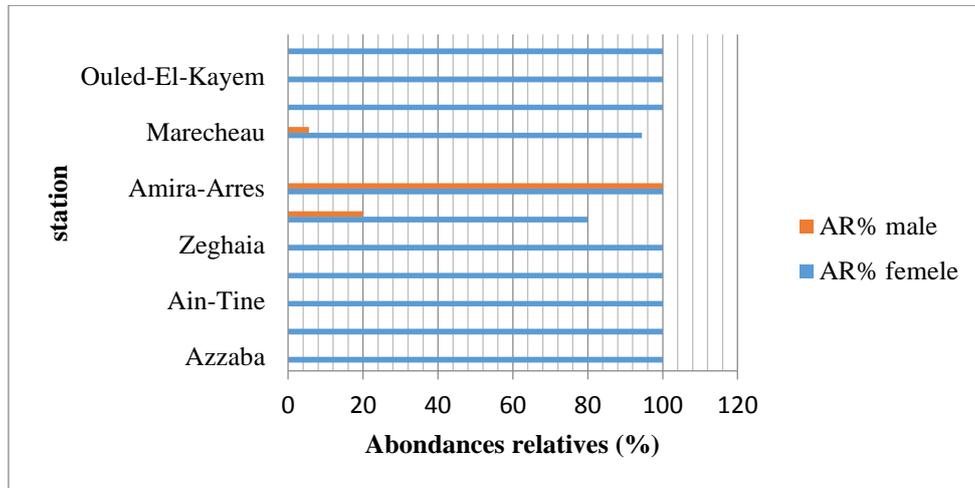


Figure 44 : Abondances relatives stationnelles des espèces recensées selon leur sexe.

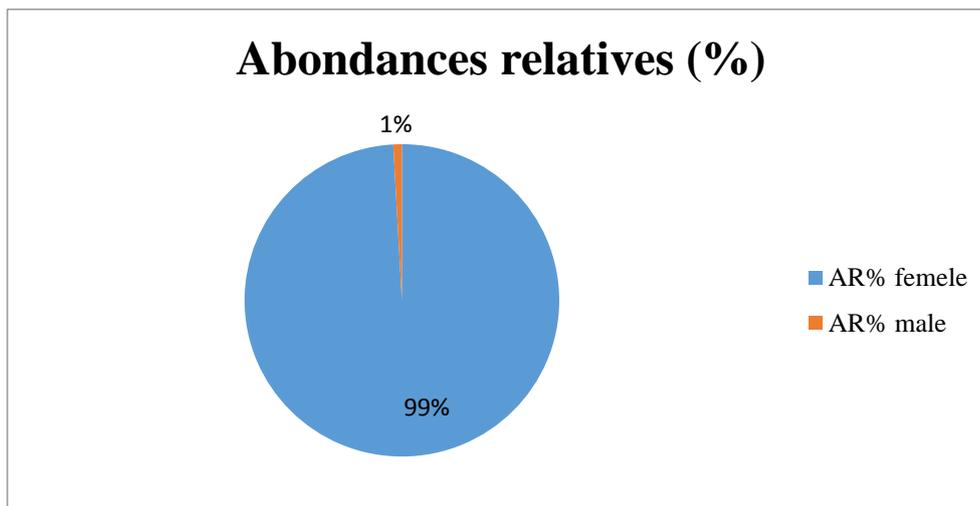


Figure 45 : Abondances relatives globales des Culicoïdes mâles et femelles.

▪ Discussion :

L'échantillonnage des *Culicoïdes* par le piégeage lumineux montre une prédominance des femelles vis-à-vis des mâles (574: 569 femelles soit 99.12 %, 5 mâles soit 0.87 %). Cette abondance peut s'expliquer par la différence de régime alimentaire entre les deux sexes. Les mâles sont floricoles, ils se nourrissent du nectar et du suc des végétaux, ils se retrouvent alors près du sommet des arbres ou de la végétation. Cela explique la faible abondance des mâles au niveau des pièges lumineux disposés à une hauteur de 1m50. Quant aux femelles hématophages, elles se rencontrent le plus souvent près du sol, à proximité du bétail où le piège lumineux est disposé. Ces résultats corroborent ceux obtenus par **Belkharchouch (2014)** qui ont signalés

que plus de 95 % des femelles dans des fermes. **Josué Martínez et al., (2012)** comptent dans leur étude effectuée en Espagne, un nombre élevé de *Culicoïdes* femelles (491) contre un effectif de 8 mâles appartenant aux *C. obsoletus*. Cette même observation est signalée en France par **Viennet et Baldet (2012)**.

III.6. 3. L'indice de Shannon- Weaver et l'indice d'équitabilité

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), la diversité maximale (H' max) et l'indice d'équitabilité (E) appliqués aux espèces des *Culicoïdes* récoltées dans les stations d'étude sont calculés et rapportés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon- Weaver (H'), de l'indice de la diversité maximale (H' max) et l'indice d'équitabilité des espèces des *Culicoïdes*.

station \ indice	H'	H max	E%	Effectifs
S1	0.173	0.693	24.53	32
S2	0.030	0	0	4
S3	0.210	1.09	19.26	198
S4	0.220	0.693	31.74	34
S5	0.047	0	0	6
S6	0.082	0.693	11.83	10
S7	0.507	1.386	36.73	128
S8	0	0	0	0
S9	0.298	1.386	21.50	54
S10	0.174	1.609	10.81	22
S11	0.019	0	0	2
S12	0.345	1.386	24.89	84

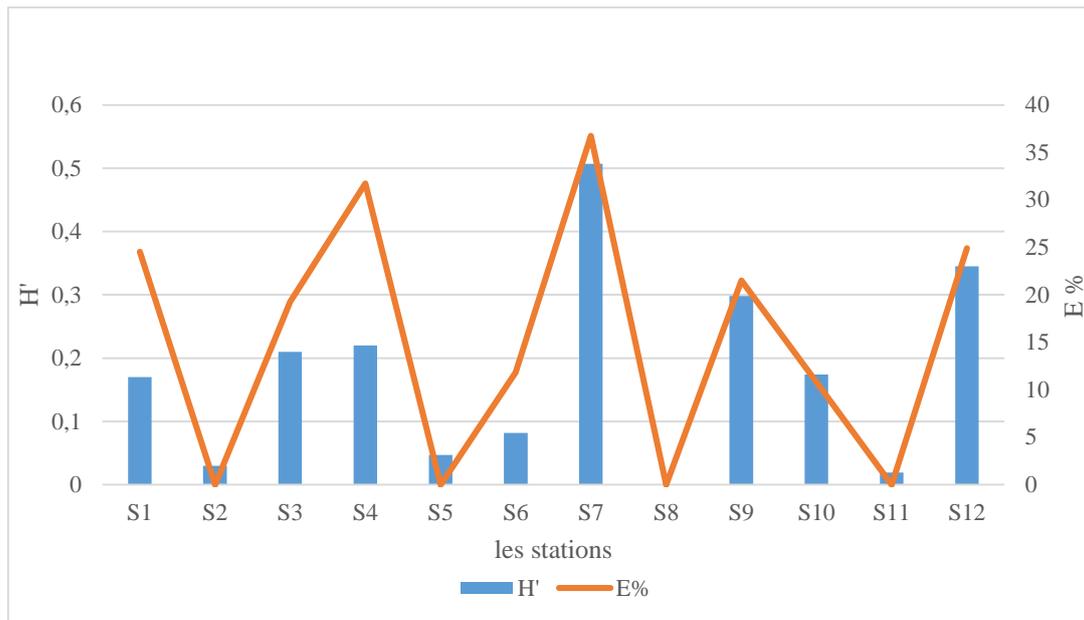


Figure 46 : Variations spatiale de l'indice de Shannon et d'équitabilité dans les stations d'étude.

Les résultats portés dans le tableau 11 et figure 46 suggèrent que les valeurs de l'indice de diversité de Shannon varient de 0 dans la station de Minar-Zareza à 0.507 bits dans la station de Amira-Arras. La valeur la plus élevée est donc mentionnée au niveau de cette dernière où il a été recensé 4 espèces. Puis la station d'Oude-seguene à 0.345 bits avec 4 espèces, la station de Marechou à 0.298 bits avec 4 espèces.

Les stations de la Vieux-Mila, Ain-Tine, Ain-Elbida-Harriche et Azzaba sont notées des valeurs moyennes et proches 0.174 bits au niveau des stations de la vieille-Mila et Azzaba 0.21 et 0.22 bits au niveau des stations de Ain-Tin et Ain-Elbida-Harrich.

En revanche, la valeur la plus faible est notée respectivement au niveau des stations de Tassala-Lamtai (0.082 bits), Zeghaya (0.047 bits), El-Kribsaa (0.030 bits) et Ouled-Elkayem (0.019 bits).

L'indice d'équitabilité permet de comparer les peuplements des différentes stations et d'en déduire l'équilibre existant (Himmi, 2007). Il est intéressant de noter que le taux d'équitabilité le plus faible est signalé dans la station de Marechou avec 0.10.

Dans les stations de Ain-Tin, la vieille-Mila, Oude-Seguen, Ain-Baida-Harrich, et Amira-Arras les valeurs sont assez importantes montant graduellement de 0.19 dans la station de Ain-Tin jusqu'à 0.36 dans la station de Amira-Arras.

▪ Discussion

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon varient entre 0 à 0.345 bits. La valeur la plus élevée est mentionnée au niveau de la station de Amira-Arras avec 0.507 bits où il a été recensé 4 espèces, en revanche, la valeur la plus faible est notée respectivement au niveau de la station d'El-Kribsaa avec 0.030 bits. La valeur élevée indique que le peuplement est équilibré et diversifié, les espèces sont nombreuses et aucune espèce n'est dominante (**Blondel, 1979**). Par ailleurs, un indice faible témoigne de la pauvreté en espèces de la station étudiée, et la dominance est notée par une ou plusieurs espèces (**Arthur, 1965**). On peut alors, dans notre étude suggérer que les stations d'Amira-Arras, Ain-Tine et Marechou sont relativement équilibrées et les peuplements sont plus homogènes. La station d'El-Kribsaa par contre, présente une certaine hétérogénéité de la répartition des espèces et présente un nombre d'individus très bas (2 individus) pour un nombre d'espèces très bas aussi (1). Selon **Thieneman (1932)**, l'indice de diversité est élevé lorsque les conditions de vie, dans un milieu donné sont favorables ; de nombreuses espèces sont alors observées et chacune d'elle est représentée par un petit nombre d'individus. En revanche, lorsque les conditions sont défavorables, un petit nombre d'espèces est trouvé, mais chacune d'elles est représentée par un grand nombre d'individus et la valeur de la diversité est ainsi faible. Selon **Barbault (1981)** l'une des causes de la diversité de certains peuplements d'insectes est la diversité spécifique des plantes. Toutes ces conditions sont remarquées dans nos stations équilibrées telle la végétation et le climat favorable à leurs diversité

Il est intéressant de noter que le taux d'équitabilité le plus faible (0) a été signalé dans la station d'El-Kribsaa, Zeghaya, Minar-Zareza, et Ouled-Elkayem. A l'opposé, des autres fermes, ces valeurs sont assez importantes montant graduellement de 0.19 dans la station de Ain-Tine jusqu'à 0.36 dans la station de Amira-Aresse. D'après **Barbault (1981)**, les valeurs d'E ont tendance à se rapprocher de 1 impliquent que toutes les espèces ont la même abondance. Ainsi, que dans les fermes où l'équitabilité est supérieure à 0.5, le peuplement est considéré équilibré (**Daget, 1976**) avec une répartition homogène des individus entre les espèces.

Dans les stations d'Amira-Aresse, Ain-Tine cette valeur tend vers 1 impliquant la tendance vers l'équilibre entre les effectifs des différentes espèces des *Culicoïdes*, de même elles présentent une meilleure stabilité, ce qui montre une station bien structurée et équilibrée dotant une répartition équitable entre les individus des espèces. La station de Vieux-Mila et Tassala-Lamtai la valeur d'équitabilité tend vers le 0 ceci indique que la quasi-totalité des effectifs. En effet,

ces stations sont peu riches d'espèces avec dominance de deux espèces *C. newsteadi* et *C. simulator* dans la station de Vieux-Mila et *C. obsoletus complex* et *C. gejjelensis* au niveau de la station de Tassla-Lamtai. Ce qui signifie l'existence d'une forte tendance à un déséquilibre entre les effectifs des espèces de *Culicoides* présentes dans ces stations

Cette variation de diversité pourrait être due aux facteurs caractéristiques des stations d'étude. La station la plus diversifiée et équilibrée indique que toutes les conditions biotiques et abiotiques sont favorables pour le développement et la survie des *Culicoides*. A l'opposé de celle peu diversifiée et déséquilibrée, il semblerait qu'un déséquilibre dans cette station est en cause.

Par ailleurs, ni Délecolle (1985), ni Balenghien et al., (2009), ni Djerbal et al., (2009) n'ont exploités leurs résultats par l'indice de diversité de Shannon- Weaver et l'indice d'équitabilité.

III.6. 4. L'indice d'occurrence

Les valeurs d'indice d'occurrence sont représentées dans le tableau 12 et la figure 47

Tableau 12 : Les classes d'occurrence d'espèces *Culicoides* recueillies dans la région d'étude.

L'espèce	L'occurrence (%)	La classe
<i>C. circumscriptus</i>	25	Peu fréquente
<i>C. fagineus</i>	8.333	Sporadique
<i>C. gejjelensis</i>	16.667	Sporadique
<i>C. imicola</i>	25	Peu fréquente
<i>C. kurensis</i>	16.667	Sporadique
<i>C. longipennis</i>	25	Peu fréquente
<i>C. newsteadi</i>	75	Fréquente
<i>C. obsoletus complex</i>	25	Peu fréquente
<i>C. odiatus</i>	25	Peu fréquente
<i>C. simulator</i>	8.333	sporadique

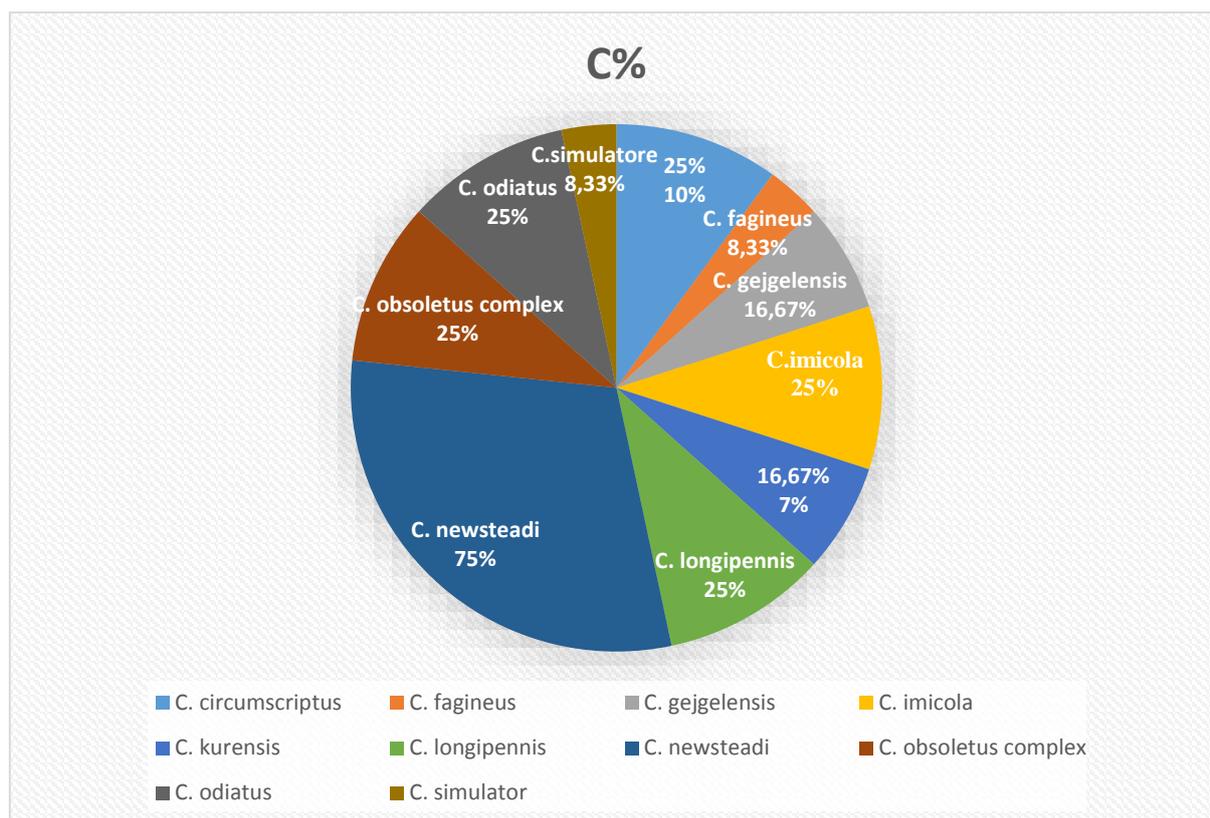


Figure 47 : Occurrence totale des espèces *Culicoïdes* recueillies dans la région d'étude.

Les résultats d'occurrence, montrent clairement que *C. newsteadi* est présente avec une tendance fréquente (C = 75%) tout au long de la période d'étude, alors qu'une occurrence peu fréquente est enregistrée pour *C. circumscriptus*, *C. imicola*, *C. longipennis*, *C. obsoleteus complex* et *C. odiatus* (C=25%). alors que *C. simulator*, *C. fagineus* (C= 8.33 %), *C. kurensis*, *C. gejgelensis* (C=16.66%) sont survenues sporadiquement (C = 7,14%) dans les stations et la période d'étude.

• Discussion

La présence de *C. newsteadi* en tant qu'espèce la plus fréquente (75%) pendant toute la période de l'étude peut s'expliquer en partie par la capacité de cette espèce à s'adapter à de différents environnements tels que les étables, les maisons et les fissures des murs de soutènement. Les espèces *C. odiatus*, *C. obsoleteus complex*, *C. longipennis*, *C. imicola* et *C. circumscriptus* sont peu fréquentes probablement due à leurs adaptation aux zones subhumides à semi-arides (zimmer, 2008). Concernant les espèces sporadique qui sont *C. simulator*, *C. kurensis*, *C. gejgelensis*, *C. fagineus* leur découverte par avec cette classe d'occurrence put être due à leur faible capacité d'adaptation aux conditions environnemental de la zone d'étude.

Cette différence peut être due au climat ; la région d'étude contient 3 étages climatiques : l'étage humide, l'étage sub-humide, et l'étage semi-aride.

III.7. Exploitation des résultats par des méthodes statistiques

III.7.1. Analyse factorielle des correspondances appliquées sur les espèces inventoriées dans les 12 stations durant la période d'étude (AFC)

Tableau 13 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valeur propre	0,822	0,766	0,604	0,060	0,016	0,015	0,009	0,005
Inertie %	35,787	33,346	26,302	2,626	0,694	0,641	0,390	0,213
% cumulé	35,787	69,133	95,435	98,062	98,756	99,397	99,787	100,000

D'après le tableau 13 ; trois axes F1, F2 représentent une inertie totale de 69.13 % de la variance où l'axe F1 à lui seul renferme 35.78 %, donc insuffisant pour cette analyse. Par conséquent, il est nécessaire de prendre trois facteurs afin d'obtenir 95 % de l'information.

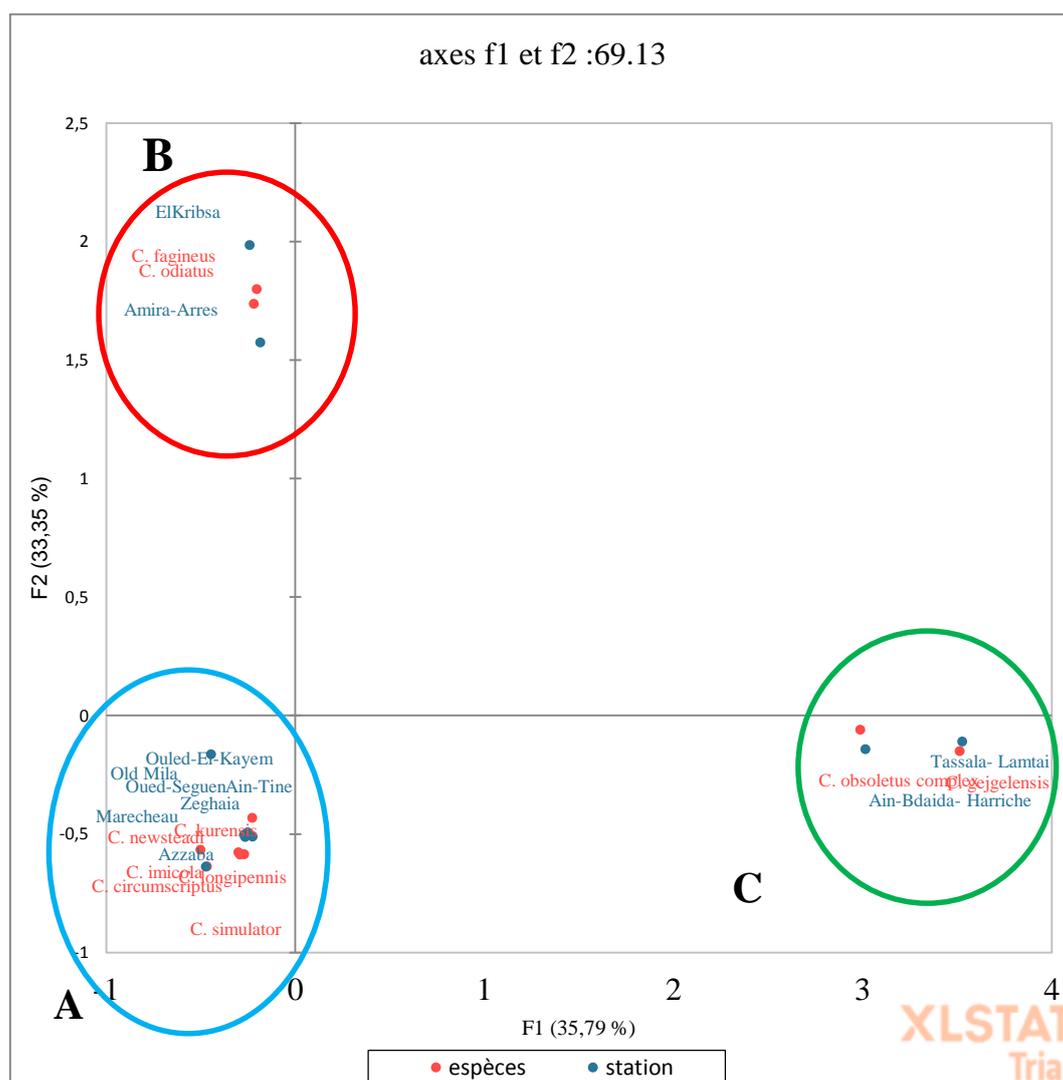


Figure 48 : Carte factorielle axe (F1xF2) de la répartition des différentes espèces de *Culicoides* dans les stations d'étude

La figure 48 représente le nuage des points (observations = espèces = lignes) et la corrélation des variables qui sont les stations d'études (colonnes).

D'après cette figure, les 12 stations se répartissent dans différents quadrants. Les stations 1, 3, 5, 9, 10, 11, 12 se trouvent dans le quadrant IV, les stations 2 et 7 dans le quadrant I, et les deux stations 4 et 6 se localisent dans le quadrant III. Cette différence s'explique par le fait que les stations diffèrent par leurs compositions en espèces des *Culicoides* collectées.

La participation des stations pour la formation des trois axes F1 et F2 et F3 est comme suit :

- Axe F1 : deux stations participent le plus dans la formation de cet axe, il s'agit de la station d'Ain-Baida-Hariche (S4) et celle de Tassala- Lemtai (S6). Les autres stations représentent des taux faibles.
- Axe F2 : deux stations contribuent le plus à sa construction, la station d'El-kribsa (S2) et celle d'Amira-Arrès (S7). Les taux de la participation des autres stations sont faibles.
- Axe F 3 : trois stations participent le plus dans la formation de cet axe, il s'agit de la station de Vieux- Mila (S10) et celle de Marecheau (S9) et Ain Baida Harriche (S5). Les autres stations représentent des taux faibles.

L'AFC met en évidence les espèces de *Culicoïdes* recensées sur les trois axes vis à vis les facteurs abiotiques et biotiques. Les espèces contribuent à une inertie expliquée pour chaque axe et dans chaque quadrant. Il en résulte trois groupements désignés par A, B, et C (figure 52).

Le groupement A : regroupe le plus grand nombre de stations (8 stations) et plus riche en espèces des *Culicoïdes* recensées (6 espèces) qui est lié à la présence de l'espèce la plus représentative *C.newsteadii*. C'est l'espèce omniprésente ubiquiste qui se retrouve dans la plus part de nos stations d'étude avec abondance.

Le groupement B : renferme les espèces qui représentent une abondance élevées vis-à-vis les caractéristiques des trois stations qu'elles abritent. Ce sont *C.odiatius* et *C. fagineus* Ces espèces semblent être en relation avec les stations S2 et S8 qui sont respectivement Elkribsa et Amira-Arrès dans lesquelles, elles sont largement fréquentes.

Le groupement C : renferme en particulier les espèces vue seulement dans les stations S4 Ain-Bdaida- Harriche, et S6 Tassala-Lamtai à savoir *C. obsoletus complex* et *C. gejjelensis*.

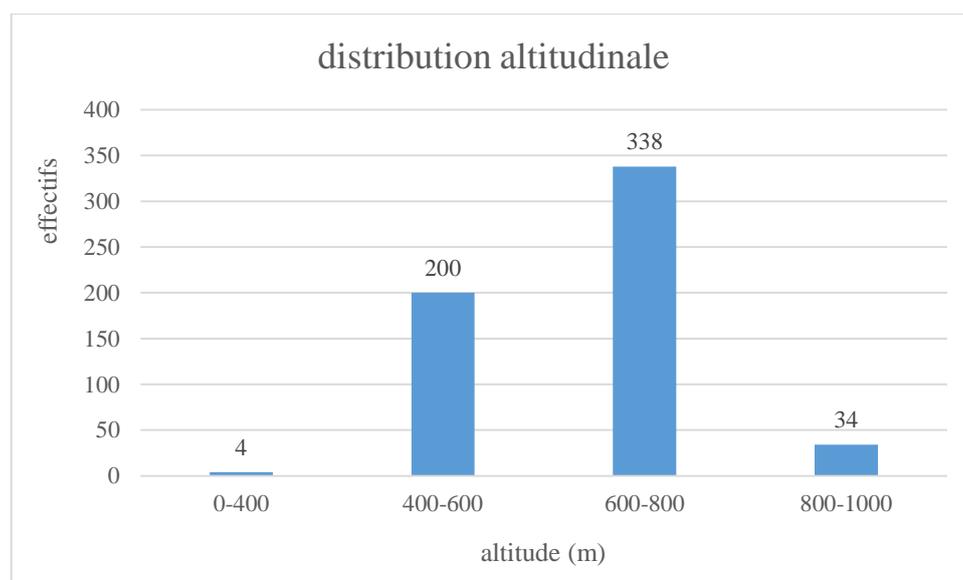
III.7. 2. Effet des facteurs environnementales sur la diversité des *Culicoïdes*

III.7.2.1. Altitude

Le nombre, l'abondance relative des espèces de *Culicoïdes* recensés dans la région de Mila sont montré dans le tableau 14 et les figures 49 et 50.

Tableau 14 : Les indices de diversité en fonction de l'altitude.

Station \ Indice	Altitude (m)	Richesse Spécifique	AR %	effectifs
S1	959	2	5.57	32
S2	220	1	0.69	4
S3	781	3	34.49	198
S4	582	2	5.92	34
S5	501	1	1.04	6
S6	572	2	1.74	10
S7	483	4	22.29	128
S8	646	0	0	0
S9	758	4	9.40	54
S10	448	5	3.83	22
S11	938	1	0.34	2
S12	704	4	14.63	84

**Figure 49** : La distribution altitudinale de l'abondance des espèces de *Culicoides*

La figure 49 montre la répartition des espèces des *Culicoïdes* le long des gradients d'altitude. Le plus grand nombre d'espèces de *Culicoïdes* a été observé à des altitudes moyennes de 600 à 800 m. Alors que l'abondance la plus faible a été enregistré entre (0-400) et (800-1000).

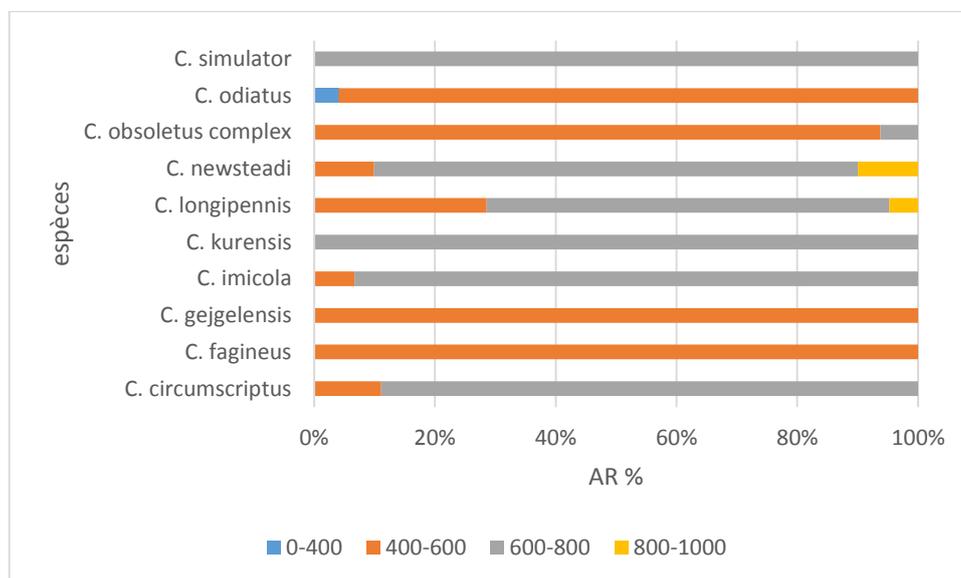


Figure 50 : l'abondance (%) des espèces de *Culicoïdes* capturées à différents gradient d'altitude.

D'après l'analyse de ces résultats, il en ressort que les espèces *C. newsteadi*, *C. longipennis* ont été trouvés entre (400-1000 m), en revanche aux espèces *C. fagineus*, *C. gejelensis* ont été enregistrés entre (400-600 m) et *C. simulator*, et *C. kurensis* entre (600-800 m).

On note également que les espèces *C. circumscriptus*, *C. imicola*, *C. obsoletus complex* et *C. odiatus* ont été marqués dans des altitudes entre (400-800 m).

▪ Discussion

L'altitude semble influencer l'abondance, la distribution et la diversité des espèces de *Culicoïdes* dans chaque site de capture. Classiquement, l'altitude et l'abondance des insectes sont négativement corrélées, sauf pour les espèces qui tolèrent ces conditions spécifiques et limitées (Belkharchouche, 2021). Dans notre cas, il est clairement remarquable qu'il y ait un effet de l'altitude sur l'abondance des espèces de *Culicoïdes*, où l'abondance la plus élevée est bien marquée dans les sites d'altitude moyenne (400–800 m).

Cela est principalement dû à différents facteurs, dont beaucoup sont associés à l'influence de l'environnement hostile sur la biologie des vecteurs, tels que la faible abondance, compétence et la courte saison d'activité de ces vecteurs (Duan et al., 2019). Dans l'ensemble, peu d'études ont étudié les relations entre l'altitude et l'abondance des *Culicoïdes* (Yang et al., 2018).

L'altitude n'a probablement pas d'impact direct sur l'activité de dispersion des espèces de *Culicoïdes*, mais elle est liée à la réplication et à l'infection virale du BTV en raison de la basse température (Duan et al., 2019). En effet, l'altitude contrôle certains paramètres climatiques dont la température, les précipitations, la pression atmosphérique, etc. Ainsi, l'altitude joue un rôle fondamental dans la détermination du modèle de répartition de l'organisme vivant, dont les parasites et les vecteurs.

III.7.2.2. Effet des facteurs climatiques

Afin de connaître l'effet de ces facteurs sur la diversité des *Culicoïdes* échantillonnés dans les différentes stations pendant quatre mois de captures (Juin-Septembre 2019), nous avons fait une corrélation de Pearson entre les différents facteurs météorologiques et l'abondance des espèces de *Culicoïdes*.

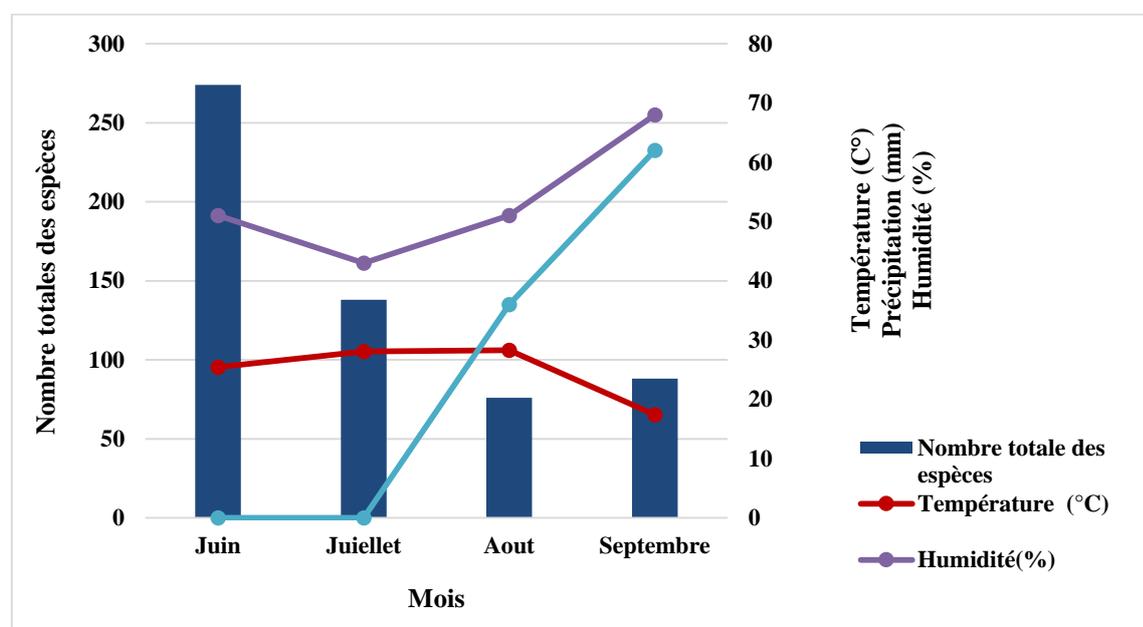


Figure 51 : Variations mensuelles de l'abondance relative des *Culicoïdes* en fonction des paramètres climatiques.

D'après l'analyse des résultats illustrés dans la figure 51, aucune corrélation significative n'est trouvée entre le nombre mensuel de *Culicoïdes* (toutes espèces combinées) et la température ($r = 0,174$, $p = 0,826$), les précipitations ($r = -0,720$, $p = 0,280$) et l'humidité relative ($r = -0,315$, $p = 0,685$).

▪ Discussion

Aucune corrélation n'était rencontrée entre les facteurs climatiques étudiés et le nombre mensuel des espèces de *Culicoïdes*. Cependant, nos résultats sont critiques en ce qui concerne le lien significatif entre l'abondance de ces mouches piqueuses et les facteurs climatiques. Cela peut être

lié aux moteurs actuels qui affectent les différences de comportement, de biologie et d'écologie de la population de *Culicoïdes*. Parfois le même facteur peut affecter la même espèce de différentes manières, soit ambivalentes, soit lors de la capture et/ou avec un ou plusieurs effets différés. Ce qui suggère indéniablement des impacts pouvant affecter les stades adultes et larvaires (**Grimaud et al., 2019**). L'absence ou la faible corrélation entre la dynamique mensuelle des espèces de *Culicoïdes* et les facteurs climatiques peut être partiellement due à l'éloignement de la station météorologique d'Ain-Tin des sites de collecte. Cependant, cela ne signifie pas nécessairement qu'il n'y a pas d'association ou d'impact de ces paramètres sur l'abondance et la distribution des mouches de type *Culicoïdes*. Ce résultat pourrait être interprété par l'intervention d'autres facteurs tels que le déséquilibre environnemental induisant les effets différés, forts et multiples de la température, puis de la pluie, qui semble définir la viabilité des habitats larvaires et les taux d'émergence. Des modulations induites sur les caractéristiques intrinsèques du site de reproduction (température, humidité) ou le lessivage pourraient avoir un impact sur les stades immatures (**Grimaud et al., 2019**). De plus, on ne peut exclure que les données météorologiques ne donnent pas une image correcte des conditions climatiques subies par les populations de *Culicoïdes* (**Belkharchouche, 2021**). Ce résultat peut également être dû à l'effet de la température, qui peut exercer un impact négatif en été entraînant une diminution des abondances. Ce facteur majeur affecte positivement le développement larvaire, l'activité des adultes, l'augmentation de la ponte et affecte négativement la survie des adultes (**Purse et al., 2015**).

Conclusion



Conclusion

La région de Mila, qui compte parmi les wilayas algériens les plus concernés par les maladies vectorielles, est caractérisée par plusieurs étages bioclimatiques allant du climat subhumide au Nord au climat semi- aride au Sud, en passant par des microclimats humides. De part sa forte population rurale, elle présente un terrain favorable à la propagation de ces affections en terme d'exemple l' FCO qui touches principalement les ruminants sauvages et domestiques et transmis par des moucheron piqueurs de genre *Culicoïdes*.

Ce genre dans la région de Mila n'ayant jamais été étudié tant sur le plan entomologique que sur le plan épidémiologique, et l'objectif ce modeste travail s'intéresse essentiellement par la biodiversité, la bio écologie et l'abondance des espèces ce genre et l'impact de certaines facteurs environnementales sur la répartition de ces espèces dans la région de Mila.

Par notre contribution, nous avons prospecté du mois de Juin à Septembre 2019 dans 12 station réparties sur 6 communes dans la région de Mila, 574 spécimens, répartie sur 10 espèces et 6 sous genres. L'identification est basée sur les caractères morphologiques des adultes. Ce résultat, présente un taux de 16.94% du taux global de la faune Culicoidienne signalée en Algérie (59 espèces).

A titre d'abondances relatives. Il est intéressant de noter qu'il y a une prédominance de l'espèce de *C. newsteadi* dans toutes les stations d'échantillonnage avec un taux de 56.09% (322 individus) du total de captures, suivie par l'espèce *C. odiatus* avec un taux 17.07 % (98 individus) et *C.longipennis* avec 7.31% et *C. obsoletus complex* avec 5.57 %. Nous avons constaté que *C.newsteadi* est une espèce ubiquiste, c'est à dire tolérante en ce qui concerne la nature et la qualité de son habitat, mais également vis-à-vis des changements de température, elle colonise très rapidement les sites de captures et elle s'y installe. Par contre, les autres espèces sont apparues d'une façon minoritaire entre 0.34 % et 5.22 %. Cela s'explique que ces espèces ne semblent donc trouver des conditions favorables à son développement dans cette région d'étude.

Suite aux résultats obtenus dans ce travail, il est important de signaler que *C.imicola*, le vecteur potentiel de la FCO (vecteur Afro-asiatique, méditerranéen et l'Europe méridionale) est faiblement répartie dans notre région d'étude (30 individus : 5.22 %), mais qu'en revanche *C.newsteadi* et *C.odiatus* sont particulièrement abondantes. Par ailleurs, les cas cliniques de la FCO dans cette région sont absolument nuls. Ce qui pourrait expliquer la faible représentativité

de *C.imicola* dans les stations prospectées. Cependant, cela n'exclue pas que la FCO pourrait réapparaître. Aussi, bien que *C.imicola* soit le vecteur historique de la FCO, plusieurs espèces de ce genre pourraient l'être. Cet aspect devrait alors faire l'objet d'autres travaux.

La répartition temporelle et saisonnière des *Culicoïdes* est relativement marquée durant la période estival que la période automnale. Cette fluctuation est aussi bien pour la saison que le sexe des adultes des *Culicoïdes* recensés. Quant à la répartition spatiale, elle est fortement élevée dans la station 2 d'Ain-Tin que les autres stations.

D'après nos résultats, on peut mettre en relief que la situation et l'occupation des fermes par les animaux sont des facteurs influençant la diversité. Aussi, les fermes les plus riches sont situées à la proximité d'agglomération humaine et des exploitations agricoles, par contre les situations quasiment éloignées de telles habitations. Il est donc évident que la richesse des *Culicoïdes* est plus importante dans les zones hautement occupées, peuplées et habitées que celles situées dans des zones isolées.

Nos résultats révèlent aussi une richesse spécifique importante au niveau des stations proche du milieu urbain avec présence d'un cheptel. Il ressort de ce travail, qu'il serait alors intéressant de prospecter d'autres zones éloignées sur une période plus longues afin de mieux apprécier ou confirmer nos résultats.

D'après les résultats de l'indice de diversité de Shannon-Weaver, on note que les peuplements des stations Amira-Arras, Oude-Segan, Marechou, Ain-Elbida-Harrich, Ain-Tin et Vieux-Mila sont bien diversifiés (H' varie de 0.17bits à 0.50 bits) et bien structurés (E varie de 36.73 à 10.81 %) dont la station S7 (Amira-Arras) présente le peuplement les plus diversifié (H' de 0.507 bits). Contrairement, aux stations de El-Kribsaa, Zeghaya, Tassala-Lamtai et Ouled-Elkayem qui hébergent un peuplement peu diversifié (H' varie de 0.019 bits à 0.082 bits) et largement déséquilibré (E varie de 0 à 11.83 %). Ces résultats sont confortés par la présence d'un effectif total grand et anormale de 278 individus soit 3 fois plus grand d'individus que dans les autres stations d'études. Les espèces de *Culicoïdes* recensées dans les stations qui se caractérisent par un équilibre et une homogénéité entre leurs effectifs, ce sont des espèces semblent trouver les conditions biotiques et abiotiques favorables à leurs développement et leurs survie. Quant aux espèces de les stations déséquilibrées, mise à part l'espèce ubiquiste, elles n'ont pas pu adapter aux caractéristiques de cette station (végétations, climat, altitude) ceci est marqué par leurs faibles effectif.

La répartition des *Culicoïdes* recensés et leur diversité est conditionnée par certain nombre des facteurs (vent, température, humidité, pluie, altitude, végétation), qui agissent sur la reproduction, le développement et la durée de survie des adultes, mais aussi sur la taille de la population des adultes.

Après l'analyse des résultats météorologiques récoltés lors de notre étude nous n'avons pas pu observer un impact réel des facteurs climatiques étudiés sur la répartition des espèces de *Culicoïdes*. Ceci pourrait être expliqué par l'intervention d'autres facteurs qui affectent la biologie de ces petits moucheron. Par rapport au climat, l'altitude a un impact sur la répartition des *Culicoïdes* où l'intervalle confinée entre 600-800 m comprenait le nombre le plus grand et la plus diversifié.

Au terme de ce travail, bien que cette étude soit limitée à une seule région de l'est algérien (Mila), a permis de mettre en évidence une première liste des *Culicoïdes* existant dans cette région. De plus, elle nous a permis de contribuer à la connaissance de ces espèces et d'établir une carte de leur répartition.

L'étude de la biodiversité des espèces de *Culicoïdes* qui est un sujet encore peu développé en Algérie et en particulier dans notre région est à envisager et doit se poursuivre dans un cadre plus large voire national. En effet, l'importance des *Culicoïdes* n'est pas seulement une vision envers la santé animale et les risques dont elles occasionnent, mais également une vision envers la santé publique. Pour mieux maintenir la santé animale voire l'économie, il serait important de mettre en évidence un programme avec des stratégies de surveillance conduisant automatiquement à un programme efficace de lutte contre le vecteur et la propagation éventuelle de la maladie de la Blue Tongue. D'un autre côté, pour le suivi de l'évolution et la diffusion de ces espèces à risque, il serait intéressant de disposer tous les moyens humains ou matériels pour mieux appréhender l'étude de bioécologie des *Culicoïdes* peu connues.

Les résultats exposés sont préliminaires et partiels, il serait alors intéressant de prospecter d'autres régions et différents biotopes.

Références bibliographiques



Les références

1. A.N.D.I (Agence Nationale de Développement de l'Investissement)., 2013. La spectaculaire chute de Tamda près Ahmed Rachedi. Rapport technique.
2. A.N.I.R.E.F (Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière)., 2013. Rubrique monographie wilaya de MILA, 4p.
3. Abid L., 2014. La couverture sanitaire dans la wilaya de Mila. Sur le site : http://www.santemaghreb.com/algerie/visio.asp?titre=La%20couverture%20sanitaire%20a%20la%20wilaya%20de%20Mila&link=documentations_pdf/docu_36.pdf
4. Alba A, Casal J, Domingo M, 2004. Possible introduction of bluetongue into the Balearic Islands, Spain, in 2000, via air streams. *Vet Rec* 155, 460-461.
5. Atmania, D.2010. Minéralogie des argiles et phénomène de retrait-Gonflement dans le bassin de Mila (Nord constantinois). Thèse de doctorat. Université Mentouri, Constantine. 172p.
6. Baldet T., Délecolle J C. et al., 2005. Emergence de FCO dans la bassin méditerranéen et la surveillance en France. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*.pp :125
7. Baldet T., Délecolle J C., Cêtre-Sossah C., Mathieu B., Meiswinkel R., Gerbier G., 2008. Indoor activity of Culicoides associated with livestock in the bluetongue virus (BTV) affected region of northern France during autumn 2006. *Prev Vet Med*; 87(1-2): 84-97.
8. Baldet T., Delecolle J C., Mathieu, B., de La Rocque, S; Roger, F., 2004. Entomological surveillance of bluetongue in France in 2002. *Veterinaria Italiana* 40 (3) , 226-231.
9. Balenghien, T., Delécolle, J. C., Setier-Rio, M.-L., Rakotoarivony, I., Allène, X., Venail, R., ... Chavernac, D. 2012. Vecteurs du virus de la fièvre catarrhale ovine : Suivi des populations de Culicoides en 2011 en France.
10. Balenghien, T., Garros, C., Delécolle, J. C., Setier-Rio, M.-L., Akaddar, A., Allene, X., ... Baldet, T. 2012. Monitoring of Culicoides populations in France. 104-104. public: European Society for Vector Ecology. *Agritrop* 3-juin-2019 (Agritrop : 566181).

11. Balenghien, T., Garros, C., Mathieu, B., Setier-Rio, M.-L., Allene, X., Gardes, L., ... Delécolle, J. C. 2010. La surveillance des Culicoïdes en France. Bulletin Epidémiologique, 8-9. Agritrop 3-juin2019 (Agritrop : 567593).
12. Balenghien, T., Pagès, N., Goffredo, M., Carpenter, S., Augot, D., Jacquier, E., ... Grillet, C. 2014. The emergence of Schmallenberg virus across Culicoides communities and ecosystems in Europe. Preventive veterinary medicine, 116, 360-369.
13. Barnard, D. R. 1980. Assessment of Diel Emergence in Culicoides variipennis. Annals of the Entomological Society of America, 73, 367-368.
14. Baylis, M., Mellor, P.S., Wittmann, E.J. & Rogers, D.J. 2001. Prediction of areas around the Mediterranean at risk of bluetongue by modelling the distribution of its vectors using satellite imaging. Veterinary Record. 149, 639-643. Baylis, M., O'Connell, L. & Purse, B.V. 2004. Modelling the distribution of bluetongue vectors. Veterinaria Italiana. 40(3), 176-181.
15. Beckenbach, A. T., & Borkent, A. 2003. Molecular analysis of the biting midges (Diptera: Ceratopogonidae), based on mitochondrial cytochrome oxidase subunit 2. Molecular phylogenetics and evolution, 27(1), 21-35.
16. Belahlou Selma, 2016. Biodiversité des lombriciens dans la wilaya de Mila. Département de Biologie Et Ecologie Végétale. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine. 37, 38, 43p.
17. Belkharchouche, M. 2014. Contribution à l'étude de la biodiversité des Culicoides (Diptera, Ceratopogonidae) responsable de la fièvre catarrhale dans la région Est-algérien foyer d'Oum-ElBouaghi. Mémoire de Magistère, Université d'Oum El Bouaghi.
18. Belkharchouche, M., 2021. Etude bioécologique des *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae), vecteur de virus de la fièvre catarrhale ovine. Dynamique et chorologie des populations culicoidiennes dans la région ouest de l'Algérie- Région de Tiaret. Doctoral thesis, Univ. Constantine, Algeria.
19. Belkharchouche, M., Berchi, S., Mathieu, B., Rakotoarivony, I., Duhayon, M., Baldet, T., Balenghien, T. 2020. Update of the *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) species checklist from Algeria with 10 new records. Parasites Vectors 13, 463. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04335-4>
20. Benia F., 2010. Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. Thèse de Doctorat d'état Es-Sciences Option : Biologie Animale.

Université Ferhat Abbas Faculté Des Sciences- Département de Biologie –Sétif. pp : 229.

21. Berkal, K. et Elouaere F. 2014. Inventaire et écologie des oiseaux d'eau au niveau du Barrage de Béni Haroun (Wilaya de Mila): saison d'hivernage 2013/2014. Mémoire Master II, Centre Universitaire de Mila. 85p.
22. Berrayah, H., Hwang, H.S., Lee K.Y., 2019. Molecular identification of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) species in Algeria. *Acta Tropica*, 202, 105261. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105261>
23. BIDLINGMAYER WL 1961. Field activity studies of adult *Culicoides furens*. *Ann Entomol Soc Am*; 54: 149-156.
24. Bigot, L. & Bodot, P. 1973 : Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera*, Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie et Milieu*, 3: 294-295.
25. Birley, M. H., & Boorman, J. P. T. 1982. Estimating the survival and biting rates of haematophagous insects, with particular reference to the *Culicoides obsoletus* group (Diptera, Ceratopogonidae) in southern England. *The Journal of Animal Ecology*, 135-148.
26. Biteau-Coroller, F. 2006. Surveillance et évaluation du risque de transmission des maladies vectorielles émergentes : Apport de la capacité vectorielle Exemple de la fièvre catarrhale du mouton (PhD Thesis). Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc.
27. Blondel J., 1979. Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.
28. Bonneau K, Mullens B, Maclachlan N J. 2001 Occurrence of genetic drift and founder effect during quasispecies evolution of the VP2 and NS3/NS3A genes of bluetongue virus upon passage between sheep, cattle, and *Culicoides sonorensis*. *J Virol*; 75(17): 8298-8305
29. Boreham, P.F.L. and C. Garrett Jones, 1973. Prevalence of mixed blood meals and double feeding in a malaria vector (*Anopheles sacharovi* Favre). *Bulletin of the World Health Organisation*, 6: 114
30. Borkent A., Wirth W W., 1997. World species of biting midges (Dip, Cerato). *Bull. Ame. Nat. His. Mesuem*. Pp: 257.
31. Borkent, A., 2008. World Species of Biting Midges (Diptera: Ceratopogonidae Accessed 478 in January 2014. 479 <http://wwx.inhs.illinois.edu/files/8413/4219/9566/CeratopogonidaeCatalog.pdf>.

32. Bourdoiseau, 2011 G. Leishmaniose feline : actualites Pratique médicale et chirurgicale de l'animal de compagnie, , 46, 23-26
33. Boyce M, Wehrfritz J, Noad R, Roy P. 2004 Purified recombinant bluetongue virus VP1 exhibits RNA replicase activity. *J Virol*; 78(8): 3994-4002
34. Braverman, I. M., & Yen, A. 1977. Ultrastructure of the human dermal microcirculation. *Journal of Investigative Dermatology*, 68(1), 44-52. –
35. Braverman, Y. & Chechik, F. 1996. Air tream and the introduction of animal diseases borne on Culicoides (Diptera Ceratopogonidae) into Israel. *Revue Scientifique et Technique de L'Office International des Epizooties*. 15, 1037-1052. –
36. Braverman, Y. 1978. Characteristics of Culicoides (Diptera, Ceratopogonidae) breeding places near Salisbury, Rhodesia. *Ecological Entomology*, 3, 163-170.
37. Braverman, Y., & Chechik, F. 1996. Air streams and the introduction of animal diseases borne on Culicoides (Diptera, Ceratopogonidae) into Israel. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 15(3), 1037-1052. –
38. Braverman, Y., & Chizov-Ginzburg, A. 1996. Role of dogs (*Canis domesticus*) as hosts for African horse sickness virus. *Veterinary microbiology*, 51(1), 19-25. –
39. Braverman, Y., & Linley, J. R. (1993). Effect of light trap height on catch of Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) in Israel. *Journal of medical entomology*, 30, 1060-1060.
40. Brenner J, Oura C, Asis I, Maan S, Elad D, Maan N, Friedgut O, Nomikou K, Rotenberg D, Bumbarov V, et al. 2010 Multiple serotypes of bluetongue virus in sheep and cattle, Israel. *Emerg Infect Dis* 2010; 16(12): 2003-2004.
41. Brugère-Picoux J., 1994. Maladies des moutons. Manuel pratique, edi.France Agricole ; E. N d'Alfort, 1ère édition, pp : 231.
42. Capinera JL. , 2004. Encyclopedia of entomology . Dordrecht : Springer, 4346 p
43. Cappai, S., Loi, F., Coccollone, A., Contu, M., Capece, P., Fiori, M., Canu, S., Foxi, C., Rolesu, S., 2018. Retrospective analysis of Bluetongue farm risk profile definition, based on biology, farm management practices and climatic data. *Prev. Vet. Med.* 155, 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.04.004>
44. Chaignat V, Worwa G, Scherrer N, Hilbe M, Ehrensperger F, Batten C, Cortyen M, Hofmann M, Thuer B. 2009 Toggenburg Orbivirus, a new bluetongue virus: initial detection, first observations in field and experimental infection of goats and sheep. *Vet Microbiol*; 138(1-2): 11-19.
45. Chaker, E. 1981. Contribution à l'étude des Culicoides (Diptera : Ceratopogonidae) de Tunisie: Systématique, chorologie et écologie. M. Sc. Université Louis Pasteur.

46. Chaker, E. 1981. Contribution à l'étude des Culicoides (Diptera, Ceratopogonidae) de la Tunisie. Systématiques, Chorologie et Ecologie (Thèse). Louis Pasteur. Strasbourg, Strasbourg, France.
47. Chaker, E. 1983. Contribution à l'étude de la morphologie et de la diagnose des larves de culicoïdes Diptera, Ceratopogonidae (PhD Thesis).
48. Chaker, E., Bailly-Choumara, H., & Kremer, M. 1979. Sixième contribution à l'étude faunistique des Culicoides du Maroc (Diptera, Cefratopogonidae). Bull Inst Sci Rabat., 4, 81-86.
49. Chatry, A. 2012. Epizootie de fièvre catarrhale ovine à sérotype 8 dans le Nord de l'Europe depuis 2006 : Conflits et divergences d'opinion en France (PhD Thesis)
50. Cornet, M., Nevill, E. M. & Walker, A. R. 1974 Notes sur les Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae), du groupe de *C. milnei* Auten, 1909, en Afrique orientale et australe. Cahiers ORSTOM Serie Entomologie Medicale et Parasitologie, 12, 231-243.
51. D.S.A (Direction des Services Agricoles)., 2015. Données d'agriculture de la wilaya de Mila.
52. Dajoz R., 2008. La Biodiversité l'avenir de la planète et de l'homme. pp : 49-95 (269). Edition ellipses. Paris
53. Dajoz, R. 2006 : Précis d'écologie. 8e Ed. Dunod, Paris. 631pages
54. De Deken, G., Madder, M., Deblauwe, I., De Clercq, K., Fassotte, C., Losson, B., ... De Deken, R. 2008. Vector monitoring at Belgian outbreak sites during the bluetongue epidemic of 2006. Preventive Veterinary Medicine, 87, 64-73.
55. De Liberato, C., Purse, B. V., Goffredo, M., Scholl, F., & Scaramozzino, P. 2003. Geographical and seasonal distribution of the bluetongue virus vector, *Culicoides imicola*, in central Italy. Medical and veterinary entomology, 17(4), 388-394.
56. Delécolle J C., 1995. Des moucheron peu connus : les Ceratopogonidés. Bull. Ass. Alsace & Lorraine, 31 : 35.
57. Delécolle J C., 1995. Polycopie entomologique. TP d'entomologie, les Ceratopogonidae (Diptera : Nematocera). Institut de Parasitologie et de Pathologie Tropicale, Faculté de Médecine, Université de Strasbourg. pp : 42.
58. Delécolle J C., 1996. Deux Culicoides nouveaux pour la faune de France : *C. dendriticus* Boorman et *C. shaklawensis* Khalaf, (Diptera, Ceratopogonidae). Bull. Ass. Phil. Als. Lorr.P: 37-46. –
59. Délecolle J C., 1999. Cératopogonidés (Diptera, Nematocera) de Los Monegros. Bol. S.E.A.,24) : 137. - Délecolle J C., Schaffner F. Vecteurs des arboviroses. In Lefèvre

- PC., Blancou J., Chermette R., 2003. Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail : Europe et régions chaudes. Tec & Doc Lavoisier. Paris. pp : 123-128. –
- 60.** Délecolle J C., Schaffner F. Vecteurs des arboviroses. In Lefèvre PC., Blancou J., Chermette R., 2003. Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail : Europe et régions chaudes. Tec & Doc Lavoisier. Paris. pp : 123-128.
- 61.** Délecolle J.C., 1985. Nouvelle contribution à l'étude systématique et iconographique des espèces du genre *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) du Nord- Est de la France. Université Louis Pasteur de Strasbourg, U.F.R des sciences de la vie et de la terre. pp: 238.
- 62.** Delécolle J.-C., Zingg S., 2000. Contribution à l'étude des Cératopogonidés de Côte d'Ivoire. Redescription de la larve, de la nymphe et de l'imago de *Forcipomyia castanea* (Walker, 1848) (Diptera, Nematocera). Bulletin de la Société entomologique de France, T 105, fasc.3, pp. 241-251. –
- 63.** Délecolle JC, De La Roque S., 2002. Contribution à l'étude des *Culicoides* de Corse. Liste des espèces recensées en 2000/2001 et redescription du principal vecteur de la fièvre catarrhale ovine : *C. imicola* Kieffer, 1913 (Diptera, Ceratopogonidae). Bull Soc Entomol Fr; 107: 371-379.
- 64.** Djerbal M., Délecolle J C., 2009. Entomological survey in Algeria. Medreonet, Third Annual Meeting, Lisbon 2nd -4th December 2009
- 65.** Downes, J. A. (1955). Observations on the Swarming Flight and Mating of *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae). Transactions of the Royal Entomological Society of London, 106, 213-236.
- 66.** Du Toit R M., 1944. The transmission of bluetongue and horse-sickness by *Culicoides*. Onderstepoort J Vet Sci Anim Ind. 19. pp: 7-16
- 67.** Duan, Y.L., Bellis, G., Li, L., Li, H.C., Miao, H.S., Kou, M.L., Liao, D.F., Wang, Z., Gao, L., Li, J.Z., 2019. Potential vectors of bluetongue virus in high altitude areas of Yunnan Province, China. Parasites Vectors 12, 464. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3736-9>
- 68.** Dusom M.A., 2012. Identification et écologie des *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) vecteurs de la Peste équine et de la Fièvre catarrhale ovine au Sénégal. Thèse de Doctorat en Médecine Vétérinaire. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Ecole inter - états des Sciences et Médecine Vétérinaire (e.i.s.m.v.). Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie de Dakar. pp : 115.
- 69.** Erasmus B 1975. Bluetongue in sheep and goats. Aust Vet J; 51(4): 165-170.

70. Euzeby J., 1984. Les parasitoses humaines d'origine animale. Caractères épidémiologiques. Ed. Flammarion. Paris. Pp :324.
71. Faurie, C.; Ferra, C. ; Medori, P. ; Devaux, J. & Hemptienne, J.L. 2003 : Écologie, Approche scientifique et pratique. 5ème édition, Ed. Tec & Doc. Paris. 407 pages.
72. Foxi, C, Meloni, G., Puggioni, G., Manunta, D., Rocchigiani, A., Vento, L., ... Satta, G. 2019. Bluetongue virus detection in new *Culicoides* species in Sardinia, Italy. *Veterinary Record*, 184, 621-621.
73. Foxi, C., Satta, G., Puggioni, G., Ligios, C., 2020. Biting Midges (*Ceratopogonidae*, *Culicoides*). Reference Module in Biomedical Sciences. Elsevier Reference Collection in Biomedical Sciences. *Encyclopedia. Infect. Immun.* <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818731-9.00005-7>
74. Geoffroy E.I.D ., 2010. Fièvre catarrhale ovine : Etude épidémiologique de l'épizootie à sérotype 8 dans le nord de l'Europe en 2006. Thèse de Doctorat vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort . Faculté de médecine de Créteil. pp : 125.
75. Gerbier G., Parodi J., Biteau-Coroller F et al., 2006. Surveillance de la fièvre catarrhale ovine (Bluetongue) en France et dans l'ouest méditerranéen : bilan et perspective. *Epidémiol. et Santé Anim.*, 49, 37- 44. –
76. Gerbier G., Sailleau C., Bréard E., Viarouge C., Desprat A., Lasne L., Gouyet L ., Desvars A., Baldet T., Biteau F., Délecolle J C., Garros C., Roger F., Zientara S., 2010. Epidémiologie comparée des Orbivirus en Guadeloupe et à la Réunion. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation n°43/Sécial DOM-TOM*. pp : 39-42
77. Gillot C., 1995. *Entomology*. 2nd edition- New York and London. Plenum press. Pp:782.
78. Glukhova, V. 1979. Description de nouvelles espèces de *Ceratopogonidae* (Diptera). *Entomol. Obozr.*, 58, 161-171.
79. Goetghebuer, M. 1952. Le genre *Culicoides* (Diptères, Cératopogonidés) et ses représentants en Belgique. *Biol. Jaarb*, 19, 185-191.
80. Gray, N. F. 2015. Your Health and Wellbeing. In *Facing Up to Global Warming* (pp. 357-374). Springer International Publishing.
81. Grimaud, Y., Guis, H., Chiroleu, F., Boucher, F., Tran, A., Rakotoarivony, I., Duhayon, M., Cetre-Sossah, C., Esnault, O., Cardinale, E., Garros, C., 2019. Modelling temporal dynamics of *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) populations on Reunion Island (Indian Ocean), vectors of viruses of veterinary importance. *Parasites Vectors* 12,

562. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3812-1>

82. Guis, H., Tran, A., De La Rocque, S., Baldet, T., Gerbier, G., Barragué, B., ... Mauny, F. 2007. Use of high spatial resolution satellite imagery to characterize landscape at risk for bluetongue. *Veterinary Research*, 38, 669-683. Agritrop 3-juin-2019 (Agritrop : 540398).
83. Gullon PJ; Cranston PS., 2005. *The Insects : an outline of entomology*. 3rd ed. London : Blackwell publishing, 50
84. Gumm, I. D., Taylor, W. P., Roach, C. J., Alexander, F. C. M., Greiner, E. C. & Gibbs, E. P. 1984 Serological survey of ruminants in some Caribbean and South American countries for type-specific antibody to bluetongue and epizootic haemorrhagic disease viruses. *Journal of Veterinary Research*, 114, 635-638.
85. Hadj-Henni, L., Djerada, Z., Millot, C., Augot, D., 2021. Comprehensive characterisation of *Culicoides clastrieri* and *C. festivipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) according to morphological and morphometric characters using a multivariate approach and DNA barcode . *Scientific Reports* 11:521. doi:10.1038/s41598-020-78053-3
86. Hamida, B., 2000. Les pays touchés par la fièvre catarrhale. 67th General Session of the International Committee of the Office International des Épizooties (OIE). OIE, Paris.
87. Han Z, Harty R 2004. The NS3 protein of bluetongue virus exhibits viroporin-like properties. *J Biol Chem* ; 279(41): 43092-43097.
88. Hassan S, Roy P. Expression and functional characterization of bluetongue virus VP2 protein: role in cell entry. *J Virol* 1999; 73(12): 9832-9842.
89. Hill, M. A. 1947. The Life-Cycle and Habits of *Culicoides impunctatus* Goetghebuer and *Culicoides obsoletus* Meigen, Together with Some Observations on the Life-Cycle of *Culicoides odibil* Austen, *Culicoides pallidicornis* Kieffer, *Culicoides cubitalis* Edwards and *Culicoides chiopterus* Meigen. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 41, 55-115.
90. Humphreys, J.G. and J.E.C. Turner, 1973. Bloodfeeding activity of female *Culicoides* (Diptera:Ceratopogonidae). *Journal of Medical Entomology*, 10(1): 79- 83
91. Hunt, G.J., Tabachnick, W.J. & mckinnon, C.N. 1989. Experimental factors affecting mortality of adult *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) in the laboratory. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 5, 387-391.
92. Jones P D, Wigley TM., 1990. Global warming trends, *Scientific American*, 66-73.

- 93.** Kabbout, N. 2017. Contribution à l'étude bio écologique des insectes d'intérêt médical dans le NordEst Algérien (Thèse, Oum El Bouaghi University). Oum El Bouaghi University, Oum El Bouaghi. Bibliothèque de l'Université OEB
- 94.** Kannan, R., James, D.A., 2009. Effects of climate change on global biodiversity: a review of key literature. *Trop. Ecol.* 50, 31–39.
- 95.** Karak, Bhattacharya B, Roy P. Bluetongue virus RNA binding protein NS2 is a modulator of viral replication and assembly. *BMC Mol Biol* 2007; 8: 4.
- 96.** Kardjadj, M., Luka, P. D., Benmahdi, M.H., 2016. Sero-epidemiology of bluetongue in Algerian ruminants. *Afr. J. Biotechnol.* 15(20), 868–871. <https://doi.org/10.5897/ajb2016.15343>
- 97.** Kettle D S., 1984. Ceratopogonidae in : *Medical and Veterinary Entomology*, Bristol, Leaper and Gard Ltd, 159p
- 98.** Kettle, D. S. 1977. Biology and bionomics of bloodsucking ceratopogonids. *Annual Review of Entomology*, 22, 33-51.
- 99.** Kettle, D. S., & Lawson, J. W. H. 1952. The early stages of british biting midges *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) and allied Genera. *Bulletin of Entomological Research*, 43, 421-467. Kieffer, J. 1921. Sur quelques Diptères piqueurs de la Tribu Ceratopogoninae. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 1, 5.
- 100.** Kremer M, Waller J, Messadeq N., 1987. Quelques aspects nouveaux de l'éthologie, l'écologie, la physiologie et la systématique biochimique des *Culicoides*. *Bull. séanc. Acad. r. Scien. OutreMer* 1988; 33 (1987-3) : 391-410. www.Meded.Zitt.K.Acad.overzeese.wet
- 101.** Kremer, M. 1965. Genre *Culicoides* Latreille particulièrement en France. Paul Lechevalier. Paris. France
- 102.** Lardeux, F., P. Loayza, B. Bouchité ; T. Chavez., 2007. Host choice and human blood index of *Anopheles pseudopunctipennis* in a village of the Andean valleys of Bolivia. *Malaria journal*, 6.
- 103.** Lefèvre PC., 2003, La fièvre catarrhale du mouton (667-687) In :Lefevre PC, Blancou J, Chermette R. Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail : Europe et régions chaudes. Tec & Doc Lavoisier. Paris. pp :1762
- 104.** Legendre L., Legendre P., 1984b. Ecologie Numérique, le traitement multiple des données écologiques. Ed. Masson, Paris, Presse Univ. Québec, T.1, 260 p.

105. Linley, J. R. 1969. Studies on larval development in *Culicoides furens* (Poey)(Diptera : Ceratopogonidae). I. Establishment of a standard rearing technique. *Annals of the Entomological Society of America*, 62, 702-711
106. Maan S, Maan NS, Nomikou K, Batten C, Antony F, Belaganahalli MN, Samy A., Reda A, AL-Rashid S, EL Batel M, et al. Novel bluetongue virus serotype from Kuwait. *Emerg Infect Dis* 2011; 17(5):886-889
107. Maclachlan NJ, Conley AJ, Kennedy PC. Bluetongue and equine viral arteritis viruses as models of virus-induced fetal injury and abortion. *Anim Reprod Sci* 2000; 60-61: 643-651.
108. Maclachlan NJ, Drew CP, Darpel KE, Worwa G. The pathology and pathogenesis of bluetongue. *J Comp Pathol* 2009; 141(1): 1-16.
109. MacLachlan, N.J., Gard, G., 2009. Clinical signs and pathology, In: Bluetongue. Elsevier, pp. 285-293.
110. Madani, H., Casal, J., Alba, A., Allepuz, A., Cêtre-Sossah, C., Hafsi, L., Kount-Chareb, H., Bouayed-Chaouach, N., Saadaoui, H., Napp, S., 2011. Animal diseases caused by Orbiviruses, Algeria. *Emerg. Infect. Dis* 17, 2325–2327. <https://doi.org/10.3201/eid1712.110928>
111. Mathieu B., 2011. Les espèces de *Culicoides* du sous-genre *Avaritia* (Diptera : Ceratopogonidae) dans le monde: Révision systématique et taxonomique des espèces d'intérêt dans la transmission d'Orbivirus. Thèse de doctorat des sciences du vivant. Université de Strasbourg, Ecole doctorale sciences de la vie et de la santé, faculté de médecine .inst. paras. pathol. trop. pp: 259
112. Mathieu, B., Perrin, A., Baldet, T., Delécolle, J. C., Albina, E., & Cêtre-Sossah, C. 2007. Molecular identification of Western European species of *obsoletus* complex (Diptera: Ceratopogonidae) by an internal transcribed spacer-1 rDNA multiplex polymerase chain reaction assay. *Journal of Medical Entomology*, 44(6), 1019-1025.
113. Mellor PS., J. Boorman and M. Baylis, 2000. *Culicoides* biting midges: Their role as arbovirus vectors. *Annual Review of Entomology*, 45: 307-340.
114. Mertens P, Pedley S, Cowley J, Burroughs J, Corteyn A, Jeggo M, Jennings DM, Gorman B 1989. Analysis of the roles of bluetongue virus outer capsid proteins VP2 and VP5 in determination of virus serotype. *Virology*; 170(2): 561-565.
115. Mukhopadhyay, E., Hazra, S., Saha, G. K., Banerjee, D., 2017. Altitudinal variation and bio-climatic variables influencing the potential distribution of *Culicoides orientalis* Macfie, 1932, suspected vector of Bluetongue virus across the North Eastern Himalayan

- belt of Sikkim. *Acta Trop* 176, 402–411. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.09.008>
116. Mullens BA., Tabachnik WJ., Hobrook FR et Thompson LH., 1995. Effets of temperature on virogenesis of bluetongue virus serotype 11 in *Culicoides variipennis sonorensis*. *Medical and Veterinary Entomology*, 71-76.
 117. Mullens, B.A., Gerry, A.C., Lysyk, T.J. & Schmidtman, E.T. 2004. Environmental effects on vector competence and virogenesis of Bluetongue virus in *Culicoides*: interpreting laboratory data in a field context. *Veterinaria Italiana*. 40(3), 160 -166.
 118. Muradov S 1965 The biting midges (Diptera, Heleidea) Turkmenia-fauna and ecology. *Entomol Rev*; 44: 70-74.
 119. Murray, M. 1987. Local Dispersal of the Biting-Midge *Culicoides-Brevitarsis* Kieffer (Diptera, Ceratopogonidae) in Southeastern Australia. *Australian Journal of Zoology*, 35, 559.
 120. Murray, M. D. 1987. Akabane epizootics in New South Wales : Evidence for long-distance dispersal of the biting midge *Culicoides brevitarsis*. *Australian Veterinary Journal*, 64, 305-308.
 121. Nielsen, S. A., Nielsen, B. O., & Chirico, J. 2010. Monitoring of biting midges (Diptera : Ceratopogonidae: *Culicoides* Latreille) on farms in Sweden during the emergence of the 2008 epidemic of bluetongue. *Parasitology Research*, 106, 1197-1203.
 122. Ninio C., 2011. Fièvre catarrhale ovine dans les Ardennes: étude de la biologie des *Culicoides* et de leur rôle épidémiologique. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Reims Champagne-Ardenne Discipline : Parasitologie. Université de Reims Champagne-Ardenne (UFR) de pharmacie Ecole Doctorale : sciences technologie santé. pp: 255.
 123. Ninio C., Augot D., Dufour B., Depaquit J., 2011. Emergences massives de *Culicoides Obsoletus* (Diptera : Ceratopogonidae) à partir de prélèvements réalisés à l'intérieur d'étables et dans les pâtures, dans le nord de la France. Congrès SFMM, SFP, GPLF. Faculté de Medecine de Strasbourg. pp: 75.
 124. Ninio, C, Augot, D., Delécolle, J.-C., Dufour, B., & Depaquit, J. 2011. Contribution to the knowledge of *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) host preferences in France. *Parasitology research*, 108, 657-663.
 125. Office International des Épizooties (OIE) 2001.– Bluetongue in France: in the island of Corsica. *Dis Inf*, 20 July, 14 (29), 178.

- 126.** OMS 1975 Organisation Mondiale de la Santé, Manual of Practical Entomology in Malaria. WHO Offset Public n°13, Genève, 2
- 127.** Owens R, Limn C, Roy P 2004 . Role of an arbovirus nonstructural protein in cellular pathogenesis and virus release. *J Virol*; 78 (12): 6649-6656.
- 128.** Parker, A. H. 1950. Studies on the Eggs of certain Biting Midges (*Culicoides* Latreille) occurring in Scotland. Proceedings of the Royal Entomological Society of London, 25. Consulté à l'adresse <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19521000239>
- 129.** Périe P., Chermette R., Millemann Y., Zientara S., 2005. Les Culicoides, Diptères hématophages vecteurs de la fièvre catarrhale du mouton. *Bull.Acad.Vet. France – 2005- Tome 158-N° 3. Mémoire* : 213- 224.
- 130.** Perrin A., 2007. Contribution au développement de vaccins capripoxviraux recombinants contre la fièvre Catarrhale Ovine. Thèse de Doctorat de l'Université Montpellier II, Discipline : Virologie, formation doctorale : Parasitologie. Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc. pp: 213.
- 131.** Pujols M.A ., 2012. Les Conséquences de la Fièvre Catarrhale Ovine (FCO) Sur La Reproduction Des Petits Ruminants. Thèse de Doctorat vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. Faculté de médecine de Créteil. pp : 153.
- 132.** Purse, B.V., Carpenter, S., Venter, G. J., Bellis, G., Mullens, B.A., 2015. Bionomics of temperate and tropical *Culicoides* midges: Knowledge gaps and consequences for transmission of *Culicoides*-borne viruses. *Annu. Rev. Entomol.* 60, 373–392. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020614>
- 133.** Purse, B. V., N. Nedelchev, G. Georgiev, E. Veleva, J. Boorman, E. Denison, E. Veronesi, S. Carpenter, M. Baylis, and P. S. Mellor. 2006. Spatial and temporal distribution of Bluetongue and its *Culicoides* vectors in Bulgaria. *Med. Vet. Entomol.* 20: 335–344
- 134.** Ramade F., 1984. *Eléments d'écologie, écologie fondamentale*. Ed. McGraw-Hill, Paris, pp 397.
- 135.** Reye, E. J. & Lee, D. J. 1963 The influence of the tide cycle on certain species of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae). *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 87, 377-387.
- 136.** Rhodain F., Perez C., 1985. *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire*. Ed. Maloine. Paris. pp : 458.

- 137.** Rieb, J. P. 1982. Contribution à la connaissance de l'écologie et de la biologie des Cératopogonidés (Diptera, Nematocera). Strasbourg, France, université Louis Pasteur, UER Vie et terre, 395.
- 138.** Rodhain, F., & Perez, C. 1985. Précis d'entomologie médicale et vétérinaire; notions d'épidémiologie des maladies à vecteurs
- 139.** Rogers, D. J. 1988. The dynamics of vector-transmitted diseases in human communities. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences, 321, 513-539.
- 140.** Rossi S, Gibert P, Breard E, Moinet M, Hars J, Maillard D, Wanner M, Klein F, Mastain O, Mathevet P, Bost F 2010 . Circulation et impact du virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) chez les ruminants sauvages. Bulletin épidémiologique ; (35, Hors-série Spécial FCO): 28-31. Disponible à l'URL: <http://www.anses.fr/Documents/BEP-mg-BE35-FCO.pdf>.
- 141.** Samal S, El-hussein A, Holbrook FR, Beaty B, Ramig R 1987a . Mixed infection of *Culicoides variipennis* with bluetongue virus serotypes 10 and 17: evidence for high frequency reassortment in the vector. J Gen Virol; 68 (9): 2319-2329.
- 142.** Samal S, Livingston C, Mcconnell S, Ramig R 1987b Analysis of mixed infection of sheep with bluetongue virus serotypes 10 and 17: evidence for genetic reassortment in the vertebrate host. J Virol; 61: 1086-1091.
- 143.** Sanders, C. J., Gubbins, S., Mellor, P. S., Barber, J., Golding, N., Harrup, L. E., & Carpenter, S. T. 2012. Investigation of diel Activity of *Culicoides* Biting Midges (Diptera : Ceratopogonidae) in the United Kingdom by Using a Vehicle-Mounted Trap. Journal of Medical Entomology, 49, 757-765.
- 144.** Savelli A., 2003. Epidémiologie de la fièvre catarrhale maligne en Europe .Thèse d'exercice - Ecole nationale vétérinaire de Toulouse 3-ENTV. pp : 88.
- 145.** Schwartz-Cornil I, Mertens P, Contreras V, Hemati B, Pascale F, Breard E, Mellor P, Maclachlan N, Zientara S 2008 . Bluetongue virus: virology, pathogenesis and immunity. Vet Res; 39(5): 46.
- 146.** Sddiki H., Chaalal O.M.,Stambouli M.R., 2013.Mila la wilaya. Edition Albayazin.
- 147.** Seddiki H ., 2012 . Voyage de fin de mission en Algérie du 10 au 15 octobre 2012. Compte rendu. 8p.

- 148.** Sellers R F., 1975. Bluetongue in Cyprus. *Australian Veterinary Journal* 51: 198-203. - Sellers R F; Pedgley D E; Tucker M R., 1977. Possible spread of African horse sickness on the wind: *Journal of Hygiene*, 79 (2): 279- 298 –
- 149.** Sellers R F; Maarouf A R., 1991. Possible introduction of epizootic hemorrhagic disease of deer virus (serotype 2) and bluetongue virus (serotype 11) into British Columbia in 1987 and 1988 by infected *Culicoides* carried on the wind. *Canadian Journal of Veterinary Research* 55: 367-370.
- 150.** Sellers RF 1981 Bluetongue and related diseases. In: Gibbs EPJ (ed) *Virus diseases of food animals*, vol 2. Academic, London pp 567–584
- 151.** Sellers, R F., Pedgley, D. E ; Tucker, M R., 1978. Possible windborne spread of bluetongue to Portugal, June-July 1956. *Journal of Hygiene (London)* 81 (2) ,189-96. - Sellers R F; Maarouf A R., 1989. Trajectory analysis and bluetongue virus serotype 2 in Florida 1982. *Canadian Journal of Veterinary Research* 53: 100-102. –
- 152.** Soukehal B., 2009. LA wilaya de Mila : villes, villages et problématique de l'alimentation en eau potable. The. Doctorat es- science en aménagement de territoire. Univ-Montouri. Costantine
- 153.** Stäuber N, Martinez-Costas J, Sutton G, Monastyrskaya K, Roy P. 1997 Bluetongue virus vp6 protein binds atp and exhibits an rna-dependent atpase function and a helicase activity that catalyze the unwinding of double-stranded rna substrates. *J Virol*; 71(10): 7220-7226.
- 154.** Sutton G, Grimes J, Stuart dI, Roy P. 2007 Bluetongue virus VP4 is an RNA-capping assembly line. *Nat Struct Mol Biol*; 14(5): 449-451.
- 155.** Szadziwski R., 1984. *Ceratopogonidae* (Diptera) from Algeria. VI. *Culicoides* Latr. *Bulletin Entomologique de Pologne*. Tome 54, 163-182. 30 IV 1984.
- 156.** Tan B, Nason E, Staeuber N, Jiang W, Monastyrskaya K, Roy P. RGD tripeptide of bluetongue virus VP7 protein is responsible for core attachment to *Culicoides* cells. *J Virol* 2001; 75(8): 3937-3947.
- 157.** Torina, A., Caracappa, S., Mellor, P. S., Baylis, M., & Purse, B. V. 2004. Spatial distribution of bluetongue virus and its *Culicoides* vectors in Sicily. *Medical and Veterinary Entomology*, 18, 81-89
- 158.** Toussaint J F., Kerkhofs P., De Clercq K., 2006. Influence des changements climatiques globaux sur la progression des arboviroses, *Annales de Médecine Vétérinaire*. 150 : 56-63.

- 159.** Uslu, U., & Dik, B. 2006. Vertical distribution of *Culicoides* larvae and pupae. *Medical and Veterinary Entomology*, 20, 350-352.
- 160.** Venter G. Disease transmission [Internet]. 2014 [cité 11 août 2014]. Disponible sur : <http://www.afrivip.org/education/arthropod-ectors/culicoides/culicoides/2014/diseasetransmission>
- 161.** Viennet, E., Garros, C., Lancelot, R., Allene, X., Gardes, L., Rakotoarivony, I., ... Balenghien, T. 2011. Assessment of vector/host contact : Comparison of animal-baited traps and UVlight/suction trap for collecting *Culicoides* biting midges (Diptera : Ceratopogonidae), vectors of Orbiviruses. *Parasites and Vectors*, 4, 12 p. Agritrop 3-juin-2019 (Agritrop : 560738).
- 162.** Walker, A. 1977. Seasonal Fluctuations of *Culicoides* Species (Diptera : Ceratopogonidae) in Kenya. *Bulletin of Entomological Research*, 67, 217-233
- 163.** Waller, Shearer D., 1997. *Veterinary entomology*. London : Chapman & Hall, 456 p
- 164.** Walzer B.G.W., 2009. Les insectes du genre *Culicoides* vecteurs de maladies animales. Thèse de Doctorat vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. Faculté de médecine de Créteil. pp : 215.
- 165.** Ward MP., 1994a. Climatic factors associated with the prevalence of bluetongue virus infection of cattle herd in Queensland. Australia, *The Veterinary record*, pp: 410
- 166.** Williamson S, Woodger N, Darpel K. Differential diagnosis of bluetongue in cattle and sheep. *In Practice* 2008; 30: 242-251.
- 167.** Wittmann, E. J., & Baylis, M. 2000. Climate change : Effects on *Culicoides*-transmitted viruses and implications for the UK. *The Veterinary Journal*, 160, 107-117.
- 168.** Xu, J., Grumbine, R.E., Shrestha, A., Eriksson, M., Yang, X., Wang, Y., Wilkes, A., 2009. The melting Himalayas: cascading effects of climate change on water, biodiversity, and livelihoods. *Conserv. Biol.* 23, 520–530. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01237.x>
- 169.** Yajun Ma , Jiannong Xu , Zhenzhou Yang, Xiaohua Wang , Zhongling Lin, Wei Zhao , Yan Wang , Xiangyu Li , Hua Shi., 2013. A video clip of the biting midge *Culicoides anophelis* Bibliographie 138 ingesting blood from an engorged *Anopheles* mosquito in Hainan, China. *Parasites & Vectors* 2013, 6:326. Short Report.
- 170.** Zimmer J-Y ., Haubruge E., Francis F., Bortels J., Somonnon G., Losson B., et al., 2008a. Breeding sites of bluetongue vectors on Belgium farms. *The veterinary Record*, pp: 131.

171. Zimmer J-Y ., Haubruge E., Francis F., Bortels J., Somonnon G., Losson B., et al., 2008b. Distribution of potentiel bluetongue vectors on Belgium farms. The veterinary Record, pp: 700.
172. Zimmer J-Y ., Losson B., Haubruge E., 2008. Biologie et écologie des Culicoides (Diptera), vecteurs de la fièvre catarrhale ovine. Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology - 61(1- 2), 53-57
173. Zimmer, J.-Y., Haubruge, E., Francis, F., Bortels, J., Joie, E., Simonon, G., ... Kirschvink, N. 2008. Distribution of potential bluetongue vectors on Belgium farms. Veterinary Record, 162, 700-700.
174. Zimmer, J-Y, Haubruge, É., & Francis, F. 2014. Synthèse bibliographique : L'écologie larvaire des Culicoïdes (Diptera : Ceratopogonidae). Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 12.
175. Zimmer, J-Y, Saegerman, C., Losson, B., Beckers, Y., Haubruge, E., & Francis, F. 2013. Chemical composition of silage residues sustaining the larval development of the Culicoides obsoletus / Culicoides scoticus species (Diptera : Ceratopogonidae). Veterinary Parasitology, 191, 197-201.
176. Zimmer, J-Y, Saegerman, C., Martinelle, L., Losson, B., Leroy, P., Haubruge, É., & Francis, F. 2014. Les porcheries : Réservoirs des Culicoides (Diptera : Ceratopogonidae), vecteurs des virus de la Maladie de la Langue bleue et de Schmallenberg ? Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 8.
177. Zimmerman, R. H., Barker, S. J., & Turner, E. C. 1982. Swarming and Mating Behavior of a Natural Population of Culicoides variipennis (Diptera : Ceratopogonidae)1. Journal of Medical Entomology, 19, 151-156.
178. Zouaidia H., 2006. Bilan des incendies des forêts dans l'Est algérienne cas de Mila, constantine, Guelma et Souk-Ahras. The. Mag. Univi. Constantine, 5,7p