

Popular Democratic Republic of Algeria  
Ministry of High Education and Scientific  
Research  
Abbes Laghrour University- Khenchela-  
Natural and life sciences Faculty  
Molecular and Cellular Biology Department



N° de série : .....

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences de la nature et de la vie**

Filière : **Sciences Biologiques**

Spécialité : **Biologie et contrôle des populations des insectes**

*Présenté par :*

**HOGGAS Amira LAADJEL Safa**

Thème

Contribution à l'étude Des Culicoides  
(Nématocère: Cératopogonidae) dans la  
région de khenchela

*Mémoire soutenu publiquement le 19/06/2025* Devant le jury composé de :

**Mme SAIDI Malika**

MCB, Univ.Abbès Laghrour Khenchela, Président

**Mme MERZEKANI Zhira**

MAA, Univ.Abbès Laghrour Khenchela, Encadreur

**Mme GAGUI Fatima**

MAA, Univ.Abbès Laghrour Khenchela, Examineur

**Année Universitaire 2024/2025**



## Remercîment

*Tout d'abord et Avant tout, je remercie Allah de m'avoir donné la force, la patience et la détermination pour atteindre mes objectifs, et parmi ces objectifs, le travail présenté devant vous, malgré les circonstances que nous vivions.*

*Je tiens tout d'abord à remercier l'ensemble des membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail.*

*Saïdi Malika*

*Docteur à la faculté des sciences de la nature, Université de Khenchela. Je la remercie vivement, d'avoir accepté de présider le jury, elle a été une merveilleuse enseignante qui m'a aidé en me fournissant les informations nécessaires pour développer ce mémoire sans aucune hésitation.*

*J'adresse mes remerciements particuliers à M<sup>lle</sup> Gagui Fatima, Docteur à la faculté des sciences de la nature, Université de Khenchelad'avoir accepté d'examiner ce modeste travail et d'être membre du jury de la soutenance, et je lui en suis très reconnaissante.*

*À Merzekani zhira*

*Docteur à la faculté des sciences de la nature, Université de Khenchela. Je tiens à la remercier beaucoup pour ses efforts, la supervision de mon travail et ses intérêts. Ses encouragements et ses conseils avisés m'ont aidé dans mon travail de terrain et au laboratoire, et je la remercie d'avoir été là pour moi, que ce soit pour la lecture ou pour m'accompagner.*

*Je tiens à adresser mes remerciements particuliers à L'agriculteur Laour Hamza Ben Mabrouk ainsi qu'à sa famille respectée, pour leur soutien, leurs efforts et leur précieuse aide dans la réalisation de ce travail.*

*Enfin, J'adresse également mes sincères remerciements à Tous les enseignants de la spécialité Biologie et contrôle des populations d'insectes.*



## Dédicace

*Louange à Dieu, par amour et gratitude, au commencement comme à la fin.*

*À celui dont je porte le nom avec fierté,*

*À celui que Dieu a couronné de prestance et de sagesse,*

*À celui qui a ôté les épines de mon chemin pour y semer la paix,*

*À mon père, qui n'a jamais ployé sous le poids des fardeaux, mais s'est courbé  
pour me porter.*

*Il portait mes soucis sur ses épaules ; je taisais parfois mes besoins, mais lui les  
devinait et les comblait sans que je parle.*

*Merci d'être mon père.*

*À celle qui m'a appris les valeurs avant même les paroles,*

*À ce pont qui me mène vers le Paradis,*

*À la main invisible qui a écarté les obstacles de mon chemin,*

*À celle dont les prières nocturnes et diurnes portaient mon nom,*

*Ma mère... mon amour.*

*À ceux que Dieu m'a offerts comme un don inestimable,*

*À la source de ma force et la cause de ma joie,*

*À ces visages dont chaque sourire semble être une nouvelle vie,*

*Mes sœurs Chaima et Halima et mon frère kherddein.*

*À celles qui, lorsque le monde se resserrait autour de moi, l'élargissaient par leur  
présence,*

*À celles qui étaient les premières à me relever par leurs mots,*

*Mes amies et cousines : Sara , Malak, Romaysa.*

*À celle qui m'a accompagnée de cœur bien avant le chemin,*

*À celle qui a été témoin de chaque difficulté et m'a soutenue à chaque pas,*

*Ma cousine Amira.*

*À la joie des jours, à celle qui se prosternait en remerciement et éclairait mon  
chemin par ses prières,*

*Ma grand-mère.*

*Et à l'âme pure qui nous a quittés en corps mais demeure vivante en mon cœur,  
Je dédie cet accomplissement à mon grand-père, priant Dieu de faire de sa tombe  
un jardin du Paradis,*

*Et que ces mots lui parviennent comme une prière fidèle et éternelle.*

*Amira*



## Dédicace

*À ceux qui ont été, après Dieu, la raison de mon parcours et de ma réussite...*

*À mes chers parents, battement de mon cœur et piliers de ma vie, que ce travail soit le fruit de vos sacrifices et de vos prières inlassables.*

*À ma chère sœur Malak, toujours présente avec son affection et ses paroles réconfortantes dans les moments difficiles.*

*À mes frères bien-aimés Amir et Ahmed Abdelmoez, mes soutiens constants et mes compagnons de persévérance et d'espoir.*

*À mon amie fidèle Imène, complice de mon parcours, lumière dans les jours sombres — merci pour ta présence, ton écoute et ta confiance en moi.*

*Et à celle qui a grandement contribué à ma formation et à mon épanouissement académique...*

*À ma respectée professeure Merzegani Zahira, je vous exprime toute ma gratitude pour votre encadrement, vos conseils sincères et votre bienveillance tout au long de ce chemin.*

*À tous ceux qui ont cru en moi, de près ou de loin...*

*Je vous dédie humblement ce travail, en témoignage de mon affection et de ma reconnaissance infinies.*

Safa

## Résumé

Les insectes du genre *Culicoides*, de petits diptères hématophages, sont des vecteurs confirmés ou potentiels de plusieurs arbovirus d'importance médicale et vétérinaire. Leur répartition est influencée par divers facteurs écologiques et climatiques, ce qui rend leur étude essentielle pour la prévention des maladies vectorielles. Ce genre est largement répandu en Algérie.

Ce travail comprend une partie théorique et une autre appliquée. L'étude de terrain a été réalisée dans la commune de Baghaï (wilaya de Khenchela), durant la période du 1<sup>er</sup> avril au 13 mai 2025, à l'aide de pièges lumineux de type OVI. Les sorties hebdomadaires ont permis de capturer 128 individus, tous identifiés au laboratoire afin de déterminer les espèces et analyser de la diversité spécifique.

Les résultats ont révélé une nette dominance de *Culicoides newsteadi*, avec 126 individus (soit 98,44 %). En revanche, *C. imicola*, principal vecteur de la fièvre catarrhale ovine (FCO), était presque absent (0,78 %), en plus d'un individu non identifié représentant également 0,78%. Tous les individus capturés étaient des femelles uniquement.

L'analyse écologique, basée sur le calcul de l'indice de Shannon-Weaver ( $H' = 0,132$ ) et l'indice d'équitabilité ( $E = 0,083$ ), a mis en évidence une faible diversité spécifique et une structure faunistique déséquilibrée. Ces résultats, associés aux données épidémiologiques locales, soulignent la nécessité d'une surveillance entomologique rigoureuse et continue dans la région.

**Mots clés :** Baghaï, *Culicoides*, diversité, FCO, Khenchela, pièges lumineux, surveillance entomologique

## المخلص

تعد الحشرات التابعة لجنس *Culicoides* من الذبابتين صغيرة الحجم الماصة للدم، وهي نواقل مؤكدة أو محتملة لعدة فيروسات منقولة بالمفصليات (أربوفيروسات) ذات أهمية طبية وبيطرية. وتتأثر درجة انتشارها بعدة عوامل بيئية ومناخية، مما يجعل دراستها ضرورية للوقاية من الأمراض التي تنقلها. يُعتبر هذا الجنس واسع الانتشار في الجزائر.

يتضمن هذا العمل جزءاً نظرياً وآخر تطبيقياً. وقد أُنجزت الدراسة الميدانية في بلدية بغاي (ولاية خنشلة) خلال الفترة الممتدة من 1 أبريل إلى 13 ماي 2025، باستعمال مصائد ضوئية من نوع OVI. مكّنت الجولات الأسبوعية من جمع 128 فرداً، خضع كل منها لعملية تعريف مخبري من أجل تحديد الأنواع وتحليل التنوع النوعي.

أظهرت النتائج هيمنة واضحة للنوع *Culicoides newsteadi* ب 126 فرداً أي بنسبة (98,44%)، في حين سُجّل غياب شبه كلي للنوع *C. Imicola* بنسبة (0,78%)، الناقل الرئيسي لحمى اللسان الأزرق (FCO) و فرداً آخر لم يتم التعرف على نوعه بنسبة (0,78%) . كما أن جميع الأفراد التي تم اصطيادها كانت إناثاً. وقد كشفت التحاليل البيئية، المعتمدة على حساب مؤشر التنوع لشانون-وبفر ( $H'=0,132$ ) و مؤشر التوازن ( $E=0,083$ ) عن تنوع نوعي ضعيف وبنية حيوانية غير متوازنة. تؤكد هذه النتائج، إلى جانب المعطيات الوبائية المحلية، على ضرورة اعتماد مراقبة حشرية صارمة في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: التنوع، المصائد الضوئية، المراقبة الحشرية، بغاي، خنشلة، *Culicoides*، FCO.

## **Abstract**

Insects of the *Culicoides* genus, small blood-feeding dipterans, are confirmed or potential vectors of several arboviruses of medical and veterinary importance. Their distribution is influenced by various ecological and climatic factors, making their study essential for the prevention of vector-borne diseases. The genus is widely distributed across Algeria.

This work includes both a theoretical and a practical component. The field study was conducted in the commune of Baghaï (Khenchela Province) from April 1 to May 13, 2025, using OVI-type light traps. Weekly sampling resulted in the capture of 128 individuals, all of which were identified in the laboratory to determine the species and analyze species diversity.

The results showed a clear dominance of *Culicoides newsteadi*, with 126 individuals(98.44%). In contrast, *C. imicola*, the main vector of bluetongue (FCO), was nearly absent(0.78%), along with one unidentified individual(also 0.78%). All captured specimens were females only.

Ecological analysis, based on the calculation of the Shannon-Weaver diversity index ( $H' = 0.132$ )and theequitability index ( $E = 0.083$ ), revealed very low species diversityand astrongly unbalanced faunal structure. These findings, in conjunction with local epidemiological data, highlight the need for rigorous and continuous entomological surveillance in the region.

**Keywords:** Baghaï, *Culicoides*, diversity, entomological surveillance, FCO, Khenchela, light traps.



# **Table des matières**

## Table des matières

Remercîment .....	I
Dédicace .....	II
Résumé .....	III
Table des matières .....	IV
Liste des figures .....	VIII
Liste des tableaux .....	XI
Liste des sigles et abréviations .....	XIII
Introduction générale.....	1

### **Première partie : Synthèse bibliographique**

Chapitre 1 : Généralité sur les culicoides.....	4
1. Systématique : .....	4
2. Morphologie générale des Culicidae : .....	5
2.1. Morphologie des stades immature : .....	5
2.1.1. Les œufs .....	5
2.1.2. Les larves .....	5
2.1.3. La nymphe .....	6
2.1.4. Les imagos : .....	7
2.2. Morphologie des stades mature : .....	7
2.2.1. La tête : .....	7
2.2.2. Le thorax : .....	8
2.2.3. Les ailes : .....	9
2.2.4. L'abdomen : .....	9
2.2.5. Les pattes : .....	10
3. Biologie et écologie des <i>Culicoides</i> : .....	10
3.1. Le Cycle de vie : .....	10
3.2. Nutrition : .....	12
3.3. Écologie larvaire :( Habitats larvaires ) : .....	12
4. Rappel sur les pièges utilisé pour les captures des <i>Culicoides</i> : .....	13
4.1. Piège lumineux : .....	13
4.2. Piège à appât : .....	15
5. Méthodes de lutte contre les <i>Culicoides</i> : .....	16

## Table des matières

---

5.1. La lutte biologique :	17
5.2. La lutte écologique :	17
5.3. La lutte mécanique :	18
5.4 La lutte chimique :	18
Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoides.....	21
1. Introduction :	21
2. La fièvre catarrhale ovine (FCO) :	21
2.1. Répartition géographique dans le monde .....	22
2.2. Situation épidémiologique de la FCO en Algérie .....	23
3. Les acteurs de la maladie .....	23
3.1. Hôtes : vertébrés sensibles.....	24
4. Transmission d'agents pathogènes.....	25
4.1. Transmission de virus.....	25
4.2. Transmission de parasites .....	25
5. Symptômes de la maladie.....	26
6. Diagnostic.....	27
7. Traitement .....	28
8. Prophylaxie.....	29
9. Hémorragie épizootique .....	30
10. Onchocercose bovine .....	30
10.1. Le traitement.....	31
<b>Deuxième partie : partie expérimentale</b>	
Chapitre 3 : Matériels et méthodes.....	33
1. Présentation de la zone d'études :	33
1.1. Climat de la wilaya de Khenchela :	34
1.2. Température :	34
1.3. Précipitations :	36
2. Cadre géographique.....	37
2.1. Localisation administrative :	37
2.2. Situation géographique :	37
2.3. Climat et relief :	37
3. Matériels nécessaires pour l'étude .....	38
3.1. Etude entomologique.....	38
3.1.1. Matériels utilisés sur le terrain.....	38
3.1.2. Matériels de laboratoire .....	38

## Table des matières

---

3.1.3. Matériel utilisé pour le Montage.....	39
4. Description des Méthodes d'étude.....	39
4.1. Méthode d'échantillonnage des insectes.....	39
4.1.1. Technique de piégeage sur terrain.....	39
4.1.2. Méthode ou laboratoire.....	40
5. Étude écologique.....	46
5.1. Abondance relative (AR %).....	46
5.2. Richesse spécifique (RS).....	47
5.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver.....	47
5.4. L'indice d'équitabilité E :.....	47
Chapitre 4 : résultats et discussions.....	48
I. Résultats.....	48
1. Inventaire faunistique des <i>Culicoïdes</i> capturées dans la région de kenchela.....	48
2. Répartition des <i>Culicoïdes</i> selon le sexe.....	48
3. Analyses écologiques :.....	50
3.1. Indices écologiques :.....	50
3.2. Richesses spécifiques des espèces de <i>Culicoïdes</i> capturées :.....	50
3.3. Abondances relatives des espèces récoltées dans le site de Baghai :.....	50
3.4. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H').....	51
3.5. Indice d'équitabilité (E).....	51
II. Discussion.....	51
Conclusion générale et perspective.....	55
Références bibliographiques.....	58

## Liste des figures

Figure 1 : Larve des Culicoides sp. 1 DL : Thaïlande : Tambon Phon Ngam : 41130 : 25/06/2023 Altitude : 181 m - Taille : 5 mm .....	6
Figure 2 : Pupes de culicoides _ Nymphes des culicoïdes biting midges .....	6
Figure 3 : Mâle et femelle de Culicoides dans stades adulte . A.Culicoides biguttatus, femelle.B. Sous-genre Avaritia, mâle. ....	7
Figure 4 : Caractères morphologique propres au genre Culicoides Latreille : tête d'une femelle Culicoides imicola kieffer. ....	8
Figure 5: Dessin d'une tête de Culicoides male.....	8
Figure 6 : Image d'une aile de Culicoides crepuscularis (femelle) provenant d'un spécimen entier, montrant les nervures et les cellules alaires. ....	9
Figure 7 : Représentation schématique des pattes de Culicoides.....	10
Figure 8 : Cycle de vie des culicoïdes.....	12
Figure 9 : Piège utilisé pour le suivi de la dynamique des Culicoides : piège lumineux de type OVI.....	14
Figure 10 : Piège à appât cheval dans le site de Pout.....	16
Figure 11 : Aspirateur avec batterie de 12volts à gauche et un enregistreur de température et d'humidité relative de type HOBO à droite .....	16
Figure 12 : Zones de répartition des principaux vecteurs de la fièvre catarrhale dans le monde .....	22
Figure 13 : Wilayas touchées par le long bleu en Algérie en 2000 (Mellor et Wittmann, 2002). ....	23
Figure 14 : Représentation d'un système vectoriel. ....	24
Figure 15 : Devenir du virus BTV chez l'hôte. ....	26
Figure 16 : Wilaya de Khenchela. ....	33
Figure 17 : Variation mensuelles de la Températures moyennes (°C) et précipitations (mm) à Khenchela de 2022 à 2024. ....	37
Figure 18 : le commun de Baghai .....	38
Figure 19 : Piège lumineux de type OVI utilisé dans notre étude (photos originales). ....	40

## Liste des figures

---

Figure 20 : Le tri des échantillons à la loupe binoculaire, (Laboratoire de Hammam salhine). .....	43
Figure 21 : Les étapes de l'identification des culicoïdes à la loupe binoculaire, (Laboratoire de Hammam salhine) .....	44
Figure 22 : Les étapes de montage des culicoïdes (Laboratoire de Hammam salhine) .....	45
Figure 23 : Différentes parties des Culicidaes newsteadii après le montage (photos originales) .....	46
Figure 24 : Histogramme représentant la totalité d'espèces des Culicoïdes récoltées.....	48
Figure 25 : Répartition temporelle des Culicoïdes collectées selon leur sexe. ....	49

### Liste des tableaux

Tableau 1 : Systématique des Culicoides.....	4
Tableau 2 : Températures mensuelles moyennes de la wilaya de Khanchela (2022.2024). ....	35
Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles (°C) et précipitations mensuelles (mm) à Khenchela de 2022 à 2024. ....	36
Tableau 4 : Liste des espèces de Culicoides collectées dans la région de kenchela. ....	48
Tableau 5 : Evolution temporelle des Culicoïdes récoltées selon leur sexe.....	48
Tableau 6: Répartition des Culicoïdes collectées selon les sous genres. ....	50

# Liste des sigles et abréviations

---

## Liste des sigles et abréviations

**BT** : Bleue Tongue  
**BTV** : Bluetongue Virus.  
**CO2** : dioxyde de carbone  
**Cu1**: cellule cubital1  
**Cu2**: cellule cubital1  
**FCO** : Fièvre Catarrhale Ovine  
**HE**: Hémorragie épizootique  
**L1** : Stade 1  
**L2**: Stade 2  
**L3** : Stade 3  
**L4** : Stade 4  
**M** : médiane,  
**M**: meter  
**m1**: cellule médiane  
**M1**: 1er nervure median  
**M2**: 2em nervure median  
**Max**: maximum  
**Min** : minimum  
**Mm** : millimètre  
**P** : précipitation  
**P.D.A.D** : Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme  
**R** : Radius  
**r1**:cellule radial 1  
**r2**: cellule radial 2  
**r5**: cellule radial 5  
**Sp** : Sans préciser l'espèce  
**T moy** : température  
**Tmax** : température maximale  
**Tmin** : température minimale  
**ub**: unbroken-UV : Ultra violet  
**V** : volume  
**µm** : micromètre



# **Introduction générale**

## Introduction générale

Les insectes constituent un groupe d'une richesse exceptionnelle, avec environ 100 000 espèces décrites et probablement autant restant à découvrir. Parmi eux, l'ordre des Diptères (Diptera) occupe une place centrale en entomologie médicale et vétérinaire, regroupant environ 80 000 espèces (**Kabboute, 2017**).

Cette importance s'explique par le fait que certaines espèces sont impliquées dans la transmission de pathogènes, en tant que vecteurs, hôtes intermédiaires ou encore transporteurs passifs. Par ailleurs, d'autres peuvent occasionner des nuisances directes à travers leurs piqûres, sécrétions toxiques ou effets allergènes (**Kabboute, 2017**).

Parmi ces insectes nuisibles, les insectes hématophages occupent une place particulière en raison de leur rôle majeur dans la transmission des maladies vectorielles (**Rodhain et Perez, 1985**).

La famille *Ceratopogonidae* Newman, 1834, se compose de diverses petites espèces de diptères, qui se caractérisent par leur abondance et leur large distribution. Selon Borkent et Dominiak (2020), on dénombre 6 206 espèces reconnues, réparties en trois sous-familles et appartenant à 112 genres. Ces insectes se trouvent partout dans le monde, sauf en Antarctique, et on peut les trouver aussi bien sur les côtes que sur les sommets des montagnes les plus élevées. L'altitude la plus haute jamais enregistrée est de 4 651 mètres, mesurée au lac Huacracocha au Pérou (**Tapia et al., 2018**).

Le genre *Culicoides* compte parmi les plus petits insectes hématophages, avec une taille corporelle comprise entre 1 et 3 mm (**Mellor et al., 2000**). Malgré leur petite taille, plusieurs espèces jouent un rôle majeur en tant que vecteurs biologiques de pathogènes d'importance médicale et vétérinaire. Parmi ces pathogènes figurent des virus arboviraux tels que le virus de la langue bleue (BTV), le virus de la maladie hémorragique épizootique (EHDV) et le virus de la fièvre du cheval africain (AHSV), ainsi que des virus affectant l'homme, comme le virus Oropouche (OROV) (**1971 ; Walker et Davies, 1971**). Le genre *Culicoides* est l'un des plus riches, avec plus de 1 400 espèces identifiées, présentes dans une grande diversité d'environnements allant des régions tropicales aux zones tempérées (**Mellor et al., 2000**).

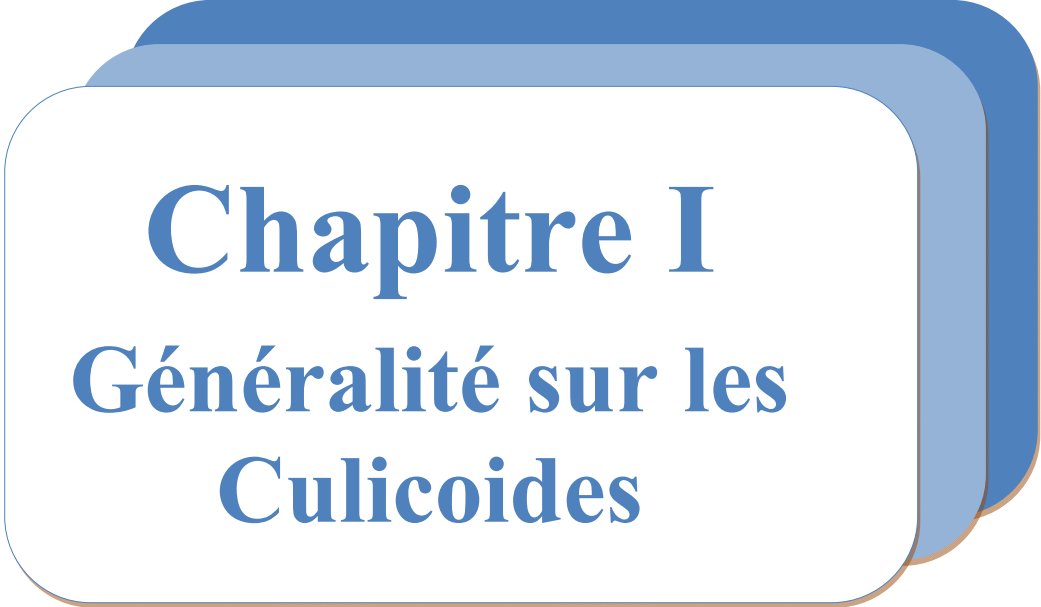
# Introduction générale

---

La dynamique des populations de *Culicoides* est fortement influencée par les facteurs environnementaux, notamment les variations de température, d'humidité, ainsi que les changements dans l'utilisation des terres. Cette sensibilité aux conditions climatiques a favorisé, au cours des dernières décennies, l'émergence de nouvelles maladies, soulignant la nécessité d'une surveillance accrue et d'une meilleure compréhension de leur biologie et de leur écologie (Wittmann et Baylis, 2000).

Ainsi, notre travail consiste en un inventaire, réalisé durant la période du **1er avril au 13 mai 2025**, des populations de *Culicoides* sur un site unique, dans le but de développer une compréhension globale des espèces vectrices potentielles présentes dans cette région. Cela nous permet de recenser un certain nombre d'espèces appartenant au genre *Culicoides*, tel qu'il est défini durant la période d'étude.

Notre travail s'articule autour de deux parties complémentaires. La première est théorique et comprend deux chapitres : le premier chapitre présente des généralités sur le genre *Culicoides*, tandis que le deuxième traite des aspects sanitaires liés à ces insectes, notamment leur rôle en tant que vecteurs de maladies. La deuxième partie est pratique et repose sur une enquête de terrain menée dans la région de Khenchela, plus précisément dans la commune de Baghai. Elle comporte également deux chapitres : le chapitre 3, intitulé "Matériel et méthodes", détaille le choix de la station d'étude ainsi que les méthodes utilisées pour l'échantillonnage et l'identification des espèces ; le chapitre 4 est consacré à la présentation des résultats, à leur analyse et à leur discussion. Enfin, une conclusion générale résume les principales observations et propose des perspectives.



# **Chapitre I**

## **Généralité sur les Culicoides**

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoides

## Chapitre 1 : Généralité sur les culicoides

### 1. Systématique :

Le genre *Culicoides* a été établi par Latreille en 1809, au début du XIXe siècle. Ce genre, qui se subdivise en plusieurs sous-genres, représente l'un des 60 genres composant la sous-famille *Ceratopogoninae*. Il est également le seul représentant du genre *Culicoidini* (Kieffer, 1911) parmi les 125 genres qui forment la famille des *Ceratopogonidae* (Kremer, 1965). On estime qu'elle compte près de 5500 espèces (Mellor *et al.*, 2000). Le genre *Culicoides* est constitué de 1300 espèces, dont 1% sont soupçonnées de jouer un rôle dans la diffusion de la FCO (Pujols, 2012). Selon la classification de Borkent et Wirth (1997), les espèces sont réparties en 39 sous-genres; leur distribution est étendue à travers toute la planète (Mellor *et al.*, 2000). Certaines caractéristiques des *Culicoides* ont permis de les classer comme suit (Capinera, 2004 ; Gillott, 1995; Delicolle 1995) :

Tableau 1 : Systématique des Culicoides.

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous- Embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Ordre	Diptera
Sous- ordre	Nématocera
Famille	<i>Ceratopogonidae</i>
Sous famille	<i>Ceratopogoninae</i>
Tribu	<i>Culicoidini</i>
Genre	<i>Culicoides</i>

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoïdes

---

## 2. Morphologie générale des Culicidae :

### 2.1. Morphologie des stades immature :

Le cycle de vie des *Culicoïdes* se décompose en quatre étapes : l'œuf, quatre stades larvaires, un stade nymphal et un stade imaginal (adulte).

#### 2.1.1. Les œufs

Les œufs des *Culicoïdes* sont de forme fusiforme, petite *et* allongés, avec une taille variant entre 100 et 250 micromètres selon les espèces (**Mullen et Murphree, 2019**). Ils sont pondus isolément ou en petits groupes sur des substrats humides comme la boue, les excréments, les litières végétales en décomposition et les berges de plans d'eau (**Berchi, 2000**). À la ponte, ils sont blancs, puis deviennent bruns ou noirs sous l'effet de l'oxydation (**Hassaine, 2002**). Contrairement aux Culicidae, ils ne possèdent pas de flotteurs et ne sont pas déposés directement sur l'eau. Chaque œuf possède un micropyle à son pôle antérieur ainsi que de petites structures facilitant son attachement au substrat (**Ziani Hadj-Henni et al., 2013**). L'éclosion a lieu en 2 à 7 jours, en fonction de la température et des conditions environnementales (**Perie et al., 2005**).

#### 2.1.2. Les larves

Après l'éclosion, les larves de *Culicoïdes* sont vermiformes longées, avec une taille initiale de 0,5 mm, pouvant atteindre 5 mm à leur dernier stade larvaire (**Guillaumot, 2005**). Elles traversent quatre stades larvaires (L1 à L4) au cours de leur développement (**Carneval et Robert, 2009**). Contrairement aux larves de moustiques, elles ne vivent pas en milieu aquatique, mais dans des environnements humides et riches en matière organique tels que la boue, les excréments d'animaux ou la litière végétale (**Claude, 2003 ; Carneval et Robert, 2009**). Elles possèdent une tête bien développée avec des pièces buccales adaptées à l'ingestion de particules organiques. Elles n'ont pas de siphon respiratoire comme les moustiques et respirent à travers la cuticule ou par des stigmates trachéaux (**Guillaumot, 2005**).

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoïdes

---



**Figure 1** : Larve des Culicoides sp. 1 DL : Thaïlande : Tambon Phon Ngam : 41130 :  
25/06/2023 Altitude : 181 m - Taille : 5 mm (Site 01)

## 2.1.3. La nymphe

La nymphe des *Culicoides* est compacte et légèrement recourbée, ressemblant à une petite virgule (Rodhain et Perez, 1985). Elle est de couleur brunâtre et mesure environ 2 à 3 mm. Contrairement aux moustiques, elle ne se développe pas dans l'eau mais reste dans le même habitat que les larves : boue, litière végétale ou sol humide (Claude, 2003). La respiration se fait par deux stigmates respiratoires postérieurs. Pendant ce stade, qui dure quelques jours, la nymphe ne se nourrit pas et subit des transformations morphologiques majeures avant l'émergence de l'adulte (Becker *et al.*, 2010).

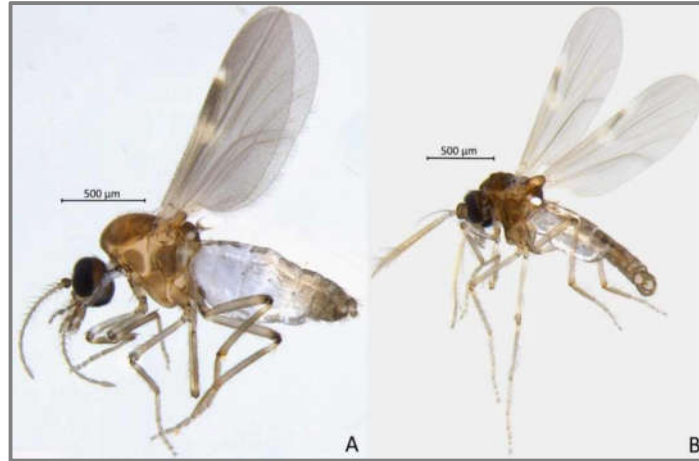


**Figure 2** : Pupes de culicoides \_ Nymphes des culicoïdes biting midges (Site 02)

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoides

## 2.1.4. Les imagos :

Les adultes (ou imagos) sont des moucheron trapus et gibbeux de 1 à 4 mm de long (**Mullen 2009**), ont un corps composé, comme tous les insectes, d'une tête, d'un thorax et d'un abdomen (**Venail., 2014**).



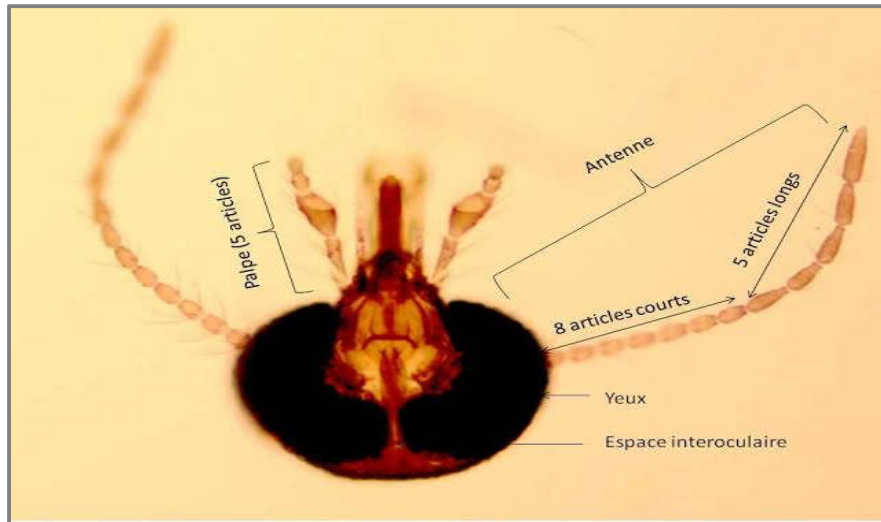
**Figure 3 :** Mâle et femelle de Culicoides dans stades adulte . A.Culicoides biguttatus, femelle.B. Sous-genre Avaritia, mâle.(Site 03) .

## 2.2. Morphologie des stades mature :

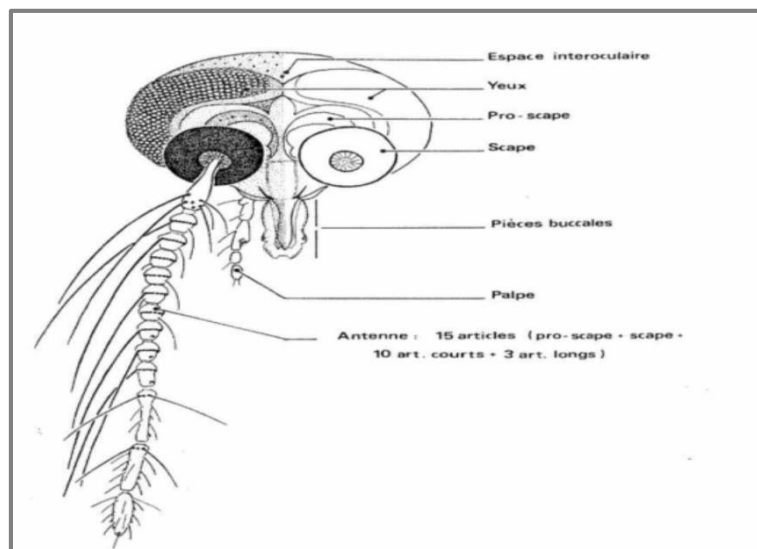
### 2.2.1. La tête :

La tête des *Culicoides* est arrondie et légèrement aplatie dans le sens antéro-postérieur (**Meiswinkel et al.,2004**). Elle porte des yeux composés volumineux (**Balenghien et Delécolle, 2009**), sans ocelles. Les antennes, qui varient en longueur selon le sexe, comptent en moyenne 13 à 15 articles, avec un nombre d'articles différent entre les mâles et les femelles (**Perie et al., 2005 ; Delecolle et al., 2003**). La disposition des antennes chez la femelle inclut le scape annulaire, le pédicelle fortement renflé, suivis de 8 articles courts et 5 articles longs, tandis que chez le mâle, il y a 10 articles courts et 3 longs (**Perie et al.,2005**). Les pièces buccales sont de type piqueur, formant une trompe courte et vulnérante. Les mandibules et maxilles sont équipées de petites dents, tandis que les palpes maxillaires, composés de 5 articles, présentent une fossette sensorielle sur le troisième article, souvent renflé (**Delecolle et al., 2003 ; Balenghien et Delécolle, 2009**). Le rapport antennaire (ratio entre la somme des longueurs des cinq derniers articles et la somme des huit premiers) peut être utilisé pour différencier les mâles des femelles (**Perie et al., 2005**).

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoides



**Figure 4 :** Caractères morphologique propres au genre *Culicoides* Latreille : tête d'une femelle *Culicoides imicola kieffer* (Bourquia, 2019).



**Figure 5:** Dessin d'une tête de *Culicoides* male (Site 04)

## 2.2.2. Le thorax :

Le thorax des adultes de *Culicoides* est composé de trois segments : prothorax, mésothorax et métathorax. Il porte trois paires de pattes courtes et une paire d'ailes membraneuses repliées sur le dos au repos (Gillott, 1995 ; Gullon, 2005). La deuxième paire d'ailes est vestigiale et transformée en balanciers ou haltères, qui sont des structures vibrantes jouant un rôle dans le maintien de l'équilibre en vol. Ces haltères sont attachés à la cuticule et possèdent des cellules sensorielles à leur base, leur permettant de détecter les changements de direction et d'assurer une trajectoire stable (Gullon et Cranston, 2005).

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoides

## 2.2.3. Les ailes :

Les ailes des *Culicoides* sont étroites, membraneuses et dépourvues d'écailles. Elles mesurent environ 1 à 1,5 mm de long et 0,05 à 0,08 mm de large. Elles possèdent des nervures bien définies : costa, subcosta, radiale, transverse, anale, médiane et cubitale. Les cellules alaires comprennent la cellule basale, les cellules radiales ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_5$ ), les cellules médianes ( $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_4$ ) et la cellule cubitale (Cu). Ces motifs distincts des ailes permettent l'identification précise des espèces (Balenghien et Delécolle, 2009 ; Ritchie *et al.*, 2004).

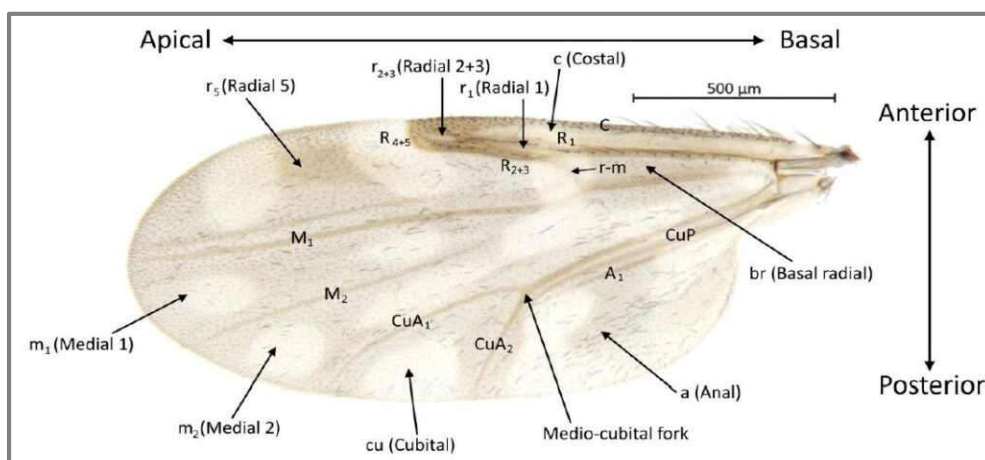


Figure 6 : Image d'une aile de *Culicoides crepuscularis* (femelle) provenant d'un spécimen entier, montrant les nervures et les cellules alaires (Site 03) .

Les nervures sont en majuscules, sauf pour  $r-m$ , tandis que les cellules sont en minuscules. Les cellules sont nommées sur la figure afin de différencier clairement les noms des cellules et des nervures. La nomenclature est basée sur Downes et Wirth (1981). (Site 03)

## 2.2.4. L'abdomen :

L'abdomen des *Culicoides* est constitué de dix segments, dont les derniers portent les structures génitales spécifiques à chaque sexe. Chez les mâles, on trouve l'hypopygium, tandis que chez les femelles, ce sont les cerques qui sont présents. Ces structures jouent un rôle essentiel dans la classification taxonomique des espèces (Balenghien et Delécolle, 2009 ; Ziani Hadj-Henni, 2014)

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoides

## 2.2.5. Les pattes :

La coloration et l'ornementation des pattes jouent un rôle important dans l'identification des espèces de Culicoides. Toutes les espèces possèdent des épines sur les trois premiers tarsomères des pattes médianes. Les pattes antérieures se distinguent par la présence d'un éperon à l'extrémité distale du tibia, tandis que les pattes postérieures sont caractérisées par un peigne tibial (Figure 07). En revanche, les pattes médianes ne présentent aucune structure particulière à l'extrémité distale du tibia. Il n'existe pas de dimorphisme sexuel notable au niveau des pattes (Mathieu, 2011).

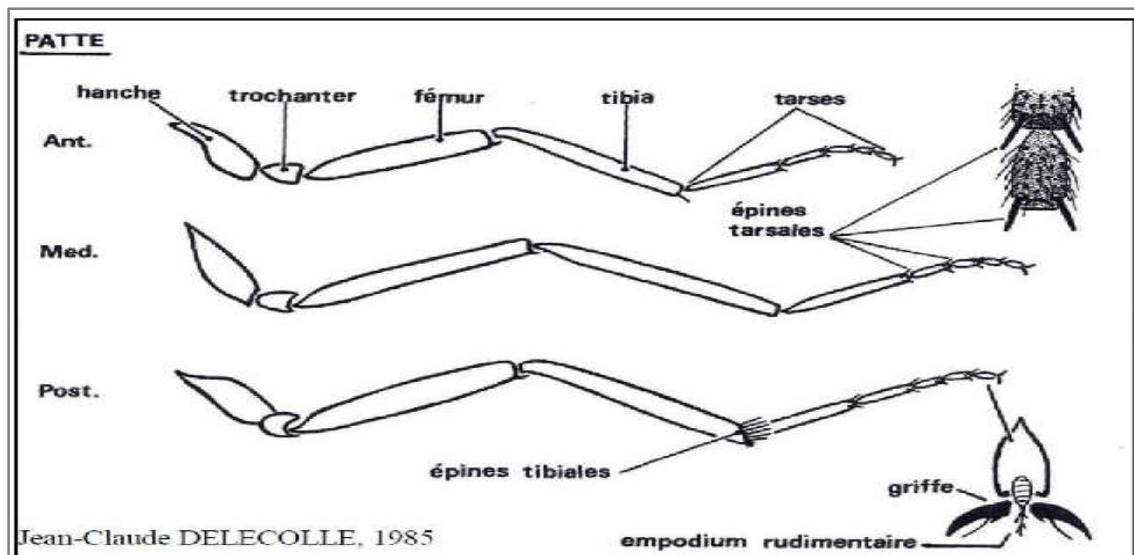


Figure 7 : Représentation schématique des pattes de Culicoides (Delecolle et al., 2002).

## 3. Biologie et écologie des *Culicoides* :

### 3.1. Le Cycle de vie :

Le cycle de vie des *Culicoides* comprend quatre stades : œuf, larve (quatre stades larvaires), nymphe et adulte (imago). Seules les femelles sont hémaphages, se nourrissant du sang d'hôtes variés, bien que la majorité soient mammophiles ou ornithophiles (Balenghien et Delécolle, 2009). L'accouplement a lieu lors de vols nuptiaux en essaim ou au sol, près des habitats larvaires (Chaker, 1983; Downes, 1955). Après l'accouplement, la femelle conserve les spermatozoïdes et cherche un repas sanguin, nécessaire à la maturation des œufs et à l'accomplissement du cycle trophogonique (Braverman, 1978; Garros et

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoïdes

---

**Balenghien, 2017).** Certaines espèces, comme *C. circumscriptus*, sont partiellement autogènes et peuvent pondre sans prise de sang initiale (**Garros et Balenghien, 2017).**

L'éclosion se produit entre 2 et 4 jours suivant le repas sanguin et les œufs sont déposés sur des surfaces humides, soit isolément ou en groupes de 30 à 675 œufs en fonction de l'espèce (**Balenghien et Delécolle, 2009 ; Purse et al., 2015).** Selon les conditions environnementales, l'éclosion peut se produire entre 2 et 10 jours (**Nevill, 1967 ; Parker, 1950).**

Les larves, qui sont vermiformes et mobiles, se développent dans des environnements semi-aquatiques riches en matières organiques (**Chaker, 1983 ; Uslu et Dik, 2006).** Elles passent par trois mues successives avant d'arriver au stade nymphal (**Hill, 1947 ; Linley, 1969).** Selon Balenghien et Delécolle (2009), le développement larvaire dure entre deux semaines dans les régions tropicales et jusqu'à sept mois dans les climats tempérés. Une diapause peut se manifester sous forme d'estivo-hibernation ou de diapause hivernale, produisant deux générations par an, l'une au printemps et une seconde plus restreinte en fin d'été (**Zimmer et al., 2014 ; Rieb, 1982).**

Les nymphes, qui sont peu actives et possèdent des trompettes respiratoires, se transforment en adultes en 3 à 10 jours (**Purse et al., 2015).** Selon les conditions météorologiques, les adultes peuvent survivre entre 20 jours et 3 mois (**Goffredo et al., 2000).** La durée complète du cycle de vie est grandement déterminée par la température et peut varier de quelques semaines à plusieurs mois (**Purse et al., 2015).** En général, les femelles sont actives la nuit, particulièrement à l'aube et au crépuscule. Leur activité est influencée par les conditions météorologiques (**Balenghien et Delécolle, 2009 ; Sanders et al., 2012).**

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoïdes

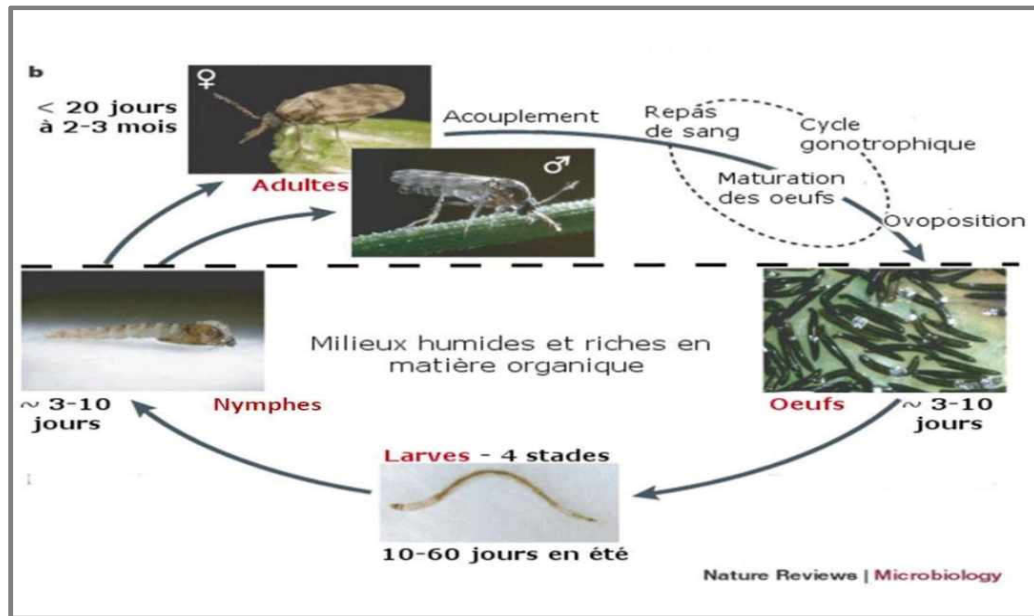


Figure 8 : Cycle de vie des culicoïdes (Purse *et al.*, 2015).

## 3.2. Nutrition :

Les *Culicoides* présentent un dimorphisme sexuel marqué dans leur alimentation. Les mâles, floricoles, se nourrissent de nectar, pollen et matières organiques en décomposition, et se réfugient dans la canopée (Ziani Hadj-Henni, 2014). Les femelles, principalement hématophages, prennent un repas sanguin tous les trois à cinq jours pour compléter leur cycle trophogonique (Holmes et Birley, 1987 ; Braverman, 1988). Certaines espèces, particulièrement agressives, sont mammophiles ou ornithophiles, mais évitent les animaux à sang froid (Balenghien et Delécolle, 2009). Leur activité est surtout crépusculaire, et elles repèrent leurs hôtes grâce à leurs palpes sensibles à la chaleur et au dioxyde de carbone (Johnstone et Hurst, 1996). Certaines espèces parasitent d'autres insectes et vertébrés, et un parasitisme des *Culicoides* sur l'Anophèle a été observé (Nevil, 1971 ; Délecolle, 1995 ; Yajun Ma *et al.*, 2013). Enfin, l'augmentation des températures favorise la fréquence des repas sanguins, et certaines espèces adoptent un cycle diurne (Wittmann *et al.*, 2000 ; Savelli, 2003 ; Ninio, 2011 ; Geoffroy, 2010 ; Périe *et al.*, 2005).

## 3.3. Écologie larvaire : ( Habitats larvaires ) :

Pour de nombreuses espèces, les habitats larvaires des *Culicoides* sont variés et souvent mal identifiés (Mullen et Hribar, 1988). D'après Kettle et Lawson (1952), on a identifié six catégories d'habitats pour les larves, généralement définis par des environnements

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoïdes

---

humides abondants en matière organique. Ces habitats englobent les bords des étangs, des rivières, les marais, les tourbières, les canaux d'irrigation, les substrats inondés d'eau douce ou saumâtre, les plages de sable fin, les marais salants, les cavités dans les arbres, ainsi que les substrats en décomposition comme le sol forestier, la prairie, le fumier et la bouse associés à l'élevage (Zimmer *et al.*, 2014).

Au niveau régional, on observe des variations dans les préférences larvaires : *C. sonorensis*, vecteur principal du BTV, préfère les bassins pollués des fermes, les eaux résiduaires et le ruissellement de l'eau d'irrigation des prairies en Amérique du Nord. En Australie, *C. brevitarsis* se développe dans les excréments de bétail, alors que *C. oxystoma* habite principalement les environnements aquatiques et semi-aquatiques, y compris les rives des cours d'eau.

Paléarctique : Les espèces appartenant au sous-genre *Avaritia* se distinguent par leurs habitats spécifiques : *C. obsoletus* et *C. scoticus* sont souvent présents dans les installations d'élevage . On associe *C. dewulfi* et *C. chiopterus* aux bouses de vaches et aux terrains humides. (Garros et Balenghien, 2017). La préférence de *C. imicola* pour les habitats varie selon la région : en milieu méditerranéen, il favorise les boues non submergées et les étangs dépourvus de végétation. (Garros et Balenghien, 2017). On peut identifier trois principales catégories d'habitats pour les larves : les boues situées à proximité des plans d'eau, les bouses d'animaux herbivores et la végétation en décomposition (Garros et Balenghien, 2017).

## 4. Rappel sur les pièges utilisés pour les captures des *Culicoïdes* :

### 4.1. Piège lumineux :

On désigne souvent les pièges lumineux sous le terme « piège de type OVI » (Figure 09), du fait de leur fabrication par l'ARC-OVI (Agricultural Research Council – Onderstepoort Veterinary Institute) en Afrique du Sud (Dussom, 2012). Ces dispositifs sont conçus pour opérer durant la nuit afin d'attraper les insectes nocturnes, et ils fonctionnent grâce à une batterie (12V).

Les composantes du piège sont les suivantes :

- Un tube fluorescent néon (lumière noire) de 8 Watts, adapté à une tension de 240 Volts. Sa taille est de 30 cm. Le tube est suspendu sous un couvre « chapeau » de couleur bleue en

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoïdes

---

métal. Les insectes sont attirés la nuit grâce à la lumière noire. L'utilisation d'un tissu en forme de moustiquaire avec des mailles larges permet de capturer uniquement les petits insectes, tandis que les insectes de plus grande taille comme les papillons sont retenus par ces mailles.

- Un dispositif d'aspiration électrique (12cm x 12cm) conçu pour capturer les insectes en vol autour du piège, attirés par sa lumière noire ;

Un cône en toile de type moustiquaire (avec des mailles extrêmement fines) qui oriente les insectes ; Le ventilateur

- Un récipient en plastique rempli d'eau savonneuse attire les insectes qui y périssent ;
- Un pot en plastique à un tiers plein d'eau savonneuse sert à la collecte des insectes ;
- Une batterie de voiture de 12 volts garantit une indépendance énergétique suffisante pour trois jours consécutifs de capture. (Dussom, 2012).



**Figure 9** : Piège utilisé pour le suivi de la dynamique des Culicoïdes : piège lumineux de type OVI. (Dusom, 2012 )

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoïdes

---

## 4.2. Piège à appât :

Ce dispositif (Figure 10.), fabriqué localement, s'inspire du modèle employé par **(Fall et al., 2011)** et permet de piéger aussi bien les insectes diurnes que crépusculaires, avec la spécificité d'avoir des insectes gorgés sur l'appât. Il se compose d'une cage métallique ayant pour dimensions 2,5m x 1,5m x 2m, ce qui est suffisant.

Pour accueillir un poney, un poulain ou un cheval de race locale. **(Dussom, 2012)** Une moustiquaire de dimensions 3,5m x 2,5m x 2,5m est suspendue à des piquets et recouvre la cage, laissant un espace d'environ 50cm tout autour pour permettre à l'opérateur de la récolter. La moustiquaire est hangée à peu près 20 cm au-dessus du sol afin de permettre le passage des insectes attirés par l'appât **(Dussom, 2012)**.

Les insectes capturés dans le filet seront rassemblés dans un tube de collecte à l'aide d'un aspirateur électrique fait maison (Figure 11), construit à partir d'un tube PVC dans lequel est inséré un ventilateur alimenté par une batterie de 12 volts. Voici le matériel employé pour ce genre de piège : **(Dussom, 2012)**.

- Récipient de prélèvement en plastique,
- Contenant en plastique conçu pour se fixer au piège,
- Filtre,
- Etiquette,
- Pissette,
- Alcool à 90°,
- Aspirateur, produit localement à partir d'un tube PVC et d'un ventilateur alimenté par une batterie de 12V facilement déplaçable,
- Batterie 12V (modèles petits pour l'aspirateur et grands pour les pièges OVI),
- Enregistreur automatique de température et d'humidité relative (HOBO data Logger). (Figure 11) **(Dussom, 2012)**.

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoides



Figure 10 : Piège à appât cheval dans le site de Pout( Dusom , 2012)



Figure 11 : Aspirateur avec batterie de 12volts à gauche et un enregistreur de température et d'humidité relative de type HOBO à droite( Dusom , 2012)

## 5. Méthodes de lutte contre les *Culicoides* :

La lutte contre les *Culicoides* s'est initialement concentrée sur les espèces causant un désagrément majeur, en particulier aux États-Unis et en Écosse, où une forte concentration a été notée, atteignant jusqu'à 635 insectes piqueurs par minute sur un bras exposé (Carpenter *et al.*, 2005). Cette perturbation avait un impact sur les activités en extérieur et le tourisme local (Hendry et Godwin, 1988). Les premières tentatives de régulation ont été effectuées en Floride dans les années 1950, consistant à pulvériser du DDT 5 % sur la mangrove par voie aérienne, sans toutefois tenir compte de l'impact environnemental. Cette technique n'a procuré

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoides

---

qu'une défense passagère, confinée à une durée de six jours . Au fil du temps, différentes méthodes de combat ont été élaborées (**Madden, 1946**).

## 5.1. La lutte biologique :

L'emploi d'ennemis naturels, comme les prédateurs ou les agents pathogènes, constitue la base de la lutte biologique contre les *Culicoides*, dans le but de diminuer leur nombre et le danger de propagation. Deux insectes prédateurs ont été identifiés : *Cicindela suturalis*, qui se nourrit des nymphes de *Culicoides phlebotomus* aux Antilles, et *Elaphrus cupreus* en France, capable d'ingérer jusqu'à 60 nymphes de *C. riethi* en une demi-heure (**Rieb et Delécolle, 1981**).

On a identifié divers agents biologiques, tels que des parasites (**Heleidomermis, Mullens et Velten, 1994**), des virus (**Iridovirus, Mullens et al., 1999**) et des bactéries endosymbiotiques (*Wolbachia*), au sein de diverses espèces de *Culicoides*. Cependant, leur potentiel en tant qu'agents de contrôle biologique n'a pas été examiné. *Wolbachia*, un agent qui influence la reproduction et diminue la durée de vie de son hôte, a démontré son efficacité contre *Aedes aegypti* en Australie (**Iturbe-Ormaetxe et al., 2011**), cependant son utilisation sur les *Culicoides* n'a pas encore été explorée. Cependant, des recherches ont mis en évidence la présence de bactéries endosymbiotiques dans des espèces porteuses en Europe (**Lewis et al., 2014**). De plus, le champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* a prouvé son efficacité en milieu contrôlé contre les *Culicoides* (**Ansari et al., 2011**).

Néanmoins, l'usage potentiel de ces techniques demeure peu exploré du fait de leur complexité d'application, qui requiert des validations pratiques et des stratégies opérationnelles sur mesure (**Ansari et al., 2011**).

## 5.2. La lutte écologique :

L'action écologique englobe toutes les initiatives prises concernant l'environnement afin de limiter la croissance des populations de *Culicoides*. On peut diminuer ou même supprimer les lieux de reproduction en pompant et en asséchant les points d'eau, ou encore en empêchant la formation de ces abris. pour une gestion efficace des pratiques agricoles (**Mellor et Wittmann, 2002**).

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoïdes

---

Quand les habitats larvaires, tel que pour *C. sonorensis*, un vecteur avéré du virus de la FCO en Amérique du Nord, sont précisément identifiés, cette approche autorise une gestion durable et efficace. Il a été constaté qu'en diminuant les niveaux d'eau autour des fermes, il y a une baisse du nombre de *Culicoïdes sonorensis* (Mullens, 1992). La gestion des débris organiques provenant des exploitations animales (excréments et fumier) devrait minimiser la population d'individus des espèces de *Culicoïdes*, dont les habitats larvaires. On les associe fréquemment aux lieux où l'on trouve une abondance de matières organiques en décomposition. Toutefois, il a été prouvé que l'utilisation de plastique pour recouvrir les bouses dans une ferme bovine au Royaume-Uni s'avère inefficace (Harrup *et al.*, 2014). En Israël, la dispersion régulière à distance du fumier provenant de l'élevage a contribué à diminuer le nombre de captures de *C. imicola*. Dans ce contexte méditerranéen aride, les conditions spécifiques de chaleur intense et de sécheresse peuvent rendre compte de l'efficacité. L'aspect logistique de ce genre de pratique complique ces méthodes, tout en ne garantissant pas leur efficacité (Braverman, 1994).

## 5.3. La lutte mécanique :

La lutte mécanique implique la mise en place de barrières physiques autour des animaux, telles que des moustiquaires ou des murs édifiés, pour diminuer l'interaction entre hôtes et vecteurs. Une méthode fréquemment adoptée est le confinement des animaux dans les bâtiments durant les périodes d'activité intense de *Culicoïdes*. Cette approche repose sur l'imperméabilité des structures face aux *Culicoïdes* (le nombre qui peut y pénétrer) et le comportement endophage (qui pique à l'intérieur) ou exophage (qui pique à l'extérieur) des espèces locales. En Afrique du Sud, on a rentré les chevaux dans les écuries pendant la nuit afin de les défendre contre les piqûres de *C. imicola*, un vecteur nocturne et exophage du virus de la peste équine. On a noté que les membres de cette espèce étaient moins fréquemment piégés à l'intérieur du bâtiment qu'à l'extérieur (Meiswinkel *et al.*, 2000). On a constaté en Europe que *C. imicola*, le vecteur obsolète du virus de la FCO pouvait pénétrer dans les édifices pour piquer (Baldet *et al.*, 2008), surtout si les ouvertures des bâtiments étaient larges. Ce comportement endophage peut fluctuer en fonction des saisons, étant plus prononcé à la fin de la saison (automne) qu'au début (printemps) (Baylis *et al.*, 2010).

## 5.4 La lutte chimique :

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoïdes

---

La stratégie chimique pour combattre les *Culicoïdes* s'appuie sur l'emploi de substances répulsives, d'attractives et d'insecticides afin de minimiser le contact entre hôte et vecteur ou d'atténuer leurs effectifs. À l'heure actuelle, aucun produit répulsif n'est appliqué pour défendre les ruminants domestiques, même si des composés tels que le DEET, la perméthrine, le p-menthane-3,8-diol (PMD) et la picaridine ont prouvé une efficacité restreinte dans le temps (**Carpenter et al., 2005**). L'augmentation de l'intérêt pour les produits naturels a entraîné des essais sur diverses huiles essentielles : tandis que la citronnelle (**Page et al., 2009**) et le neem (**González et al., 2014**) ont démontré leur inefficacité, celles de l'eucalyptus citronné (**Trigg, 1996**), de l'origan (**Braverman et al., 1999**), et d'arbre à thé (**Braverman and Chizov-Ginzburg, 1997 ; Braverman et al., 1999**), Selon les études de neem (**Blackwell et al., 2004**), d'eucalyptus et de lavande , un effet répulsif a été démontré. Toutefois, la variété des techniques expérimentales complique la mise en parallèle des résultats (**González et al., 2014**).

On a aussi mis au point des attractifs associés à des pièges pour attraper les *Culicoïdes*, mais leur performance peut varier. Par exemple, l'introduction de CO<sub>2</sub> et d'autres composés chimiques dans un Mosquito Magnet a contribué à accroître la capture de *Culicoïdes* de 2 à 70 %. Toutefois, ces approches ne saisissent qu'une petite partie de la population, ce qui limite leur effet sur la propagation des agents pathogènes (**Cilek et Hallmon, 2005**).

Les traitements insecticides visent les larves ou les individus adultes. L'application des larvicides requiert une connaissance approfondie des lieux de reproduction larvaires, ce qui restreint leur utilisation en Europe. Aux États-Unis, l'utilisation d'organohalogénés contre *C. furens* en Floride a été pratiquée, cependant cette méthode a été abandonnée à cause des résistances qui se sont développées (**Clements et Rogers, 1968**) et de leur effet sur les espèces non ciblées. Des larvicides naturels tels que *Bacillus thuringiensis serovar israelensis* (Bti) ont démontré une efficacité encourageante contre les *Culicoïdes* des régions marécageuses (**Hershey, 1998**), néanmoins leur performance doit être vérifiée dans des environnements semi-solides riches en matière organique (**Carpenter et al., 2008**). Les régulateurs de croissance des insectes (IGR) représentent une option alternative, ayant démontré leur efficacité contre *Aedes albopictus* (**Fulcher et al., 2014**) et *Stomoxys calcitrans* (**Liu et al., 2012**).

On utilise fréquemment les adulticides pour combattre les insectes nuisibles et vecteurs. Ces produits peuvent être utilisés à l'intérieur des structures d'élevage, sur des filets

# Chapitre 1 : Généralité sur les Culicoides

---

anti-insectes, des surfaces traitées (bâches, murs) ou directement sur les animaux (**Liu *et al.*, 2012**).



# **Chapitre II**

## **Impact sanitaire des Culicoides**

# Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoides

---

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoides

### 1. Introduction :

Le genre *Culicoides* (Latreille, 1809), appartenant à l'ordre des Diptères, revêt une grande importance médicale et vétérinaire en raison de son comportement hématophage et de sa capacité à transmettre plusieurs virus aux vertébrés, notamment les ruminants et les équidés. Parmi les virus transmis figurent : le virus de Schmallenberg (SBV), la peste équine africaine (AHSV), le virus Akabane (AKAV), le virus de la maladie hémorragique épizootique (EHDV) et le virus de la fièvre catarrhale ovine (BTV/FCO).

Environ **1 347 espèces** de *Culicoides* ont été recensées dans le monde (**Borkent & Dominiak, 2020**), bien que seules quelques femelles soient impliquées dans la transmission des arbovirus. Le rôle vectoriel de ces insectes a été démontré pour la première fois en 1944 par Du Toit en Afrique du Sud. Leur répartition est mondiale, entre 35–40° de latitude sud et 40–50° nord, à l'exception de régions comme l'Antarctique, la Nouvelle-Zélande, Hawaï et le sud extrême de l'Amérique du Sud (**Mellor et al., 2000 ; Meiswinkel et al., 1994**, et même des altitudes élevées comme le Tibet (4 200 m) (**Callot et al., 1967**).

En Algérie, plusieurs études confirment leur présence, notamment dans le nord-est. (**Kardjadj et al., 2016**) ont rapporté une séroprévalence de 16,44 % chez les bovins et de 13,33 % chez les petits ruminants. (**Mohammed-Cherif et al., 2021**) ont également identifié leur présence dans les régions de Guelma, Souk Ahras et Tébessa.

### 2. La fièvre catarrhale ovine (FCO) :

La fièvre catarrhale ovine (FCO), ou maladie de la langue bleue (**Zimmer et al., 2014**), est une pathologie virale transmise par des vecteurs (**Hwang et al., 2019**). Non transmissible (**Mellor et Wittmann, 2002 ; Abera et al., 2018 ; De Oliveira Vial et al., 2021**). Cela touche essentiellement les ruminants domestiques et sauvages (**Savini et al., 2017 ; Cappai et al., 2018 ; Pudar et al., 2018 ; Mignotte et al., 2021**), en particulier les moutons et les vaches (**Mullen et Murphree, 2019**). Le virus responsable de la fièvre catarrhale ovine (BTV), classé dans le genre *Orbivirus* de la famille *Reoviridae*, est propagé par des moucheron hématophages appartenant au genre *Culicoides* (**Du Toit, 1944 ; Mellor et al., 2000**). Certaines espèces de ces diptères jouent également un rôle de vecteurs biologiques pour plusieurs types d'arbovirus (**Foxi et al., 2016**).

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoides

*Culicoides imicola* est le principal vecteur du virus de la FCO en zone afro-asiatique et méditerranéenne. Toutefois, en dehors de ces régions, des espèces des groupes *Obsoletus* et *Pulicaris* peuvent également assurer la transmission, surtout en l'absence de *C. imicola* (Mellor et Prrzous, 1979 ; Mellor *et al.*, 2000).

La FCO est une maladie qui doit être signalée obligatoirement, inscrite parmi les 93 maladies notifiables à l'OIE, engendre d'importantes pertes socioéconomiques et entrave le commerce international des animaux et de leurs produits (Saegerman *et al.*, 2008 ; Hwang *et al.*, 2019)

### 2.1. Répartition géographique dans le monde

la FCO est répartie à l'échelle mondiale (Mathieu, 2011) , qui dépend fortement de celle de ses vecteurs (Augot et Depaquit, 2010). Décrite en 1881 en Afrique du Sud, elle s'est propagée dès 1940 vers l'Afrique centrale, le bassin méditerranéen (Israël, Turquie, Syrie, Oman, Arabie Saoudite), l'Asie (Inde, Chine, Pakistan, Japon, Indonésie, Malaisie), puis les Amériques (USA, Canada, Mexique, Chili, Brésil, Guyane) et l'Océanie (Australie, Nouvelle-Zélande) (Bréard *et al.*, 2007). Longtemps limitée à l'extrême sud de l'Europe, son extension vers le nord depuis 1998 coïncide avec celle de *C. imicola* (Balenghien et Delécolle, 2009). À ce jour, 32 pays d'Europe et du pourtour méditerranéen, dont l'Algérie, ont été touchés (Mathieu, 2011).

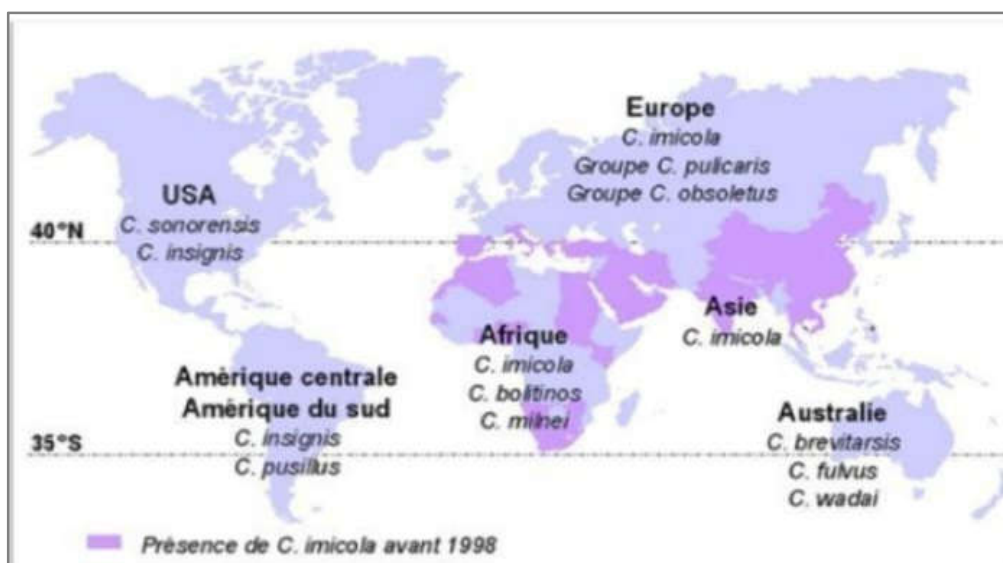
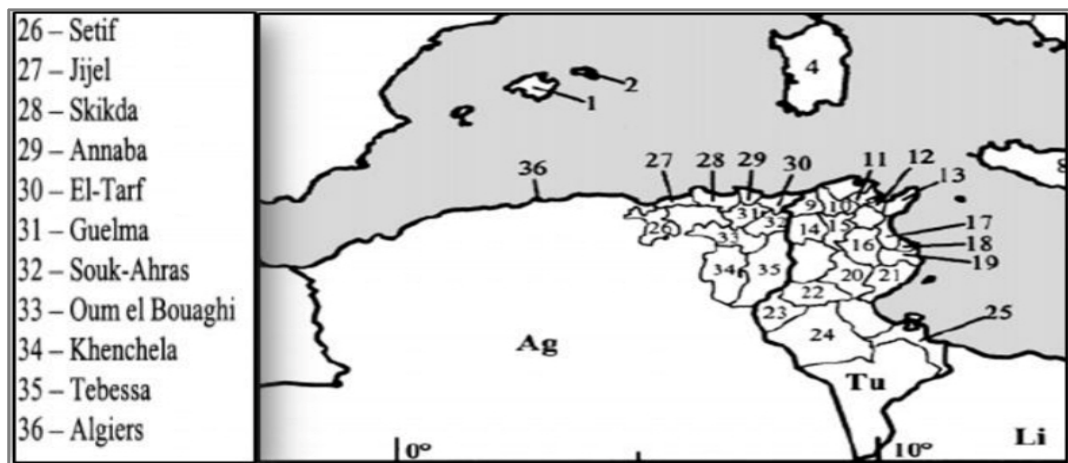


Figure 12 : Zones de répartition des principaux vecteurs de la fièvre catarrhale dans le monde (Purse *et al.*, 2005)

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoides

### 2.2. Situation épidémiologique de la FCO en Algérie

En juillet 2000, des foyers de fièvre catarrhale ovine (FCO) dus au sérotype 2 ont été signalés pour la première fois en Algérie, touchant plusieurs wilayas du nord-est telles que Skikda, Souk Ahras, Annaba, Guelma, Oum El Bouaghi, Tébessa, Jijel, El Tarf, Khenchela, ainsi que la capitale Alger (**Agag et al., 2011**). Par la suite, en 2006, la présence du sérotype 1 a également été confirmée dans certaines régions du pays (**Djeral et Delécolle, 2009**). La FCO a été détectée chez les ruminants domestiques, avec une séroprévalence de 16,44 % chez les bovins et de 13,33 % chez les petits ruminants, témoignant d'une circulation virale active dans le cheptel (**Kardjadj et al., 2016**).



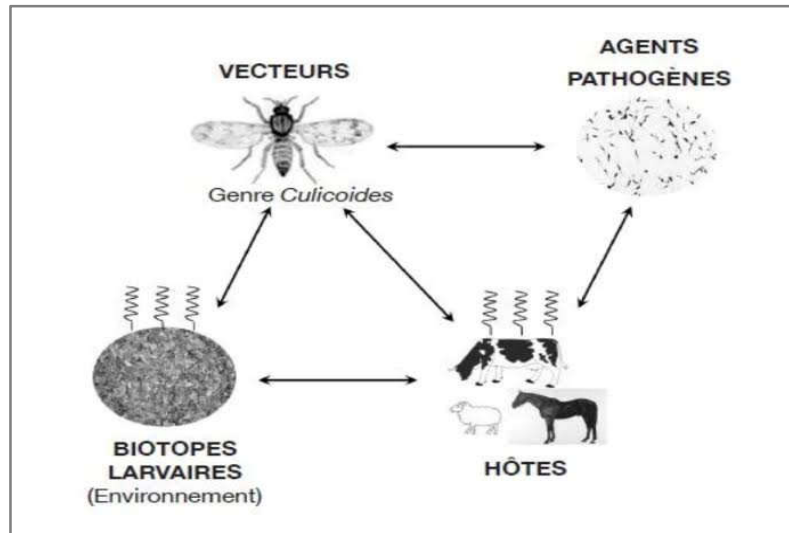
**Figure 13** : Wilayas touchées par la fièvre catarrhale en Algérie en 2000 (**Mellor et Wittmann, 2002**).

### 3. Les acteurs de la maladie

À l'instar de nombreuses maladies vectorielles, le cycle de transmission de la fièvre catarrhale ovine (FCO) présente une complexité notable lorsqu'on considère l'ensemble des espèces vertébrées sensibles à l'infection (**Biteau-Coroller, 2007**). Bien qu'il s'agisse d'une maladie virale potentiellement virulente, elle n'est pas transmissible par contact direct entre un animal infecté et un animal sain. Sa propagation se fait de manière indirecte, via la piqûre d'un moucheron hématophage du genre *Culicoides*, vecteur du virus responsable (**Charbonnier et al., 2009**).

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoïdes

Le cycle évolutif du virus de la FCO (BTV) implique deux principaux compartiments : l'insecte vecteur et les hôtes vertébrés capables d'assurer la réplication virale. Ces deux composantes interagissent au sein d'un environnement défini, dont les caractéristiques influencent directement la dynamique de transmission. Ainsi, quatre éléments essentiels interviennent dans la diffusion du BTV : le virus lui-même, les espèces vectrices, les hôtes vertébrés, et l'environnement (**Biteau-Coroller, 2007**).



**Figure 14** : Représentation d'un système vectoriel (**Zimmer et al., 2013**).

### 3.1. Hôtes : vertébrés sensibles

Les vertébrés sensibles sont ceux chez lesquels la maladie se manifeste cliniquement. Les ovins sont les plus concernés, tandis que chez les bovins et les caprins, les signes cliniques sont généralement peu marqués (**Abu Elzein, 1985**), tout comme chez les ruminants sauvages (**Saegerman et al., 2009 ; Chatry, 2012**). Il est important de noter que cette maladie n'affecte pas l'être humain et n'est donc pas considérée comme une zoonose (**Guis, 2007**).

Après infection par le virus, les ovins et caprins peuvent héberger l'agent pathogène dans leur sang pendant une période maximale d'environ cinquante jours. En revanche, chez les bovins, cette période peut dépasser 104 jours. Ainsi, la durée de la virémie varie selon l'espèce. D'après Bowne *et al.* (1968), la virémie prolongée observée chez les bovins pourrait expliquer la persistance du virus, permettant à de nouveaux *Culicoïdes* de s'infecter durant cette période. Cela confirme que les bovins jouent le rôle de véritable « réservoir du virus ».

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoïdes

---

Le troupeau infecté représente donc une source majeure de maintien du virus dans l'environnement (**Chatry, 2012**).

Par ailleurs, d'autres espèces animales non ruminantes peuvent également contracter le virus. C'est notamment le cas de certains grands carnivores africains et de chiens ayant été contaminés accidentellement par un vaccin infecté (**Chatry, 2012**).

### 4. Transmission d'agents pathogènes

#### 4.1. Transmission de virus

Dans le cadre de la fièvre catarrhale ovine (FCO), environ une cinquantaine d'arbovirus ont été isolés à partir de *Culicoïdes* à l'échelle mondiale. Parmi les maladies virales transmises par ces insectes, la fièvre d'Oropouche, largement répandue en Amérique du Sud et en Amérique centrale, représente la plus significative pour la santé humaine (**Mellor et al.,2000**).

En ce qui concerne les arboviroses présentant une importance vétérinaire, leur nombre est plus élevé. Les principales affections de ce groupe incluent la FCO, la maladie hémorragique épizootique des cervidés (*epizootic hemorrhagic disease*), la peste équine (*African horse sickness*), l'encéphalose équine, la maladie d'Akabane, la fièvre bovine éphémère (*ephemeral bovine fever*), ainsi que les infections causées par les virus du groupe Palyam (**Mellor et al.,2000**).

#### 4.2. Transmission de parasites

Les *culicoïdes* jouent un rôle dans la diffusion de protozoaires hématophiles appartenant aux genres *Haematoproteus*, *Leucocytozoon* et *Hepatocystis*. La majorité de ces espèces sont hébergées par des oiseaux. En particulier, deux espèces, *Haematoproteus meleagridis* et *Leucocytozoon caulleryi*, posent des problèmes dans l'élevage de volailles (**Mullen, 2009**).

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoides

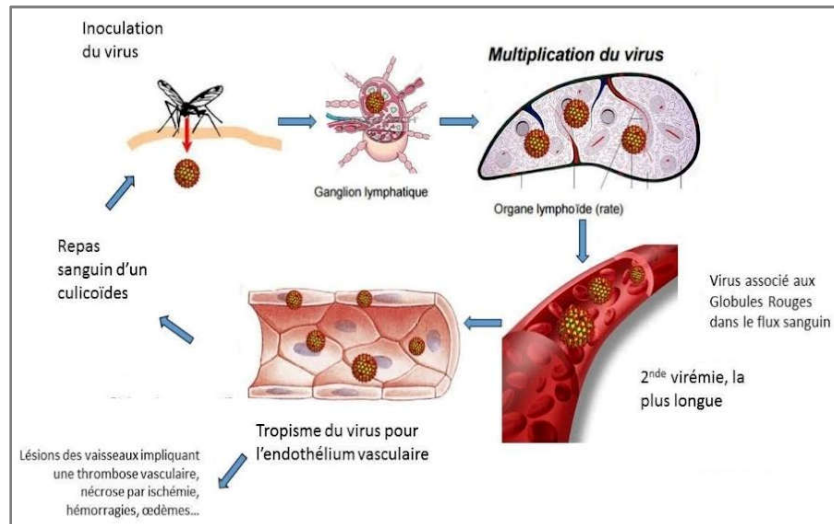


Figure 15 : Devenir du virus BTV chez l'hôte (Pons, 2017).

### 5. Symptômes de la maladie

L'infection par le virus de la fièvre catarrhale est particulièrement sévère chez les moutons, en particulier pour certaines races et dans des conditions environnementales spécifiques (Lefevre, 1988 ; Gourreau, 2001).

#### a. Forme aiguë

La forme aiguë de la fièvre catarrhale ovine (FCO) se caractérise par une période d'incubation pouvant aller jusqu'à 18 jours, avec une moyenne de 6 à 7 jours. Elle débute par une hyperthermie marquée, atteignant jusqu'à 42°C, durant entre 4 et 8 jours, accompagnée d'une anorexie et d'un abattement général. (Hunt *et al.*, 1997).

Dans les 24 à 48 heures qui suivent l'apparition de la fièvre, des signes congestifs, œdémateux et hémorragiques deviennent apparents. La congestion des muqueuses buccale et nasale est intense, souvent accompagnée d'une hypersalivation. On observe également un larmolement et un jetage séreux abondant. Cette congestion s'accompagne fréquemment d'un œdème des lèvres et de la langue, pouvant s'étendre à toute la tête, notamment aux oreilles, aux paupières et à la région sous-mandibulaire. (Hunt *et al.*, 1997).

La cyanose de la langue, qui a donné à la maladie son nom anglais « blue tongue », est fréquente bien qu'inconstante. À ce stade, l'anorexie devient totale. Après deux à trois jours, des ulcérations apparaissent sur les gencives, les lèvres, le museau, et plus généralement dans

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoïdes

---

l'ensemble de la cavité buccale. La salive devient striée de sang, dégage souvent une odeur nauséabonde, et peut être accompagnée d'un jetage purulent. L'animal garde alors la bouche ouverte, avec protrusion de la langue. (Hunt *et al.*, 1997).

Aux alentours du sixième jour, d'autres symptômes apparaissent selon les organes atteints. On note des difficultés locomotrices et des boiteries liées à une atteinte podale, caractérisée par une congestion du bourrelet corné (sabots chauds et douloureux), pouvant évoluer vers une nécrose du tissu podophylleux. Des postures anormales telles que le torticolis, la raideur musculaire ou le dos voûté témoignent d'une myosite dégénérative. Enfin, des atteintes pulmonaires ou digestives peuvent survenir, principalement en raison de complications secondaires (Hunt *et al.*, 1997).

### **b. Forme subaigue :**

Les symptômes observés dans cette forme sont similaires à ceux décrits précédemment, mais de manière moins marquée. Des lésions persistent au niveau des muqueuses buccale et nasale. Une congestion cutanée ainsi qu'une pododermite peuvent être notées, accompagnées parfois de myasthénie et d'exongulation, souvent dues à des infections secondaires (Rohrer H., 1971).

L'évolution de la maladie est lente, et l'issue peut être fatale à long terme, en raison d'un amaigrissement progressif, pouvant entraîner la mort jusqu'à un an après l'apparition des premiers signes (Rohrer H., 1971).

## **6. Diagnostic :**

Le diagnostic de laboratoire est indispensable pour confirmer une suspicion clinique de fièvre catarrhale ovine et identifier le sérotype en cause. Il repose sur des méthodes telles que la RT-PCR, l'isolement viral ou les tests sérologiques, dont l'application dépend du contexte épidémiologique (OIE, 2021 ; Maan *et al.*, 2007).

### **a. le diagnostic clinique**

Chez les ovins, et plus récemment chez les bovins, la fièvre catarrhale ovine peut être suspectée en présence de signes cliniques typiques. Toutefois, le diagnostic uniquement clinique reste difficile à établir avec certitude. Sur le plan épidémiologique, la maladie apparaît généralement dans les régions tempérées ;Europe méridionale, notamment durant

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoides

---

l'été et l'automne, après des épisodes de fortes précipitations favorisant la prolifération des vecteurs du genre *Culicoides* (Sailleau *et al.*, 2007).

### b. le diagnostic de laboratoire

Il est impératif de faire appel au laboratoire dans toutes les situations, non seulement pour valider le diagnostic clinique, mais également pour identifier le sérotype concerné (OIE, 2000).

### c. le diagnostic sérologique

Plusieurs méthodes classiques ont été utilisées pour la détection sérologique de la fièvre catarrhale ovine, telles que la fixation du complément et l'hémolyse radiale. Toutefois, seules deux techniques sont actuellement recommandées par l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) pour les échanges internationaux : l'immunodiffusion en gélose (AGID) et l'ELISA de compétition (CELISA) (OIE, 2008 ; OIE, 2012 ; Batten *et al.*, 2008).

ELISA de compétition : le développement d'anticorps monoclonaux ciblant la VP7, spécifiques de groupe sans interférence avec d'autres virus, en particulier celui de l'EHD, a conduit à la création d'un test ELISA compétitif spécifique et pratique à utiliser. Les détails de sa mise en œuvre sont exposés dans le « Manuel » de l'OIE (OIE, 2000).

## 7. Traitement

À ce jour, aucun traitement spécifique n'existe contre le virus de la fièvre catarrhale ovine. La prise en charge repose donc exclusivement sur une thérapie symptomatique (Laureyns et Van, 2009).

L'infection peut induire des signes typiques de photosensibilisation, particulièrement accentués chez les animaux exposés à la lumière. Ainsi, la mise à l'abri des sujets infectés constitue une première mesure de gestion. Par ailleurs, les animaux présentant des lésions buccales doivent recevoir une alimentation à texture molle, plus facile à consommer (Laureyns et Van, 2009).

L'administration d'anti-inflammatoires est indiquée lorsque des signes de souffrance importants sont observés, tels qu'une anorexie, une chute de la production laitière ou une photosensibilisation marquée. Toutefois, ce traitement ne doit pas excéder trois jours en

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoïdes

---

raison du risque d'ulcères gastriques. Un recours aux antibiotiques est souvent nécessaire pour prévenir ou traiter les infections secondaires. En cas de déshydratation due à une dysphagie, une fluidothérapie de soutien peut également s'avérer utile (**Laureyns et Van,2009**).

Enfin, la vaccination reste la stratégie la plus efficace pour réduire l'impact de la maladie dans une région déjà touchée. Elle vise principalement à prévenir les formes cliniques de la maladie et à limiter les pertes économiques chez les éleveurs (**Francisco, 2005**).

### 8. Prophylaxie

#### a. Mesure sanitaire

Lorsqu'une suspicion de Fièvre Catarrhale est confirmée dans une région non touchée par l'épizootie, les autorités établissent un arrêté préfectoral pour surveiller l'exploitation suspecte. Elles interdisent alors les déplacements d'animaux et de produits génétiques, et exigent la mise en œuvre des mesures appropriées. De démarches préventives (éradication des nuisibles sur les animaux et dans les locaux, nettoyage des alentours des bâtiments d'élevage pour réduire les lieux de reproduction des moucheron, etc.), Si la zone est affectée, les animaux suspects sont déclarés infectés de Fièvre Catarrhale, et le cheptel est placé sous arrêté préfectoral de déclaration d'infection (**Benkrrouml, 2010**).

L'exécution de l'abattage des animaux contaminés, y compris ceux du même troupeau en contact avec les infectés, doit respecter la réglementation sur l'utilisation d'insecticides pour le traitement des animaux. Il est indispensable de garder les ruminants éloignés des Culicoïdes et d'éviter de laisser les Il est recommandé de laisser les animaux à l'extérieur durant les heures où les insectes sont le plus actifs (soit du crépuscule à l'aube du jour suivant) et de diminuer le nombre de lieux propices aux *Culicoïdes* en nettoyant autour des exploitations (par exemple, en retirant le fumier et la matière végétale en décomposition...) (**Benkrrouml, 2010**).

#### b. Prophylaxie médicale

La stratégie vaccinale poursuit trois objectifs principaux :

réduire les pertes économiques en diminuant la prévalence clinique de la maladie, limiter l'expansion géographique de l'infection, et garantir la sécurité sanitaire des échanges d'animaux vivants et de produits d'origine animale issus des zones touchées (**Lefèvre, 2003**).

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoïdes

---

En raison de l'absence de protection croisée entre les différents sérotypes du virus, les vaccins utilisés doivent contenir un nombre de souches correspondant aux sérotypes circulants dans le pays concerné. Ainsi, par exemple, des vaccins pentavalents sont utilisés en Afrique du Sud pour couvrir une diversité antigénique importante (**Lefèvre, 2003**).

### 9. Hémorragie épizootique

La maladie épizootique hémorragique des cervidés, connue sous le nom anglais de Epizootic Hemorrhagic Disease (EHD), est une pathologie animale infectieuse, vectorielle et non transmissible. C'est une arbovirose (virale transmise par arthropodes) qui, dans le cas de l'EHD, est véhiculée par un diptère hématophage du genre *Culicoïdes*, appartenant à la famille des *Ceratopogonidae*. La première identification de cette maladie a eu lieu en 1950 chez les cervidés, où elle peut se manifester de manière particulièrement sévère. (**Shope et al., 1955**). En 1959, une épidémie a eu lieu chez les bovins au Japon, suivie, en 2006, par une autre au Maroc, en Algérie, en Tunisie, en Israël et en Jordanie (**Savini et al., 2011 ; Yadin et al., 2008**), qui s'est ensuite propagée à la Turquie en 2007 (**Temizel et al., 2009**).

L'EHDV, agent causal de l'EHD, est un membre de la famille des *Reoviridae* et du genre *Orbivirus* (ce nom est inspiré de sa forme circulaire). C'est un virus à ARN double brin segmenté et non enveloppé, pour lequel huit sérotypes ou variantes génétiques ont été identifiés jusqu'à présent (**Antony et al., 2009; Wright, 2013; Maan et al., 2016**).

#### 9.1. Traitement

Il n'existe pas de traitement pour l'hémorragie épizootique, la seule mesure nécessaire étant la vaccination, qui est essentielle dans les zones d'enzootie (zones menacées ou infectées). Elle implique une vaccination active visant à stopper la progression de la maladie (**Ben Dhaou, 2017**).

### 10. Onchocercose bovine

L'onchocercose chez les bovins est causée par plusieurs espèces d'*Onchocerca* différentes et sa répartition est cosmopolite. Sa portée économique est significative du fait de la dévalorisation des cuirs et des carcasses. Les femelles d'*Onchocerca* donnent naissance à des larves L1 (microfilaires) qui se déplacent dans le derme de l'hôte vertébré. Les vecteurs de diverses espèces des genres *Culicoïdes* ou *Simulium* deviennent infectés en se nourrissant du

## Chapitre 2 : Impact sanitaire des Culicoïdes


---

sang de bovins contaminés. Les microfilaires pénètrent dans les muscles thoraciques des insectes où elles passent par deux mues successives (**Pandy et Ziam, 2003**).

Les larves de stade L3 se dirigent vers le proboscis. Lors d'un repas sanguin du vecteur, elles sortent de la trompe de l'insecte et infiltrent les tissus de l'hôte via la plaie causée par la piqûre. La progression des diverses espèces de filaires chez les bovins présente une variabilité et reste mal connue (**Pandy et Ziam, 2003**).

### 10.1. Le traitement

Possible est à base d'ivermectine, de diéthylcarbamazine ou de lévamisole. La prophylaxie sanitaire repose sur le contrôle des vecteurs (**Pandy et Ziam., 2003**).



# **Chapitre III**

## **Matériels et méthodes**

### Chapitre 3 : Matériels et méthodes

#### 1. Présentation de la zone d'études :

La wilaya de Khenchela se trouve dans le Nord-Est algérien, au sein de la région des Aurès et au Sud-Est du bassin versant constantinois. Elle est située à l'intersection de la chaîne steppique et des Hauts Plateaux, ce qui lui donne une nature mêlant aspects forestiers, agropastoraux et sahariens. Cette région est bordée au nord par la wilaya d'Oum El Bouaghi, à l'est par la wilaya de Tébessa, à l'ouest par Batna et au sud-ouest par El Oued (**Ministère de l'Intérieur, 2021**).

Khenchela se trouve dans une position stratégique, faisant office de pont entre le Nord-Est et le Sud du pays, et entretient des relations économiques et sociales solides avec les wilayas environnantes. On estime que sa superficie est de 9.715 km<sup>2</sup> (ou 971.000 hectares), elle s'étend entre les latitudes 34°06'36" et 35°26'08" Nord, ainsi que les longitudes 06°34'12" et 07°35'56" Est, avec une altitude moyenne de 1128 m (**Zidani et Sedouga, 2016 ; Khabtane, 2010**).



**Figure 16 : Wilaya de Khenchela (Soltani & Hasnaoui, 2021).**

#### Chiffres clés :

- Superficie : 9.715 Km<sup>2</sup>.

- Population : 384.268 habitants.
- Densité : 40 habitant /km<sup>2</sup>.
- Organisation administrative : 8 Daïras regroupant 28 Communes.
- Secteurs porteurs : Agriculture, Tourisme, Industrie et Mines.

### **1.1. Climat de la wilaya de Khenchela :**

On décrit le climat de Khenchela comme étant chaud et tempéré. Durant l'été, les chutes de pluie sont moins fréquentes qu'en hiver. Au cours de l'année, la température moyenne à Khenchela s'établit à 12,6 °C. La moyenne des précipitations annuelles s'élève à 446 mm. En général, le climat est de type continental au nord et presque saharien au sud (**Siad et Lahouel, 2018**).

### **1.2. Température :**

D'après les données de l'Office National de la Météorologie (ONM) et les relevés climatiques de la station de Khenchela, la température minimale moyenne est estimée à environ 4°C en hiver, tandis que la température maximale moyenne atteint environ 34°C en été. Un pic de température absolu de 44°C a été enregistré au mois de juillet 2003. Durant la saison estivale, on observe des températures maximales absolues très hautes, ce qui provoque une évaporation considérable (**Siad et Lahouel, 2018**).

Durant cette période. La température moyenne enregistrée pour l'année 2016 était de 16,09 degrés Celsius (**Siad et Lahouel, 2018**).

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

**Tableau 2 :** Températures mensuelles moyennes de la wilaya de Khanchela (2022.2024) Source : (Site06).

		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>2022</b>	<b>T M .max</b>	10,9	14,7	14,8	19,7	25,7	35,6	35,4	33,8	30,4	26	18,8	17,1
	<b>T M.min</b>	0,6	3,4	6,5	8	13	20,5	20	19,5	18,4	12,7	8,4	6,6
	<b>T M. moy</b>	9,8	9	10,7	13,8	19,4	28,1	27,87	26,6	24,5	17,3	13,6	11,9
<b>2023</b>	<b>T M .max</b>	11,5	12,7	19,3	22	19,9	24,3	39,8	33,8	30,2	26,6	19,2	12,6
	<b>T M.min</b>	1,8	2,5	6,3	8,6	15,7	18,1	24,4	18,6	16,7	14,1	8,5	5,5
	<b>T M. moy</b>	6,6	7,6	12,8	15,3	17,8	21,5	31,9	26,2	23,5	20,3	13,9	9,2
<b>2024</b>	<b>T M .max</b>	14,9	13,6	19	20,1	27,9	33,8	37,1	34	27,6	24,6	20,2	11,7
	<b>T M.min</b>	6,1	4,8	6,9	8,2	12,1	18,6	21	19,5	15,9	14,2	9	4,1
	<b>T M. moy</b>	10,6	9,3	13,1	14	20	26,2	29,2	26,8	21,8	19,2	14,3	7,9
<b>Pour 3 ans</b>	<b>Moyenn e</b>	9	8,6333333333	12,2	14,3666666667	19,0666666667	25,2666666667	29,6566666667	26,5333333333	23,2666666667	18,9333333333	13,9333333333	9,6666666667

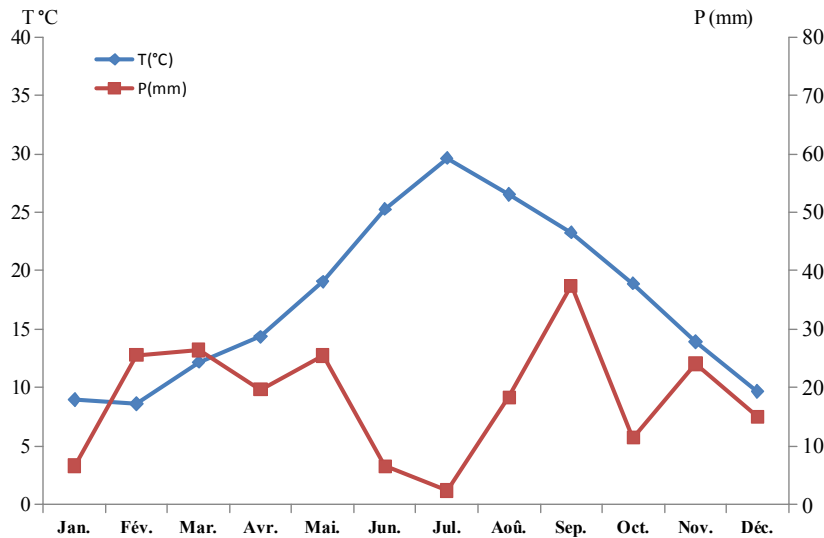
## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

### 1.3. Précipitations :

Il est important de préciser que les informations concernant les précipitations, les averses intenses, la neige, les orages, la grêle, la gelée blanche et le brouillard sont issues de SELTZER, fondées sur un quart de siècle d'observation. Excepté la région montagneuse du Nord-Ouest (Djbel Chelia et Djbel Aidel, où les précipitations annuelles varient de 700 à 1200 mm, et le Sud (les parcours sahariens), qui reçoit moins de 200 mm par an (Oued EL Meita). La majorité du territoire de la wilaya se situe entre les isohyètes de 200 et 600 mm de pluie par an. En outre, on a constaté que mars est le mois le plus humide, enregistrant le plus grand nombre de précipitations. Alors que le mois de juillet est le plus aride. Habituellement, les précipitations printanières sont plus élevées, avec un taux moyen de 60,33 mm, comparativement à celles d'automne qui affichent une moyenne de 43,67 mm. (Siad et Lahouel, 2018).

**Tableau 3 :** Températures moyennes mensuelles (°C) et précipitations mensuelles (mm) à Khenchela de 2022 à 2024 **Source :** (site 06).

		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Khenchela 2022-2024	T(°C)	9,00	8,63	12,20	14,37	19,07	25,27	29,65	26,53	23,27	18,93	13,93	9,67
	P(mm)	6,63	25,60	26,47	19,67	25,53	6,60	2,40	18,33	37,47	11,47	24,07	15,07



**Figure 17 :** Variation mensuelles de la Températures moyennes (°C) et précipitations (mm) à Khenchela de 2022 à 2024.

## 2. Cadre géographique

### 2.1. Localisation administrative :

La ville de « Baghai » est administrativement et astronomiquement dans la région de l'état de « Khenchela », mais du point de vue astronomique, elle est délimité par la latitude : 35,5219 nord, longitude : 7,11433 est, 35° et 7°. À l'est de l'équateur et à une altitude de 886 m au-dessus du niveau de la mer (P.D.A.D., 1987).

### 2.2. Situation géographique :

« Baghai » est considérée comme l'une des municipalités de la province de Khenchela, elle se trouve à environ 10 km du siège de la province et A 390 km à l'est d'Alger, elle est bordée au nord par la commune de Metoussa, au sud par les communes de Khenchela et d'Ansigha, à l'est par la commune d'Ain Touila, et à l'ouest par la commune d'El Hamma. Sa population est de 6 676 personnes (Boughlale, 2017).

### 2.3. Climat et relief :

La ville de Baghai bénéficie d'un climat continental, caractérisé par un hiver froid où la température peut descendre jusqu'à 6,7 °C (Boughlale, 2017), puis augmenter pour atteindre un maximum de 26,7 °C au mois de juillet. Elle est constituée de vallées et entourée

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

de montagnes dont certaines atteignent plus de 2300 mètres d'altitude. On y trouve des pentes abruptes, dont la longueur varie entre 10 et 20 kilomètres, conférant à la région de Baghai, située au cœur des Hautes Plaines, une position stratégique importante (Boughlale, 2017).

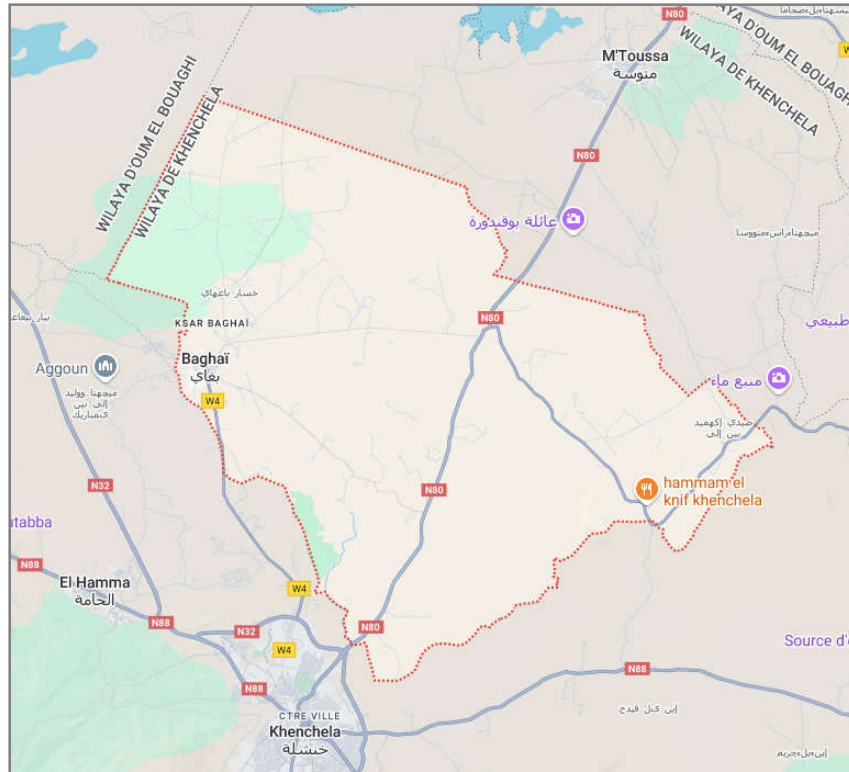


Figure 18 : Le commun de Baghai (Site 07)

### 3. Matériels nécessaires pour l'étude

#### 3.1. Etude entomologique

##### 3.1.1. Matériels utilisés sur le terrain

- Des pièges lumineux de type ultraviolet UV. Ces pièges ont la particularité de capturer les insectes qui ont une activité nocturne et crépusculaire.
- Les pots pour la récolte des insectes capturés.
- L'alcool à 90° pour la conservation des insectes pour une longue durée.

##### 3.1.2. Matériels de laboratoire

- La loupe binoculaire pour procéder à l'identification des *culicoides*.
- Microscope optique

- boîtes pétri en verre.
- Piptus et pinces.
- Clé dichotomique établie par Délecolle pour les espèces de la région paléarctique (Délecolle, 1985)

### 3.1.3. Matériel utilisé pour le Montage

- Lames et lamelles en verre propres
- Solution de potasse (KOH) à 10 %
- Éthanol à 10 % et à 90 %
- Eau distillée
- Baume du Canada (Balsam du Canada)
- Aiguille de dissection fine
- Papier absorbant
- Plaque chauffante
- Microscope optique

## 4. Description des Méthodes d'étude

### 4.1. Méthode d'échantillonnage des insectes

#### 4.1.1. Technique de piégeage sur terrain

Dans la commune de bahaï, deux pièges ont été installés dans une zone appelée ksar baghai, dans le but d'étudier la répartition des insectes dans la région.

Les pièges étaient posés à hauteur d'homme, dans l'étable, une heure avant le coucher du soleil et relevé vers 8h du matin.

Cependant la pose des pièges lumineux s'est faite en tenant compte les directives du protocole établi par Djerbal et Délecolle, (2009).

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

\_ Accrocher le piège à un support d'une hauteur accessible, et d'un 1,50 m de la terre.

\_ Remplir un tiers du conteneur avec de l'eau et y ajouter 1 à 2 gouttes de savon liquide. Le détergent agit comme un agent mouillant qui empêche les insectes de grimper le long des parois. Le jour suivant, les insectes collectés sont préservés dans de l'alcool à 90°, à l'écart de la lumière pour prévenir toute détérioration des ailes, un élément crucial pour le diagnostic.

\_ L'acheminement des prélèvements au laboratoire avec une Fiche de renseignements dépiégeages.



**Figure 19** : Piège lumineux de type OVI utilisé dans notre étude (photos originales,2025).

### 4.1.2. Méthode ou laboratoire

Cette étape été prise en charge par le Laboratoire de ELhamma et consiste à faire le tri des Culicoides et l'identification.

- a. **Le pré tri et le tri** qui sont les premières étapes et qui consistent à distinguer les *Culicoides* des autres insectes en se basant sur leur morphologie générale, notamment une taille réduite à moins de 5mm et des pièces buccales plus petites que leur tête. De plus, ils se distinguent des autres *Ceratopogonidae* par la configuration générale du corps et l'arrangement des nervures des ailes.

### **b. Protocole de montage**

Le montage des spécimens a été réalisé en suivant les étapes décrites dans le protocole de l'initiative de codage ADN des Culicoides développé par The Pirbright Institute (Version 2) [site 05].

#### **Étapes de montage :**

##### **➤ Clarification des spécimens :**

Les individus adultes ont été immergés dans une solution de KOH à 10 % puis placés quelques minutes sur une plaque chauffante afin de dissoudre les tissus internes et de rendre la cuticule plus transparente.

##### **➤ Rinçage :**

Après la clarification, les spécimens ont été soigneusement rincés à l'eau distillée pour éliminer tout excès de KOH.

##### **➤ Déshydratation progressive :**

Immersion dans l'éthanol à 10 % pendant 30 minutes

Puis dans l'éthanol à 90 % pendant 30 minutes également

Cette étape permet une déshydratation contrôlée des spécimens avant le montage.

##### **➤ Montage sur lame :**

À l'aide d'une aiguille fine, chaque spécimen est disposé sur une lame propre. Les différentes parties anatomiques (ailes, tête, abdomen, pièces génitales) sont séparées et arrangées dans une goutte de baume du Canada.

##### **➤ Pose à la lamelle :**

Une lamelle est placée délicatement sur la préparation, en évitant la formation de bulles d'air. Les lames sont ensuite laissées à température ambiante pour sécher.

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

---

### ➤ Observation microscopique :

Une fois les lames sèches, les spécimens sont observés au microscope optique afin d'effectuer l'identification morphologique.

### *C. L'identification*

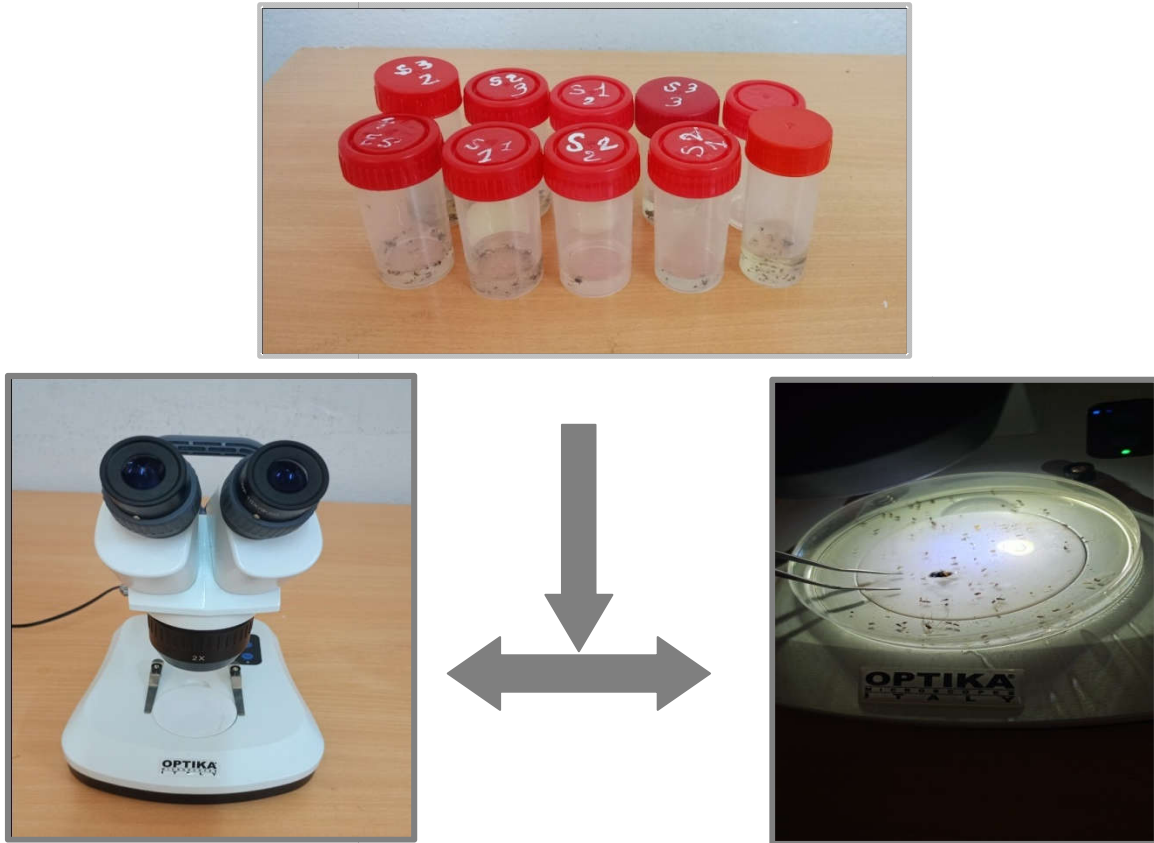
L'identification des espèces du genre *Culicoides* a été réalisée à partir des spécimens adultes montés sur lames, en se basant sur les caractères morphologiques externes. Pour cela, nous avons utilisé la clé dichotomique de **D. Dellecolle (1985)**, spécialement conçue pour les espèces du pourtour méditerranéen occidental.

Les principaux critères pris en compte sont :

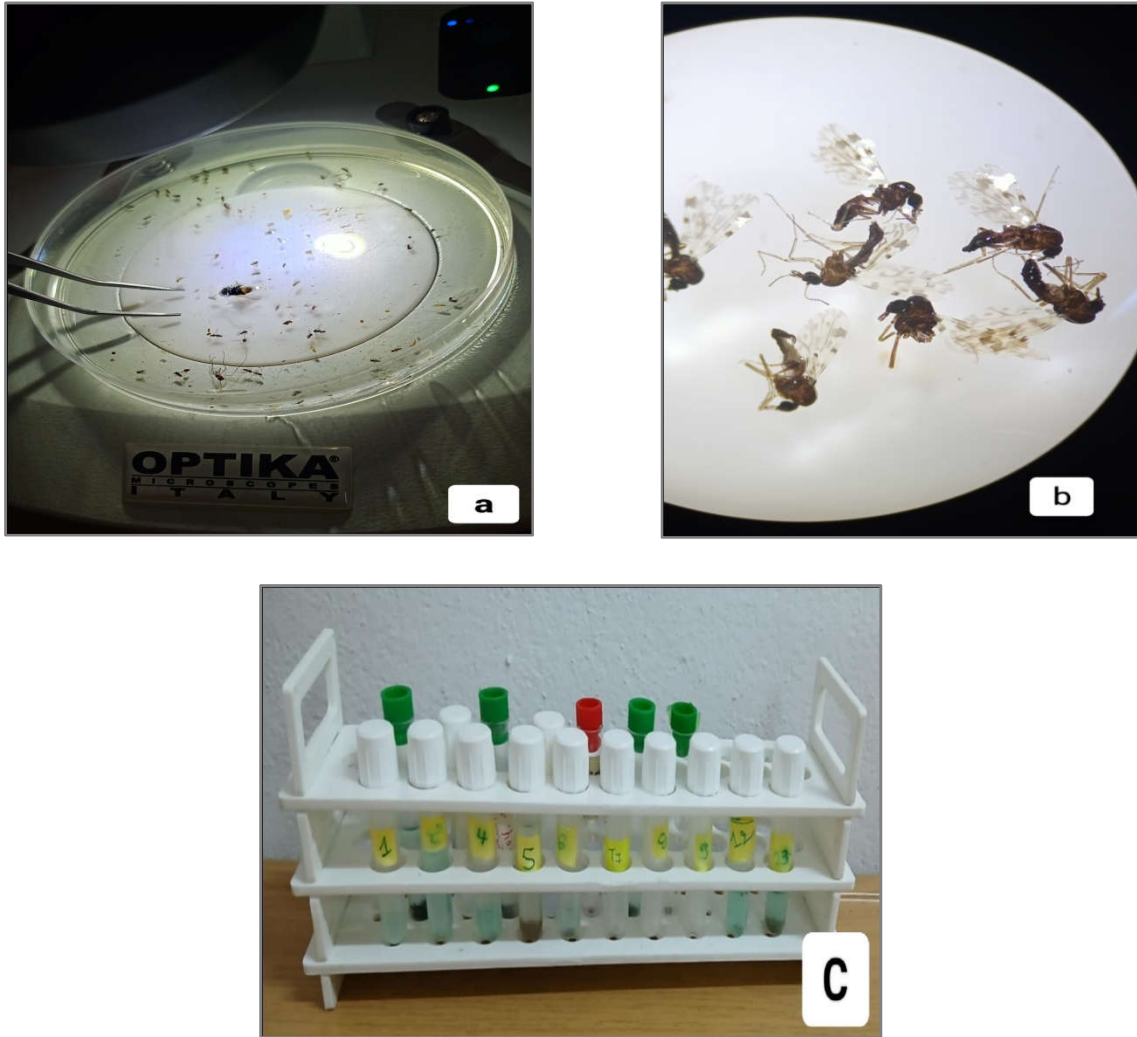
- la répartition des taches sur les ailes (motifs alaires),
- la structure et la répartition des soies sur les antennes,
- les motifs sur les pattes (anneaux clairs ou foncés),
- la forme des pièces génitales, particulièrement chez les mâles.

Cette méthode nous a permis de différencier et de nommer avec précision les espèces collectées dans la région de Baghai.

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes



**Figure 20** : Le tri des échantillons à la loupe binoculaire, (**Laboratoire de Hammam salhine**).



a- Le tri des spécimens

b- L'identification morphologique des *Culicoides*

c- La conservation des espèces identifiées dans l'alcool (90°)

Figure 21 : Les étapes de l'identification des culicoides à la loupe binoculaire, (Laboratoire de Hammam salhine)

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

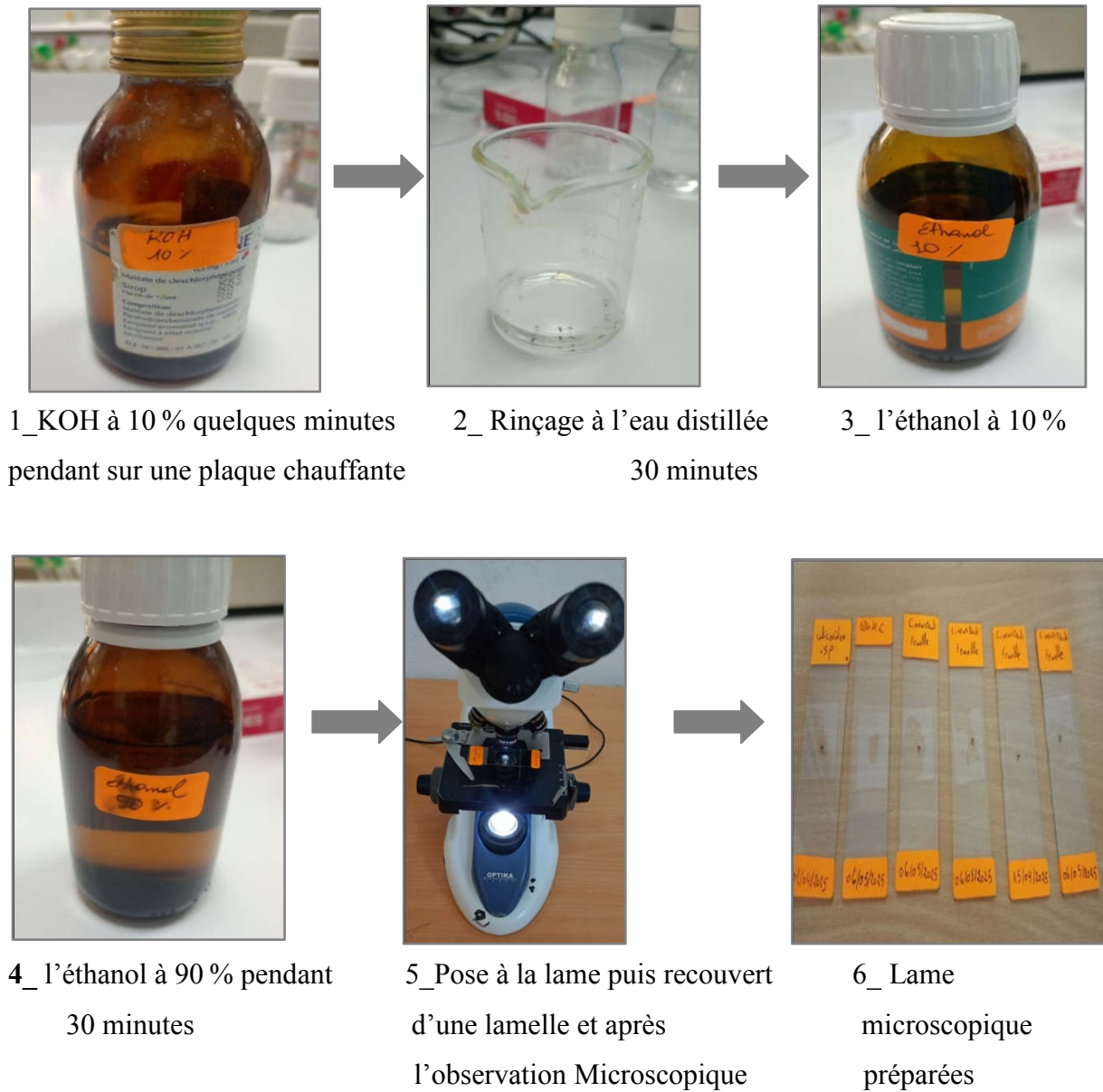


Figure 22 : Les étapes de montage des culicoides (Laboratoire de Hammam salhine)

- Des photos des *Culicidaes newsteadi* après le montage observé au microscope optique:



a- La tête de *C.newsteadi*



b-Les pattes de *C.newsteadi*

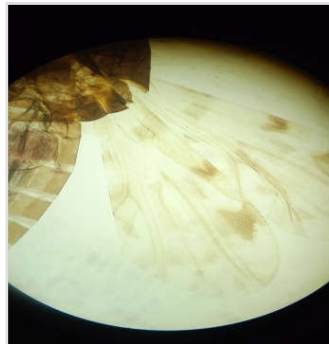


c-vuedorsale de de

(Longueur estimée 1,8 mm)



d-Morphologie générale de *C.newsteadi*



e-Les ailes de *C.newsteadi*



f-L'abdomen de

**Figure 23** : Différentes parties des *Culicidaes newsteadi* après le montage

(Photos originales ,2025)

### 5. Étude écologique

Afin d'exploiter les résultats relatifs à la faune des *Culicoides* inventoriée au niveau de la commune de Baghai (Site Ksar Baghai), nous avons préalablement calculé un ensemble d'indices écologiques. Ces indices nous ont permis de décrire, de manière approximative, la distribution de ces insectes durant la période d'étude.

#### 5.1. Abondance relative (AR %)

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

---

La dominance des espèces de *Culicoides* a été estimée par l'abondance relative (RA %), exprimée par la formule :

$$RA \% = ni / N \times 100$$

ni= le nombre de spécimens pour chaque espèce ;

N= le nombre total de spécimens capturés  $\times 100$  (Zeroual et al., 2016)..

### 5.2. Richesse spécifique (RS)

Elle a été déterminée par le nombre total d'espèces capturées par site (Spellerberg et Fedor, 2003).

### 5.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver

effet de la structure de la communauté des espèces qui forme

le peuplement dans une station donnée, calculé comme suit :

$$H' = - \sum [(ni / N) \times \log_2 (ni / N)]$$

Dont H' représente la diversité spécifique ;

$\Sigma$  : la somme des résultats obtenus pour chaque espèce présente ;

ni : l'effectif de l'espèce i ;

N : le nombre total d'individus en considérant toutes les espèces ;

log<sub>2</sub> : le logarithme en base 2.

### 5.4. L'indice d'équitabilité E :

Quand la valeur de cet indice tend vers 0, une seule espèce domine largement le peuplement, et quand elle proche de 1 cela indique que chaque espèce est représentée par le même nombre d'individus (Ramade, 1984). Il est défini par l'équation suivante :

$$E = H / \log_2$$

# **Chapitre IV**

## **Résultats et discussions**

### Chapitre 4 : résultats et discussions

#### I. Résultats




##### 1. Inventaire faunistique des Culicoïdes capturées dans la région de khenchela

Un inventaire des insectes *Culicoides* a été réalisé dans la zone d'étude située dans la wilaya de Khenchela, durant une période d'un mois et deux semaines. Cet inventaire, mené sur un seul site et à l'aide de pièges lumineux à ultraviolet. Il a permis de récolter un totale de 128 spécimens. Nous avons dénombré 3 espèces appartenant à l'ordre de Diptera, la famille de *Ceratopogonidae*, la sous – famille des *Ceratopogoninae*, la Tribu des Culicoidini, le genre des *Culicoides*, 2 sous-genres : *Avaritia*. *Culicoides*.

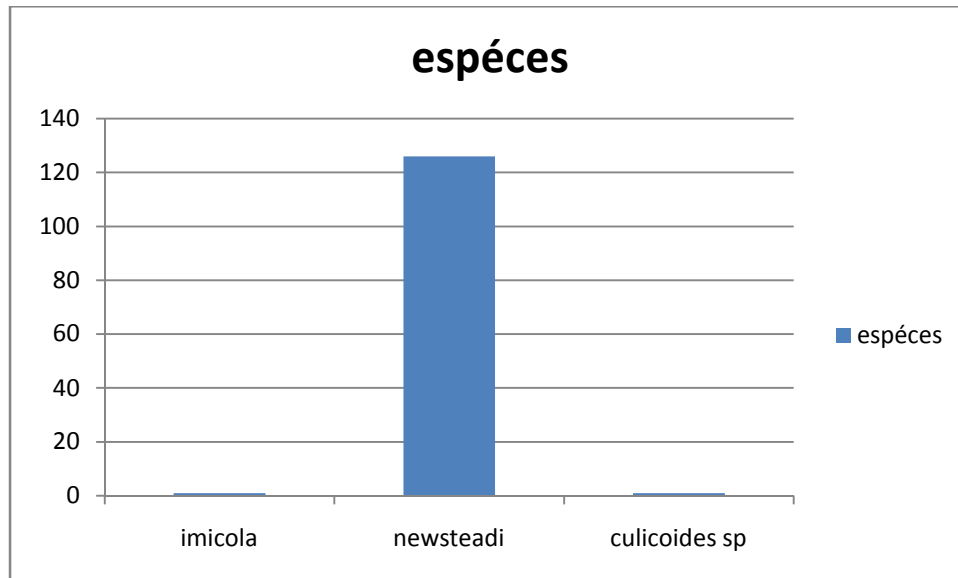
Les individus non identifiés et les collectes nulles sont mentionnés par *Culicoides sp.*

## Chapitre 4 : résultats et discussions

**Tableau 4 :** Liste des espèces de Culicoides collectées dans la région de kenchela.

Famille	Genre	Sous genre	Espèces	Nombre	Photo originale
<i>Ceratopogonidae</i>	<i>Culicoides</i>	<i>Avaritia, Fox</i>	<i>Culicoidesimicola</i> <i>Kieffer, 1913</i>	1	
		<i>Culicoides, Latreille</i>	<i>Culicoides newsteadi</i> <i>Austen, 1921</i>	126	
			<i>Culicoides sp.</i>	1	

## Chapitre 4 : résultats et discussions



**Figure 24 :** Histogramme représentant la totalité d'espèces des Culicoïdes récoltées.

La figure 22 présente les différentes espèces de *Culicoides* récoltées au niveau de l'unique station de capture utilisée dans notre étude. Il en ressort une nette dominance de *C. newsteadi* avec 126 individus, représentant l'espèce la plus abondante. En revanche, *C. imicola*, reconnu comme vecteur potentiel de la fièvre catarrhale ovine (Bluetongue), n'a été représenté que par un seul individu, indiquant une présence très faible dans cette zone. À cela s'ajoute une espèce non identifiée classée comme *Culicoides sp.*, également représentée par un seul individu.

### 2. Répartition des *Culicoïdes* selon le sexe

La répartition des *Culicoïdes* capturés est illustrée dans le tableau 5 et la figure 25

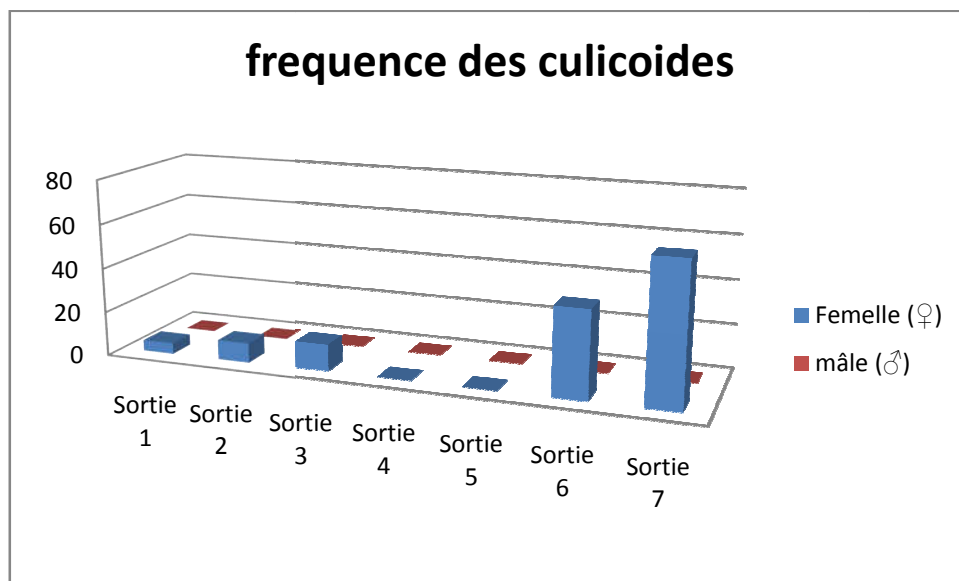
**Tableau 5 :** Evolution temporelle des Culicoïdes récoltées selon leur sexe.

Sortie	Date de sortie	Femelle (♀)	mâle (♂)	Totale
Sortie 1	01/04/2025	5	0	5
Sortie 2	08/04/2025	9	0	9
Sortie 3	15/04/2025	12	0	12
Sortie 4	22/04/2025	0	0	0
Sortie 5	29/04/2025	0	0	0
Sortie 6	06/05/2025	39	0	39

## Chapitre 4 : résultats et discussions

Sortie 7	13/05/2025	63	0	63
Total de sexe		128	0	128

Le tableau 5 met en évidence une dominance absolue des femelles parmi les *Culicoides* récoltés durant l'ensemble des sorties d'échantillonnage. En effet, 128 femelles ont été capturées contre aucun mâle, ce qui reflète une absence totale de mâles dans les captures. Cette tendance est observée de manière constante au cours des différentes sorties, à l'exception de la cinquième où aucun individu n'a été récolté.



**Figure 25** : Répartition temporelle des Culicoïdes collectées selon leur sexe.

L'histogramme représentant l'évolution du nombre de *Culicoides* capturés selon le sexe au cours des six sorties montre une présence exclusive des femelles

L'histogramme illustre donc une absence totale de mâles dans toutes les sorties, tandis que le nombre de femelles varie considérablement selon les périodes. Le pic de capture est observé lors de la sortie 7 avec 63 individus, suivie de la sortie 6 avec 39 individus. La sortie 4 et 5, quant à elle, n'a donné lieu à aucune capture, ce qui constitue un point atypique dans la série.

## Chapitre 4 : résultats et discussions

### 3. Analyses écologiques :

#### 3.1. Indices écologiques :

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

#### 3.2. Richesses spécifiques des espèces de *Culicoïdes* capturées :

La richesse spécifique observée est de trois espèces. Ce résultat est remarquable, d'autant plus que la période d'échantillonnage était très courte (un mois et deux semaines), ce qui témoigne d'une certaine diversité au sein du genre *Culicoïdes* dans la région étudiée.

#### 3.3. Abondances relatives des espèces récoltées dans le site de Baghai :

L'inventaire global des espèces de *Culicoïdes* capturées dans la commune de Baghai, wilaya de Khenchela, nous a permis de calculer les fréquences relatives des différentes espèces, et ce au niveau d'une seule station de piégeage durant toute la période d'étude. Ces données sont regroupées dans le tableau 6.

**Tableau 6:** Répartition des *Culicoïdes* collectées selon les sous genres.

Sous genre	Espèces	Nombre	Pourcentage
<i>Avaritia,</i> <i>Fox</i>	<i>Culicoïdesimicola</i> <i>Kieffer,</i> <i>1913</i>	1	0,78 %
<i>Culicoïdes,</i> <i>Latreille</i>	<i>Culicoïdes</i> <i>newsteadi</i> <i>Austen, 1921</i>	126	98,44 %
	<i>Culicoïdes sp.</i>	1	0,78 %

Les résultats montrent une forte dominance de *Culicoïdes newsteadi* (98,44 %), indiquant qu'elle est l'espèce la plus adaptée à la région de Baghai. En revanche, *Culicoïdes imicola* et *Culicoïdes sp* sont très peu représentées (0,78 % chacune), ce qui reflète une diversité spécifique faible dans cette station de piégeage.

## Chapitre 4 : résultats et discussions

---

### 3.4 Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H'$ )

Afin d'évaluer la diversité spécifique des *Culicoides* capturés dans la commune de Baghai, nous avons calculé l'**indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H'$ )** :

Le résultat obtenu pour l'indice de Shannon est :  $H' = 0,132$

Cet indice très faible reflète une diversité spécifique très réduite, dominée largement par une seule espèce.

### 3.5. Indice d'équitabilité ( $E$ )

Afin de compléter l'analyse de la diversité, l'**indice d'équitabilité ( $E$ )** a été calculé. Le résultat obtenu est :  $E = 0,083$

Ce résultat indique une forte inégalité dans la répartition des individus entre les espèces. Une seule espèce (*C. newsteadi*) compose presque entièrement le peuplement.

## II. Discussion

L'inventaire faunique réalisé dans la wilaya de Khenchela, plus précisément dans la commune de Baghai (région de Ksar Baghai), a permis d'identifier uniquement trois espèces appartenant au genre *Culicoides* : *Culicoides newsteadi*, *Culicoides imicola* et une espèce non déterminée (*Culicoides sp.*). L'espèce *C. newsteadi* a largement dominé les échantillons, représentant plus de 98 % des individus capturés, tandis qu'un seul individu a été enregistré pour chacune des deux autres espèces.

Les résultats montrent que *C. newsteadi* est l'espèce la plus abondante. Cette dominance est probablement due à sa grande capacité d'adaptation aux conditions semi-arides de la région étudiée, ainsi qu'à sa forte association avec les zones d'élevage fournissant à la fois l'hôte sanguin et les sites de reproduction favorables (**Belkharchouche, 2021**). Cette espèce est également très active au printemps, période durant laquelle l'étude a été menée. Une tendance similaire a été observée dans la région de Mila, où *C. newsteadi* était aussi l'espèce dominante (**Laouar, 2022**). Ces observations sont corroborées par une étude réalisée au parc zoologique national de Rabat (Maroc), où cette espèce représentait plus du tiers des individus capturés, soulignant sa large distribution dans le Maghreb et son potentiel rôle dans la transmission de virus fiévreux (**Bourquia et al., 2021**).

## Chapitre 4 : résultats et discussions

---

Par ailleurs, une étude française récente (Millot *et al.*, 2024) a confirmé la présence de *C. newsteadi* parmi les espèces identifiées comme s'étant nourries sur des bovins. Cette confirmation basée sur des approches moléculaires et indirectes appuie l'hypothèse du rôle vecteur de cette espèce en milieu d'élevage. Il est important de souligner que dans le cadre de notre étude, les pièges ont été installés à l'intérieur d'étables abritant à la fois des bovins et des ovins, ce qui explique l'attractivité particulière de cette espèce dans ce contexte. Ce parallèle avec les résultats obtenus en France suggère un comportement trophique similaire, indépendamment des différences climatiques ou géographiques.

Concernant *C. imicola*, un seul individu a été capturé. Cette rareté peut s'expliquer par la période d'échantillonnage (avril-mai), qui ne correspond pas au pic d'activité de cette espèce, généralement observé à partir de juin (Belkharchouche, 2021). De plus, cette espèce préfère les milieux ouverts et est souvent capturée à l'extérieur des étables, contrairement au protocole utilisé dans notre étude où les pièges étaient placés à l'intérieur (Laouar, 2022).

Tous les individus capturés étaient des femelles (100 % ♀). Cette dominance s'explique par le fait que seules les femelles *Culicoides* se nourrissent de sang, un processus indispensable au développement des œufs, les rendant ainsi plus actives et attirées par la lumière en quête d'un hôte. Les mâles, en revanche, ne se nourrissent pas de sang et restent généralement près des lieux d'émergence, ce qui les rend moins susceptibles d'être capturés par les pièges lumineux. Par ailleurs, seules les femelles jouent un rôle dans la transmission des virus, tels que ceux de la fièvre aphteuse ou de la fièvre catarrhale ovine (Belkharchouche, 2021 ; Laouar, 2022 ; Bourquia *et al.*, 2021).

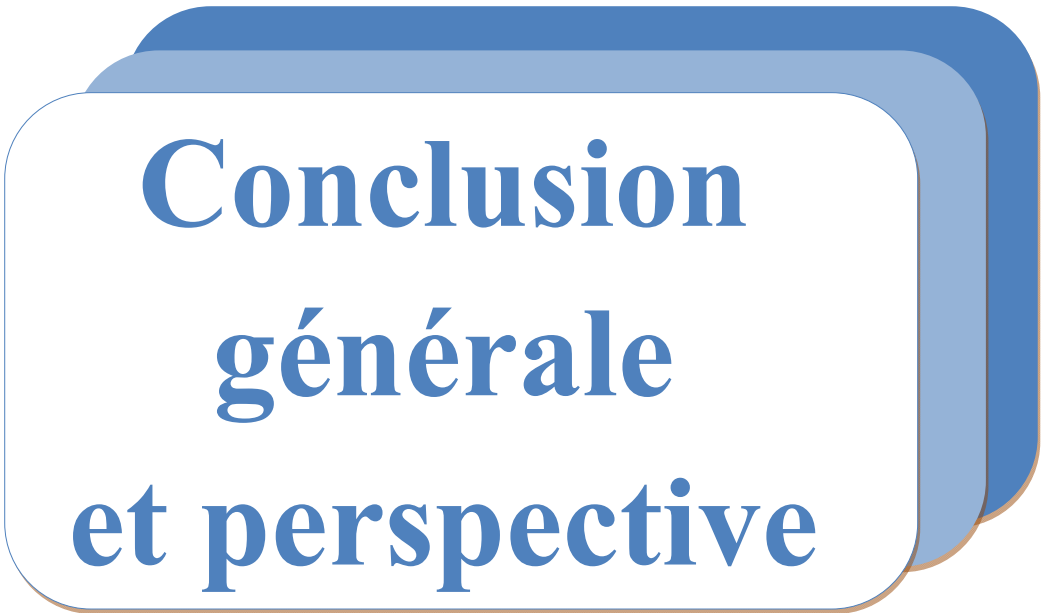
Sur le plan écologique, les résultats ont révélé une faible diversité au sein de la communauté des *Culicoides*, avec une valeur de l'indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) de 0,132, indiquant une nette domination d'une seule espèce, *C. newsteadi*. L'indice d'équitabilité ( $E$ ), calculé selon la base logarithmique  $\log_2$ , a atteint 0,083, révélant une distribution très déséquilibrée entre les trois espèces. Des valeurs similaires ont été rapportées par Belkharchouche (2021) dans certaines stations de Mila, notamment en présence d'une espèce largement dominante. Ce phénomène est souvent lié à des conditions environnementales favorables à une espèce spécifique (type de sol, humidité, pression anthropique). Laouar (2022) a également souligné que le faible niveau de diversité et d'équitabilité pourrait résulter d'un effort d'échantillonnage insuffisant, ou de conditions climatiques temporaires

## Chapitre 4 : résultats et discussions

---

défavorables (vents, baisse soudaine des températures), qui influencent l'activité des *Culicoides* et limitent la capture des espèces rares.

Enfin, aucune capture n'a été enregistrée lors des sorties 4 et 5. Ce résultat ne signifie pas nécessairement l'absence écologique des *Culicoides*, mais pourrait s'expliquer par un dysfonctionnement dans l'installation des pièges, ou par des perturbations climatiques locales ayant compromis l'efficacité de l'attraction lumineuse, comme l'ont suggéré plusieurs études de terrain (**Laouar, 2022**).



**Conclusion  
générale  
et perspective**

# Conclusion générale et Perspectives

---

## Conclusion générale

Cette étude, menée dans la région de Khenchela la commune de Baghaï (Site Ksar Baghaï), a mis en évidence une faible diversité spécifique du genre *Culicoides*, avec une nette prédominance de *C. newsteadi*. L'espèce *C. imicola*, pourtant d'intérêt épidémiologique majeur, était quasiment absente, ce qui peut être attribué à des facteurs saisonniers, écologiques et méthodologiques.

Les indices écologiques calculés ont confirmé cette tendance, indiquant une communauté faunistique peu diversifiée et fortement déséquilibrée. Par ailleurs, l'absence totale de mâles et la capture exclusive de femelles reflètent les comportements biologiques spécifiques à ces dernières et leur rôle essentiel dans la transmission des maladies vectorielles.

Ces résultats constituent une base de référence utile pour la surveillance entomologique future. Ils soulignent l'importance de diversifier les périodes et méthodes de piégeage afin d'obtenir une vision plus représentative de la biodiversité locale et d'évaluer les risques sanitaires liés aux *Culicoides*.

## Perspectives

Au vu des résultats obtenus, plusieurs perspectives de recherche et d'action peuvent être envisagées :

### 1. **Élargissement spatial de l'étude :**

Étendre l'échantillonnage à d'autres communes de la wilaya de Khenchela, voire à d'autres wilayas limitrophes, permettrait d'obtenir une vision plus globale de la distribution des *Culicoides* dans l'Est algérien.

### 2. **Prolongation temporelle :**

Réaliser un suivi entomologique sur une période plus longue (toute l'année) pour mieux comprendre la dynamique saisonnière des espèces, notamment en été et en automne, saisons où les risques épidémiologiques augmentent.

### 3. **Analyse des facteurs environnementaux :**

Intégrer des variables climatiques (température, humidité, précipitations) et des paramètres liés aux activités agricoles pour mieux expliquer l'abondance ou l'absence de certaines espèces.

## Conclusion générale et Perspectives

---

### 4. **Identification moléculaire des espèces :**

Compléter l'identification morphologique par des techniques moléculaires (comme le barcoding ADN) pour éviter les erreurs de détermination et découvrir d'éventuelles espèces cryptiques.

### 5. **Recherche du statut vectoriel :**

Réaliser des analyses virologiques sur les *Culicoides* capturés afin de détecter la présence d'arbovirus tels que le BTV (Bluetongue Virus) ou le SBV (Schmallenberg Virus), et évaluer leur rôle réel dans la transmission.

### 6. **Développement de méthodes de lutte intégrée :**

Tester sur le terrain des méthodes de lutte respectueuses de l'environnement (pièges améliorés, agents biologiques, gestion écologique des sites larvaires).

### 7. **Sensibilisation et collaboration locale :**

Impliquer les éleveurs, vétérinaires et autorités locales dans des programmes de surveillance entomologique et de prévention sanitaire afin de limiter les risques d'épidémies animales.



**Références  
bibliographiques**

### Références bibliographiques

#### *A*

- Abera, T., Bitew, M., Gebre, D., Mamo, Y., Deneke Y., Nandi, S., 2018. Bluetongue disease in small ruminants in southwestern Ethiopia: cross-sectional sero-epidemiological study. BMC Research Notes, 11(1), doi:10.1186/s13104-018-3222-z
- Abu elzein, E.M.E. 1985. Bluetongue in camels: a serological survey of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*) in the Sudan [1985] ; (The Central Veterinary Research Laboratories Al Amarat, Khartoum (Sudan). 150. SAEGERMAN C, Mellor P, Berkvens D, Moutou F (2009). Épidémiologie de la FCO. In : GOURREAU JM. FCO. Guides France Agricole, Paris, p.38-57.
- Albina, E., Zientara, S., Sailleau, C., Perrin, A., Cêtre-Sossah, C., Bréard, E., Grillet, C. (2007). La fièvre catarrhale ovine (Bluetongue): quand une maladie du sud s'invite au nord. Virologie, 11, 1-13.
- Amara Korba, R. (2016). Evaluation du risque d'introduction du virus West Nile et du virus de la Fièvre de la Vallée du Rift en Algérie. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba. 214p
- Anthony, S. L., Maan, N., Maan, S., Sutton, G., Attoui, H and Mertens, P. P. C. (2009a) Genetic and phylogenetic analysis of the outer capsid proteins VP2 and VP5 of epizootic hemorrhagic disease virus (EHDV). Virus Research, 145, 200-210.
- Augot, D., Depaquit, J., 2010. Problématique et enjeux de l'identification des espèces vectrices de FCO en France. Bull. Epidemiol. 35, 537.

#### *B*

- Baldet, T., Delécolle, 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, 84-97.
- Balenghien, T., Delécolle, J.C., 2009. Les *Culicoides* moucheron vecteurs du virus de la fièvre catarrhale ovine. Insecte S n° 154 - (3). 25-29.
- Baylis, M., Parkin, H., Kreppel, K., Carpenter, S., Mellor, P.S., McIntyre, K.M., 2010. Evaluation of housing as a means to protect cattle from *Culicoides* biting midges, the vectors of bluetongue virus. Med Vet Entomol 24, 38-45.

## Références bibliographiques

---

- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C. et Kaiser, A. (2010). Mosquitoes and their control. Ed. Kluwer Academic, New York, second Edition, Springer.498 p.
- Belkharchouche, R. (2021). *Contribution à l'étude des Culicoides (Diptera : Ceratopogonidae) vecteurs de la fièvre catarrhale ovine dans la région de Mila* [Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure de Biotechnologie, Constantine].
- Ben dhajou Samah (2017) \_Thèse de doctorat , Sciences de la vie et de la santé de Créteil Faculté des Sciences de Bizerte ;La maladie Hémorragiqu Epizootique en Tunisie.
- BenkerroumL Stéphane (2010) \_thèse la fièvre catarrhale ovine; une calamitepour le monde agricole pour obtenir le Diplôme d&#39;Etat de Docteur en PharmacieLe 30 JUIN2010.
- Biogeogr. 12(3): 1773183.9\_ Ramade, F. (1984). Elément d'Ecologie et Ecologie fondamentale. (Mc Graw-Hill Inc, Paris).
- Biteau-Coroller, F., 2007. Surveillance et évaluation du risque de transmission des maladies vectorielles émergentes : Apport de la capacité vectorielle Exemple de la fièvre catarrhale du mouton. Thèse de Doctorat. Univ. Montpellier II- Sciences et Techniques du Languedoc, 261PP.
- Blackwell, A., Evans, K.A., Strang, R.H.C., Cole, M., 2004. Toward development of neem-based repellents against the Scottish Highland biting midge Culicoides impunctatus. Med Vet Entomol 18, 449-452.
- Borkent, A., & Dominiak, P. (2020). Catalog of the Biting Midges of the World (Diptera : Ceratopogonidae). Zootaxa, 4787, 1-377.
- Boughlale, S. (2017). *Monographie archéologique et historique de la ville de Baghaï – Khenchela* (Mémoire de licence, Université 08 mai 1945 – Guelma, Département d'archéologie), pp. 5–7.
- Bourquia, M., El Agbani, M. A., Khallaayoune, K., et El Harrak, M. (2021). Characterization of *Culicoides* and mosquito fauna at the National Zoological Garden of Rabat, Morocco. *Open Veterinary Journal*, **11**(4), 722–731. <https://doi.org/10.4314/ovj.v11i4.16>
- Braverman, Y. (1978). Characteristics of Culicoides (Diptera, Ceratopogonidae) breeding places near Salisbury, Rhodesia. Ecological Entomology, 3, 163-170.

## Références bibliographiques

---

- Braverman, Y., 1994. Nematocera (Ceratopogonidae, Psychodidae, Simuliidae and Culicidae) and control methods. Rev. - Off. Int. Epizoot. 13, 1175-1199.
- Bréard, E., Sailleau, C., Gorna, K., Bounaadja, L., Bahuon, C., Zientara, S., 2007. La fièvre catarrhale ovine (ou «bluetongue») Dans le nord de l'Europe. Bull. Acad. Vét. France.- Tome 160 - N°2 [www.academie-veterinaire-defrance.org/](http://www.academie-veterinaire-defrance.org/). Balenghien, T., Delécolle, J.C., 2009. Les Culicoides mouchérons vecteurs du virus de la fièvre catarrhale ovine. *Ins ect e S n ° 1 5 4 - ( 3 )*. 25-29.

### Ⓒ

- Callot, J., Kremer, M., Rioux, J. A., & Descous, S. (1967). Culicoides des Pyrénées Orientales. Description de *C. caucoliberensis* n. Sp. Bulletin de la Société Zoologique de France, 92, 827-832.
- 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, 75385. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.04.004>
- Carnevale, P. et Robert, V. (2009). Les anophèles. Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle. IRD Editions, Collection didactiques. 391p.
- Carpenter, S., Eyres, K., McEndrick, I., Smith, L., Turner, J., Mordue, W., Mordue, A.J., 2005. Repellent efficiency of BayRepel against *Culicoides impunctatus* (Diptera: Ceratopogonidae). *Parasitol Res* 95, 427-429. Ceratopogonidae) dans le monde: Révision systématique et taxonomique des espèces
- Chaker, E. (1983). Contribution à l'étude de la morphologie et de la diagnose des larves de culicoïdes-Diptera, Ceratopogonidae (PhD Thesis)
- Charbonnier, G., Launois, M., Balenghien, T., Camus, E., Lancelot, R., Pastoret, P.P., et al., 2009. La fièvre catarrhale ovine ou la maladie de la langue bleue du mouton. Collection Les savoirs partagés. ISBN : 978-2-87614-662-4 .EAN : 9782876146624 .ISSN : 1620-0705
- Chatry A., 2012. Epizootie de fièvre catarrhale ovine Sérotype 8 en Europe du nord en 2006 : Points de vue et divergences en France. Thèse pour le doctorat vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. Faculté de médecine de Créteil. pp : 198.

## Références bibliographiques

---

- Cilek, J.E., Hallmon, C.F., 2005. The effectiveness of the Mosquito Magnet® trap for reducing biting midge (Diptera: Ceratopogonidae) populations in coastal residential backyards. *J Am Mosq Control Assoc* 21, 218-221.
- Claude M. (2003). Parasitologie et mycologie médicale, éléments de morphologie et de biologie. Ed, Médicales internationales, 796p Culicoides species when applied to polyester mesh. *Vet. Parasitol.* 163, 105-109. d'intérêt dans la transmission d'Orbivirus. Thèse de doctorat des sciences du vivant.

### D

- De Oliveira Vial, M., Corrêa, B.V., Malegoni, A.C., da Silva, T.B., Cassaro, L., Moscon, L.A., Rondon, D.A., Pereira, C.M., 2021. Bluetongue Virus Infection in Ruminants: A Review Paper. *Open Access Library Journal*, 8, 1-7, doi:10.4236/oalib.1107150.
- Delecolle J C., Schaffner F. vecteurs des arboviroses. in lefevre pc ., Blancou J., Chermette R., 2003. Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail : Europe et régions chaudes. Tec et Doc Lavoisier. Paris. pp : 123-128.
- Delécolle, J.C., 2017. New species of the genus *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) for Tunisia, with detection of Bluetongue viruses in vectors. *Vet. Ital.* 53(4), 357–366. <https://doi.org/10.12834/vetit.986.5216.2>
- 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.
- Du Toit, R. M. (1944). The transmission of blue-tongue and horse-sickness by *Culicoides*. *Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry*, 7-16.
- Dusom, (2012) \_ Identification et écologie des culicoides diptera ceratopogonidae vecteurs de la peste équine et fièvre catarrhale avine au Sénégal Michel ange. *épidémiologie . Spécial FCO*, 3, 8.

### F

- Fall A.G., Diaite A., Lancelot R., TRAN A et al., 2011, Feeding behaviour of potential vectors of West Nile virus in Senegal *Parasites & Vectors*, 4 : 99.
- Foxi, C, Delrio, G., Falchi, G., Marche, M. G., Satta, G., & Ruiu, L. (2016). Role of different *Culicoides* vectors (Diptera : Ceratopogonidae) in bluetongue virus transmission and overwintering in Sardinia (Italy). *Parasites and Vectors*, 9, 1-13.

## Références bibliographiques

---

- Francisco Reviriego Gordejo \_Commission européenne, Direction Générale de la santé et des consommateurs, Bruxelles,Belgique
- Fulcher, A., Scott, J.M., Qualls, W.A., Müller, G.C., Xue, R.-D., 2014. Attractive toxic sugar baits mixed with pyriproxyfen sprayed on plants against adult and larval *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* 51, 896-899.

### G

- Garros, C., et Balenghien, T. (2017). Chapitre 14. Les culicoïdes (Diptera : Ceratopogonidae). In: Entomologie médicale et vétérinaire. In G. Duvallet, D. Fontenille, et V. Robert (Éds.), Entomologie médicale et vétérinaire (p. 345-365). Marseille, France: Marseille. IRD Éditions & Versailles: Éditions Quae.
- Gillott, C., 1995. Entomology. - 2nd edition.- New York and London: Plenum Press,782 PP.
- González, M., Venter, G.J., López, S., Iturrondobeitia, J.C., Goldarazena, A., 2014. Laboratory and field evaluations of chemical and plant-derived potential repellents against Culicoidesbiting midges in northern Spain. *Med Vet Entomol*.
- Gourreau, J-M, Zientara, S., Hendrikx, P. et al. La fièvre catarrhale du mouton : comment la diagnostiquer ?
- Guis H., 2007. Géomatique et épidémiologie: Caractérisation des paysages à *Culicoides imicola*, vecteur de la fièvre catarrhale ovine en Corse. Thèse pour docteur de l'Université de France -Comté, spécialité : Sciences de la vie et de la santé, Ecole Doctorale && Homme,Environnement, Santé &&.Université de Franche-Comté Faculté de Médecine et de Pharmacie. pp : 392.
- Gullon, P.J., Cranston, P.S., 2005. The Insects: an outline of entomology. - 3rd edition. - London: Blackwell publishing, 505 P.

### H

- Hammami, S. (2004). North Africa: a regional overview of bluetongue virus,vectors,surveillance and unique features. *Vet Ital*, 40(3), 43-46.
- Harrup, L.E., Gubbins, S., Barber, J., Denison, E.,Mellor, P.S., Purse, B.V., Carpenter, S., 2014. Does covering of farm-associated *Culicoides*larval habitat reduce adult populations in the United Kingdom? *Vet. Parasitol.* 201, 137-145.

## Références bibliographiques

---

- Hassaine, K., (2002). Les culicides (Diptera- Nematocera) de l’Afrique méditerranéenne. Bioécologie d’*Aedes caspius* et d’*Aedes detritus* des marais salés, d’*Aedes mariaae* des rock Pools littoraux et de *Culex pipiens* des zones urbaines de la région occidentale algérienne. Thèses Doc.d’état. Univ. Tlemcen: 203p
- 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
- Hwang, J.M., Kim, J.G., Yeh, J.Y., 2019. Serological evidence of bluetongue virus infection and serotype distribution in dairy cattle in South Korea. *BMC Veterinary Research*, 15(1), doi:10.1186/s12917-019-2000-z.

### *J*

- International des épizooties, Paris (France).
- Iturbe-Ormaetxe, I., Walker, T., O’Neill, S.L., 2011. *Wolbachia* and the biological control of mosquito-borne disease. *EMBO Rep.* 12, 508-518.

### *L*

- Jones T.C., Hunt R.D. & King N.W. (1997). – Bluetongue. In *Veterinary pathology*. Édité par Carroll Cann. Lippincott, Williams & Wilkins, 6<sup>e</sup> édition.

### *K*

- 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
- Khabtane Abdelhamid (2010)\_mémoire pour l’obtention de magister en écologie végétal intitulé sous le thème de Contribution à l’étude du comportement écophysologique du genre *Tamarix* dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela
- Kremer M., 1965. Contribution à l’étude du genre *Culicoides* Latreille particulièrement en France. *Encyclopédie Entomologique*. pp : 300, 479 fig. Edi.Paul Lechevalier. Paris.

## Références bibliographiques

---

### *L*

- Laouar, H. (2022). *Contribution à l'étude de la biodiversité des Culicoïdes (Diptera, Ceratopogonidae) responsables de la fièvre catarrhale dans la région de Mila* [Mémoire de Master, Centre Universitaire de Mila].
- Laureyns J. J. et le dr. M. Van Aert Unité Reproduction, Obstétrique et Santé des cheptels Faculté de Médecine vétérinaire, Merelbeke.
- Lefevre P.C. & DESOUTTER D. (1988) - La fièvre catarrhale du mouton (Bluetongue). Collection Études et Synthèse de l'IEMVT, Maisons-Alfort (France), 117 p.
- Lefevre P-C. (2003), Fièvre catarrhale du mouton. In : LEFEVRE P-C., BLANCOU J., CHERMETTE R., Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail : Europe et régions chaudes, Editions Tec&Doc., 667-685.
- Lewis, S.E., Rice, A., Hurst, G.D.D., Baylis, M., 2014. First detection of endosymbiotic bacteria in biting midges *Culicoides pulicaris* and *Culicoides punctatus*, important Palaearctic vectors of bluetongue virus. *Med Vet Entomol*, n/an/a.
- 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.
- Liu, S.S., Li, A.Y., Lohmeyer, K.H., Pérez De León, A.A., 2012. Effects of pyriproxyfen and buprofezin on immature development and reproduction in the stable fly. *Med Vet Entomol* 26, 379-385.

### *M*

- Maan, N.S., Maan S., Potgieter, A. C., Wright, I. M., Belaganahalli, M and P. P.C. Mertens. (2016) Development of Real-Time RT-PCR Assays for Detection and Typing of Epizootic Haemorrhagic Disease Virus. *Transboundary and Emerging Diseases*. doi:10.1111/tbed.12477.
- Mathieu B., 2011. Les espèces de Culicoïdes du sous-genre *Avaritia* (Diptera : médecine .inst. paras. pathol. trop. pp: 259
- Mathieu, B., 2011. Les espèces de Culicoïdes 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 .Univ. Starsbourg, 259 PP.

## Références bibliographiques

---

- Mathieu, B., Delecolle, J.C., Garros, C., Balenghien, T., Setier-Rioc, M.L., Candolfia, E., Cêtre-Sossahb, C., 2011. Simultaneous quantification of the relative abundance species complex members: Application to *Culicoides obsoletus* and *Culicoides scoticus* (Diptera: Ceratopogonidae), potential vectors of bluetongue virus. *Vet. Parasitol.* 182,2973306. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.052>
- Meiswinkel, R, Nevil, E. M., & Venter, G. J. (1994). Vectors : *Culicoides* spp. In *Infectious diseases of livestock with special reference to Southern Africa* (Vol. 1–2; J. A. W. Coetzer, G. R. Thomson, & R. C. Tustin, Éds.). Cape Town; New York: Oxford University Press.
- Meiswinkel, R., Baylis, M., Labuschagne, K., 2000. Stabling and the protection of horses from *Culicoides bolitinos* (Diptera: Ceratopogonidae), a recently identified vector of African horse sickness. *Bull. Entomol. Res.* 90, 509-515.
- Meiswinkel, R., Gomulski, L.M., Delécolle, J.C., Goffredo, M., Gasperi, G., 2004. The taxonomy of *Culicoides* vector complexes 3 unfinished business. *Vet. Ital.*, 40 (3), 151-159.
- Mellor, P. S., & Leake, C. J. (2000). Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Revue Scientifique Et Technique-Office International Des Epizooties*, 19, 41-48.
- Mellor, P. S., & Prrzous, G. (1979). Observations on breeding sites and light-trap collections of *Culicoides* during an outbreak of bluetongue in Cyprus. *Bulletin of Entomological Research*, 69,229-234.
- Mellor, P. S., Boorman, J., & Baylis, M. (2000). *Culicoides* biting midges: their role as arbovirus vectors. *Annual review of entomology*, 45(1), 307-340.
- Mellor, P. S., Boorman, J., & Baylis, M. (2000). *Culicoides* Biting Midges : Their Role as Arbovirus Vectors. *Annual Review of Entomology*, 45, 307-340.
- Mellor, P.S., Wittmann, E.J., 2002. Bluetongue virus in the Mediterranean Basin 1998-2001. *Vet.J.* 164, 20337. <https://doi.org/10.1053/tvj.2002.0713>.
- Mignotte, A., Garros, C., Dellicour, S., Jacquot, M., Gilbert, M., Gardès, L., Balenghien, T., Duhayon, M., Rakotoarivony, I., Wavrechin, M., Huber, K., 2021. High dispersal capacity of *Culicoides obsoletus* (Diptera: Ceratopogonidae), vector of bluetongue and Schmallenberg viruses, revealed by landscape genetic analyses. *Parasites Vectors*, [doi.org/10.1186/s13071-020-04522-3](https://doi.org/10.1186/s13071-020-04522-3).

## Références bibliographiques

---

- Millot, C., Hadj-Henni, L., & Augot, D. (2024). *Culicoides* biting midges among cattle in France: Be wary of data in the literature. *Frontiers in Veterinary Science*, *11*, 1451442. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1451442>
- Ministère de l'Intérieur. (2021). *Monographie de la wilaya de Khenchela*. Consulté en juin 2025, à partir de [https://interieur.gov.dz/Monographie/article\\_detail.php?lien=604&wilaya=40](https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=604&wilaya=40)
- Mullen, G.R., 2009. Biting midges (Ceratopogonidae) In: Medical and Veterinary Entomology, 2nd edition Dir. Gary R. Mullen, Lance A. Durden .Elsevier; 163-183 PP.
- Mullen, G.R., Murphree, C.S., 2019. Biting Midges (Ceratopogonidae). In Medical and Veterinary Entomology. Thied Edition.(Edit: Mullen G.R and Durden L.A) .191-212 pp, [doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00012-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00012-1).
- Mullens, B., 1992. Integrated management of *Culicoides variipennis*: a problem of applied ecology. In Bluetongue, African horse sickness and related orbivirus , Paris, 17-21 June1991. Co press, Boca Raton, 193-196. In: Proceedings of the second International symposium on Bluetongue, Paris, 17-21 June, pp. 193-196.
- Mullens, B.A., Velten, R.K., 1994. Laboratory Culture and Life History of *Heleidomermis magnapapula* in Its Host, *Culicoides variipennis*(Diptera: Ceratopogonidae). *J Nematol* 26, 1-10.
- Mullens, B.A., Velten, R.K., Federici, B.A., 1999. Iridescent virus infection in *Culicoides variipennis sonorensis* and interactions with the mermithid parasite *Heleidomermis magnapapula*. *J. Invertebr. Pathol.* 73, 231-233.

ℵ

- Nevill, E. M. (1967). Biological studies on some South African *Culicoides* species (Diptera : Ceratopogonidae) and the morphology of their immature stages (PhD Thesis). University of

○

- OIE, 2000. Manual of standards for diagnosis tests and vaccines. Office

## Références bibliographiques

---

### *P*

- P.D.A.D. (1987). Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (Tome 2). Alger :Ministère de l'Aménagement du Territoire. Document de planification urbaine pour la commune de Baghaï. [Cité dans Boughlale, 2017].
- Page, P.C., Labuschagne, K., Nurton, J.P., Venter, G.J., Guthrie, A.J., 2009. Duration of
- Pandey V.S. & Ziam H. (2003). – Helminthoses de la peau, du tissu conjonctif et des ligaments. In Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail (P.-C.Lefèvre, J. Blancou & R. Chermette, édit.). Lavoisier, Paris, 1501–1517.
- Perie, P., Chermette, R., Millemann, Y., Zientara, S., 2005. Les Culicoides, Diptères hématophages vecteurs de la fièvre catarrhale du mouton. Bull. Acad. Vet. Fr. 158(3), 213- 224. <https://doi.org/10.4267/2042/47770>Pretoria.
- Pons, S., 2017. L'épizootie de fièvre catarrhale ovine (FCO) en France en 2015 :Description et gestion sanitaire.Thèse de Doctorat.Univ.Claude-Bernard 3 Lyon,126 PP.
- Pudar, D., Petrić, D., Allène, X., Alten, B., Ayhan, N., Cvetkovikj, A, et al., 2018.An update of the Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) checklist for the Balkans. Parasites Vectors 11,462. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3051-x>
- 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.
- 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. Annual Review of Entomology, 60, 373-392.repellency of N,N-diethyl-3-methylbenzamide, citronella oil and cypermethrin against
- Purse, B. V., Mellor, P. S., Rogers, D. J., Samuel, A. R., Mertens, P.P., & Baylis, M. (2005). Climate change and the recent emergence of bluetongue in Europe. Nature Reviews Microbiology, 3(2), 171-181.

### *R*

- Rieb, J.P., Delécolle, J.C., 1981. *Elaphrus cupreus*(Coleoptera , Carabidae ) un prédateur des nymphes de Diptères (Diptera , Ceratopogonidae ). Israël Journal of Entomology, 115-117.

## Références bibliographiques

---

- Ritchie A, Blackwell A, Malloch G, Fenton B. 2004. Heterogeneity of ITS1 sequences in the biting midge *Culicoides impunctatus* (Goetghebuer) suggests a population in Argyll Scotland may be genetically distinct. *Genome*, 47, 5463558.
- Rodhain F., Perez C. (1985) Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Ed. Maloine. Paris. Chapitre 5. p. 157-175. Université de Strasbourg, Ecole doctorale sciences de la vie et de la santé, faculté de
- Rodhain, F., et Perez, C. 1985. Précis d'entomologie médicale et vétérinaire; notions d'épidémiologie des maladies à vecteurs .
- Rohrer.H traité des maladies à virus (1971).



- Saegerman, Claude, D. Berkvens, P. S. Mellor, Fabiana Dal Pozzo, Sarah Porter, et Stephan Zientara. 2008. Épidémiologie de la fièvre catarrhale ovine en Europe: situation actuelle et perspectives. *Epidémiologie et santé animale* 54 : 121-36.
- Savini, G., Afonso, A., Mellor, P., Aradaib, I., Iyadn, H., Sanaa, M., Wilson W., Monaco, F. and Domingo M. (2011) Epizootic haemorrhagic disease. *Research in Veterinary Science*, 91(1), 1–17.
- Savini, G., Puggioni, G., Meloni, G., Marcacci, M., Di Domenico, M., Rocchigiani, A.M., Spedicato, M., Oggiano, A., Manunta, D., Teodori, L., Leone, A., Portanti, O., Cito, F., Conte, A., Orsini, M., Cammà, C., Calistri, P., Giovannini, A., Lorusso, A., 2017. Novel putative Bluetongue virus in healthy goats from Sardinia, Italy. *Infection, Genetics and Evolution*, 51, 1083117, doi:10.1016/j.meegid.2017.03.021
- Shope, R. E., MacNamara, L. G., Mangold, R. (1955) Deer mortality-Epizootic Haemorrhagic Disease of deer. New-Jersey. *Outdoor*, 6, 21
- Siad, M., et Lahouel, H. (2018). Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de kenchela. (9p.).
- Soltani, N., et Hasnaoui, M. L. (2021). *Étude entomologique des vecteurs du virus de la fièvre catarrhale ovine dans la région de Annaba* [Mémoire de fin d'études, Université de Annaba]. Université de Annaba
- Spellerberg, I.F., Fedor, P.J., 2003. A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species diversity and the <Shannon-Wiener= Index. *Glob Ecol*

## Références bibliographiques

---

### *T*

- Tapia L, Sánchez T, Baylón M, Jara E, Arteaga C, Maceda D, Salvatierra A (2018) Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en Lagunas Altoandinas del Perú. *Ecología Aplicada* 17(2): 149–163. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i2.1235>
- Temizel, E., M, Yesilbag, K., Batten, C., Senturk, S., Maan, N. S., Clement-Mertens, P. P and Batmaz, H. (2009) Epizootic hemorrhagic disease in cattle, Western Turkey. *Emerging Infectious Diseases Journal*, 15 (2), 317-319.

### *V*

- Venail, R., 2014. Sensibilité aux insecticides et évaluation préliminaire des méthodes de lutte antivectorielle disponibles contre les Culicoides (Diptera : Ceratopogonidae) paléarctiques, vecteurs de virus émergents d'intérêt en santé animale. Thèse de doctorat. Univ. Montpellier II, 256 PP.

### *W*

- Walker A, Davies FG (1971) A preliminary survey of the epidemiology of bluetongue in Kenya. *J Hyg Camb* 69: 47–61
- Wittmann, E. J., et Baylis, M. (2000). "Climate change: effects on Culicoides-transmitted viruses and implications for the UK." *The Veterinary Journal*, 160(2), 107-117.
- Wright, I. M. 2013: Serological and Genetic Characterisation of Putative New Serotypes of Bluetongue Virus and Epizootic Haemorrhagic Disease Virus Isolated From an Alpaca. North-West University, South Africa.
- Yadin, H., Brenner, J., Bumbrov, V., Oved, Z., Stram, Y., Klement, E., Perl, S., Anthony S., Maan, S., Batten, C. and Mertens P. P. C. (2008) Epizootic hemorrhagic disease virus type 7 infection in cattle in Israel, *Veterinary Record*, 162 (2), 53-56.

### *Z*

- Zeroual, S., Gaouaoui, R., Boudjelida , H., 2016. Diversity and occurrence of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in the area of Biskra (Middle Eastern of Algeria). *J Entomol Zool Stud.* 4(5): 8903895.

## Références bibliographiques

---

- Ziani Hajd-Henni, L., 2014. Taxonomie intégrative des Culicoides (Diptera : Ceratopogonidae) de la région Champagne-Ardenne. Thèse de Doctorat.Univ. Reims Champagne-Ardenne (France), 244 PP.
- Ziani Hajd-Henni, L., Sauvage, F., Ninio, C., Depaquit, J., Augot, D., 2013. Wing geometry as a tool for discrimination of Obsoletus group (Diptera: Ceratopogonidae: Culicoides) in France. Infection, Genetics and Evolution, 21, 1103-117. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2013.10.008>.
- Zidani youcef, et Sedouga seif eddine (2016)\_Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master SOUS LETHÈME: Contribution à l'Inventaire des Orthoptères (Orthoptera, Insecta) dans la région des Aurès (Batna et Khenchela) et l'étude de l'espèce Ephippiger terrestris (Yersin, 1854) (Tettigonidae, Ensifera).
- Zimmer, J.Y., Haubruge, E., Francis, F., 2013. Synthèse bibliographique :l'écologie larvaire des Culicoïdes (Diptera : Ceratopogonidae). Biotechnol.Agron. Soc. Environ. 18(2), 301-312
- Zimmer, J.Y., Saegerman, C ., Martinelle, L., Losson, B ., Leroy, P ., Haubruge,E ., Francis, F .,2014. Les porcheries : réservoirs des Culicoides
- Zimmer, J-Y, Haubruge, É., et Francis, F. (2014). Synthèse bibliographique : L'écologie larvaire des Culicoïdes (Diptera : Ceratopogonidae). Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 12

### Sitologie :

**Site 01 :** <https://www.insecte.org/forum/viewtopic.php?t=253046>

**Site 02 :** <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=11141>

**Site 03 :** <https://cjai.biologicalsurvey.ca/articles/jvlfcah-50/>

**Site 04 :** <https://theses.fr/2014REIMS021.pdf>

**Site 05 :** The Pirbright Institute. (n.d.).Culicoides DNA Barcoding Initiative

Protocols.Retrieved from<https://studvlib.net/doc/8901346/the-pirbright-institute-culicoides-dna-barcoding-initiati> .

**Site 06:**

<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2024/khenchella/valeurs/60476.html>

**Site 07:** <https://www.google.com/maps>