



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة الإخوة منتوري قسنطينة

Université des Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie Animale

N° d'ordre : 69/D3c/2019

Série : 08/BA/2019

**Thèse**

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT  
3ème CYCLE LMD  
Spécialité : Entomologie  
Option : Biodiversité et Ecologie des Arthropodes**

**Etude bio-écologique des Phlébotomes (Diptera,  
Psychodidae), vecteurs de la Leishmaniose humaine  
dans la région de Constantine.**

**Présentée par : Mme Esma RAMDANE**

Devant le jury :

Président Pr. BAAZIZ N. Professeur Université des frères Mentouri Constantine

Directrice de Pr. BERCHI S. Professeur Ecole Nationale Supérieure de  
thèse: Biotechnologie Constantine

Examineurs : Dr. AGUIB S. MCA Université des frères Mentouri Constantine  
Dr. LAKHDARI N. MCA Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie  
Constantine

Soutenue le : 08/07/2019

## Remerciements

Je voudrais tout d'abord exprimer ma profonde gratitude à ma directrice de thèse Madame BERCHI Sélina Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie Constantine, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour m'avoir fait bénéficier de son expérience et pour m'avoir conseillé et orienté. Je lui réitère ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements.

Je tiens à remercier Monsieur BAAZIZ Nacer, Professeur à l'université des Frères Mentouri de Constantine et qui me fait l'honneur de présider mon jury.

Je tiens à remercier Monsieur LAKHDAR!Nadjib, maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie Constantine, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

J'ai le plaisir, aussi, de remercier Madame AGUIB Sihem Maître de conférences à l'université des Frères Mentouri de Constantine, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Toute ma gratitude à Monsieur Djenhi Fouad ingénieur au Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes.

Un immense merci à mes parents, mes frères, mon mari et ma grande famille pour leurs encouragements et leurs aides psychiques.

Je ne saurai pas oublier mes amis et collègues les docteurs qui ont su créer une cordiale atmosphère de travail dans le laboratoire pendant des années, je les remercie très sincèrement.

Enfin, je tiens à remercier toute personne qui a contribué à la réalisation de cette thèse de près ou de loin m'ont témoigné leur aide et leur sympathie.

## SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCTION GENERALE ET OBJECTIF DE L'ETUDE .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2. CHAPITRE 1: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES PHLEBOTOMES<br/>(DIPTERA, PSYCHODIDAE) ET LA LEISHMANIOSE .....</b> | <b>11</b> |
| <b>2.1 Aperçu général sur les phlébotomes.....</b>   | <b>11</b> |
| 2.1.1 Systématique des phlébotomes .....   | 11        |
| 2.1.2 Anatomie des phlébotomes .....   | 12        |
| <b>2.2 Bioécologie des phlébotomes .....</b>   | <b>19</b> |
| 2.2.1 Cycle de développement des phlébotomes .....   | 19        |
| 2.2.2 Eco-éthologie des phlébotomes .....  | 21        |
| <b>2.3 Répartition géographique des phlébotomes .....</b>  | <b>23</b> |
| 2.3.1 Dans le monde.....   | 23        |
| 2.3.2 En Algérie .....   | 24        |
| <b>2.4 Intérêt médical et rôle de vecteur des phlébotomes.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>2.5 Aperçu général sur la Leishmaniose .....</b>  | <b>28</b> |
| 2.5.1 Historique.....  | 28        |
| 2.5.2 Taxonomie du parasite.....   | 29        |
| 2.5.3 Différents hôtes de la leishmaniose .....  | 30        |
| 2.5.4 Cycle évolutif des leishmanies.....  | 30        |
| <b>2.6 Mode de transmission .....</b>  | <b>31</b> |
| 2.6.1 Les différentes étapes du cycle .....  | 32        |
| <b>2.7 Répartition et situation épidémiologique des leishmanioses.....</b>   | <b>33</b> |
| 2.7.1 En Algérie .....   | 34        |
| <b>3. CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>3.1 Présentation de la région d'étude .....</b>   | <b>37</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.2 Le climat .....</b>  | <b>38</b> |
| Précipitations.....   | 38        |
| Température .....   | 38        |
| Vent.....   | 38        |
| <b>3.3 Le relief .....</b>  | <b>38</b> |
| <b>3.4 L'hydrologie .....</b>   | <b>39</b> |
| <b>3.5 La végétation .....</b>  | <b>40</b> |
| <b>3.6 Analyse climatique.....</b>  | <b>40</b> |
| 3.6.1 Diagramme de Bagnouls et Gaussen .....  | 40        |
| 3.6.2 Climagramme et quotient pluviométrique d'Emberger .....   | 42        |
| <b>3.7 Enquête entomologique .....</b>  | <b>43</b> |
| 3.7.1 Présentation des sites de capture des phlébotomes .....   | 43        |
| 3.7.2 Technique d'échantillonnage .....   | 52        |
| 3.7.3 Traitements des échantillons.....   | 54        |
| 3.7.4 Eclaircissement .....   | 54        |
| 3.7.5 Montage .....   | 54        |
| 3.7.6 Identification.....   | 55        |
| <b>3.8 Traitement des données.....</b>  | <b>55</b> |
| 3.8.1 Paramètres de structure et d'organisation des populations et peuplements de phlébotomes<br>récoltés ..... | 55        |
| <b>3.9 Méthode d'Exploitation Statistique des Résultats .....</b>   | <b>57</b> |
| 3.9.1 L'analyse en composantes principales (A.C.P) .....  | 57        |
| 3.9.2 L'analyse factorielle de correspondance (AFC) .....   | 58        |
| <b>4. CHAPITRE 3 : RESULTATS .....</b>  | <b>59</b> |
| <b>4.1 Inventaire faunistique des phlébotomes.....</b>  | <b>59</b> |
| 4.1.1 Composition faunistique des phlébotomes .....   | 59        |
| 4.1.2 Caractéristiques morphologiques des espèces inventoriées.....   | 60        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 4.1.3      | Différenciation morphologique des deux espèces <i>Phlebotomus perniciosus</i> et <i>Phlebotomus longicuspis</i> .....    | 64        |
| <b>4.2</b> | <b>Etude écologique par Indices de structure Et d'organisation .....</b>   | <b>66</b> |
| 4.2.1      | Richesse totale et spécifique .....  | 66        |
| 4.2.2      | Abondance relative et densité .....  | 67        |
| 4.2.3      | Sex ratio .....  | 68        |
| 4.2.4      | L'indice de diversité Shannon-Weaver et Equitabilité .....   | 69        |
| <b>4.3</b> | <b>Evolution temporelle de la densité des phlébotomes .....</b>  | <b>70</b> |
| <b>4.4</b> | <b>Abondance relative selon le type de gîte .....</b>  | <b>70</b> |
| <b>4.5</b> | <b>Etude de l'impact de quelques facteurs écologiques sur la densité phlébotomienne par la régression linéaire .....</b> | <b>72</b> |
| 4.5.1      | Température .....  | 72        |
| 4.5.2      | Hygrométrie .....  | 73        |
| 4.5.3      | La vitesse du vent .....   | 74        |
| 4.5.4      | Pluviométrie .....   | 74        |
| <b>4.6</b> | <b>Exploitation statistique des résultats.....</b>   | <b>75</b> |
| 4.6.1      | L'analyse en composantes principales (ACP) .....   | 75        |
| 4.6.2      | L'analyse factorielle des correspondances (AFC) .....  | 79        |
| 4.6.3      | La classification ascendante hiérarchique (CAH).....   | 80        |
| <b>5.</b>  | <b>CHAPITRE 4: DISCUSSION.....</b>   | <b>82</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Composition faunistique des phlébotomes.....</b>  | <b>82</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Analyse de la fluctuation saisonnière des espèces phlébotomiennes .....</b>   | <b>87</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Fréquence des phlébotomes en fonction du sexe (sexe-ratio).....</b>   | <b>88</b> |
| <b>5.4</b> | <b>Incidence des facteurs écologiques analysés.....</b>  | <b>89</b> |
| <b>5.5</b> | <b>Analyse de la diversité par l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité .....</b>                                      | <b>91</b> |
| <b>5.6</b> | <b>Exploitation statistique des résultats.....</b>   | <b>91</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>  | <b>94</b>  |
| <b>7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b> | <b>96</b>  |
| <b>8. ANNEXES .....</b>                    | <b>112</b> |
| <b>9. RESUMES .....</b>                    | <b>121</b> |

## LISTE DES FIGURES

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 1:</b> Morphologie générale d'un phlébotome adulte .....  | 13 |
| <b>Figure 2:</b> Tête d'un phlébotome adulte (photo originale). .....   | 14 |
| <b>Figure 3:</b> Cibarium de l'espèce <i>Phlebotomus perniciosus</i> (photo originale). .....                         | 15 |
| <b>Figure 4:</b> Cibarium de l'espèce <i>Sergentomyia minuta parroti</i> (photo originale). .....                     | 15 |
| <b>Figure 5:</b> Thorax de phlébotome (photo originale).....  | 16 |
| <b>Figure 6:</b> Aile de phlébotomes.....   | 17 |
| <b>Figure 7:</b> Pattes de phlébotome.....  | 17 |
| <b>Figure 8:</b> Extrémité postérieure de l'espèce <i>Phlebotomus perniciosus</i> (photo originale).....              | 18 |
| <b>Figure 9:</b> Appareil génital de l'espèce <i>Phlebotomus perniciosus</i> (photo originale). .....                 | 19 |
| <b>Figure 10:</b> Cycle de développement des phlébotomes.....   | 21 |
| <b>Figure 11:</b> Répartition des genres de phlébotomes dans le monde.....  | 24 |
| <b>Figure 12:</b> Cycle épidémiologique de la leishmaniose. ....  | 30 |
| <b>Figure 13:</b> Forme promastigote.....   | 31 |
| <b>Figure 14:</b> Forme amastigote. ....  | 31 |
| <b>Figure 15:</b> Cycle biologique du parasite. ....  | 33 |
| <b>Figure 16:</b> Régions du monde où les leishmanioses cutanée, mucocutanée et viscérale sont endémiques. ....       | 34 |
| <b>Figure 17:</b> Localisation des sites d'échantillonnage.....   | 37 |
| <b>Figure 18:</b> Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Constantine. ....                   | 41 |
| <b>Figure 19:</b> Situation de la région de Constantine dans le climagramme d'Emberger. ....                          | 43 |
| <b>Figure 20:</b> Premier gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale). .....   | 44 |
| <b>Figure 21:</b> Deuxième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale). .....  | 44 |
| <b>Figure 22:</b> Troisième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale). ..... | 45 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 23:</b> Quatrième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale).....  | 45 |
| <b>Figure 24:</b> Cinquième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale).....  | 46 |
| <b>Figure 25:</b> Sixième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale).....  | 46 |
| <b>Figure 26:</b> Premier gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).....   | 47 |
| <b>Figure 27:</b> Deuxième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).....  | 47 |
| <b>Figure 28:</b> Troisième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).....   | 48 |
| <b>Figure 29:</b> Quatrième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).....   | 48 |
| <b>Figure 30:</b> Cinquième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).....   | 49 |
| <b>Figure 31:</b> Premier gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midenn (photo originale).....  | 49 |
| <b>Figure 32:</b> Deuxième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midene (photo originale).....   | 50 |
| <b>Figure 33:</b> Troisième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midene (photo originale).....  | 50 |
| <b>Figure 34:</b> Quatrième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midene (photo originale).....  | 51 |
| <b>Figure 35:</b> Cinquième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midene (photo originale).....  | 51 |
| <b>Figure 36:</b> Premier gîte d'échantillonnage au sein du cartier de Chaabet Erssas (photo originale)....  | 52 |
| <b>Figure 37:</b> Pièges adhésifs (photo originale). ....  | 53 |
| <b>Figure 38:</b> Caractères morphologiques de l'espèce <i>S. minuta parroti</i> A- génitalia avec la soie non caduaque mâle B- valve pénienne mâle C- dents cibariales femelle (photos originales)..... | 60 |
| <b>Figure 39:</b> Critères d'identification morphologiques de l'espèce <i>P.perniciosus</i> A- génitalia mâle B- valve pénienne mâle C- spermathèque (photo originale). ....                             | 61 |



|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 40:</b> Caractères morphologiques de l'espèce <i>P. longicuspis</i> A- valve pénienne mâle (photo originale) B-spermathèque mâle (Bounamous, 2010). .....  | 62 |
| <b>Figure 41:</b> Caractères morphologiques de l'espèce <i>P. perfiliewi</i> A-valve pénienne mâle (photo originale) B- spermathèque femelle (Bounamous, 2010). .....  | 63 |
| <b>Figure 42:</b> Caractères morphologiques de l'espèce <i>P. papatasi</i> A-valve pénienne mâle (photo originale) B-style et épines mâle (photo originale) C-spermathèque femelle (Bounamous, 2010).....  | 63 |
| <b>Figure 43:</b> A1- valve pénienne de l'espèce <i>P. perniciosus</i> (photo originale), A-extrémités des soies médianes de l'espèce <i>P. perniciosus</i> (Berchi et al., 2007), B1- valve pénienne de l'espèce <i>P. longicuspis</i> (photo originale), B- extrémités des soies médianes de l'espèce <i>P. longicuspis</i> (Berchi et al., 2007). ..... | 64 |
| <b>Figure 44:</b> Comparaison du nombre de soies médianes de <i>P. perniciosus</i> et <i>P. longicuspis</i> (moyenne de 30 spécimens). .....   | 65 |
| <b>Figure 45:</b> Variation des indices de diversité Shannon-Weaver et Equitabilité par gîte étudié. ....  | 70 |
| <b>Figure 46:</b> Représentation graphique de l'évolution temporelle de la densité des phlébotomes. ....   | 70 |
| <b>Figure 47:</b> Impact de la température sur l'abondance sur l'abondance des phlébotomes.....  | 73 |
| <b>Figure 48:</b> Impact de l'hygrométrie sur l'abondance des phlébotomes. ....  | 74 |
| <b>Figure 49:</b> Impact de la vitesse du vent sur l'abondance des phlébotomes.....  | 74 |
| <b>Figure 50:</b> Impact de la pluviométrie sur l'abondance des phlébotomes. ....  | 75 |
| <b>Figure 51:</b> Valeurs des variabilités extraites sur les trois axes (F1, F2, F3). .....  | 78 |
| <b>Figure 52:</b> Carte factorielle axe (F1- F2) des stations de piégeage des phlébotomes.....   | 78 |
| <b>Figure 53:</b> Carte factorielle des axes (F1- F2) des différentes espèces de phlébotomes capturées. ...  | 79 |
| <b>Figure 54:</b> Plan factoriel F1-F3 de l'AFC des distributions des espèces récoltées selon le type de gîte. ....  | 80 |
| <b>Figure 55:</b> Représentation de la classification ascendante hiérarchique (CAH) des assemblages phlébotomiens. ....  | 81 |

## LISTE DES TABLEAUX

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau 1:</b> Phlébotomes d'Algérie.....  | 24 |
| <b>Tableau 2:</b> Répartition des espèces de phlébotomes en Algérie en fonction des étages bioclimatiques. ....                           | 26 |
| <b>Tableau 3:</b> Précipitation et température moyennes.....  | 41 |
| <b>Tableau 4:</b> Quotient d'Emberger et étage bioclimatique. ....  | 42 |
| <b>Tableau 5:</b> Résultats brutes des relevés des cinq stations de piégeages. ....   | 59 |
| <b>Tableau 6:</b> Classification de la sous-famille des Phlebotominea. ....   | 59 |
| <b>Tableau 7:</b> Comparaison des soies médiane du coxite de <i>P.perniciosus</i> et <i>P.longicuspis</i> par le test de Student (t)..... | 65 |
| <b>Tableau 8:</b> Richesse spécifique des phlébotomes par gîtes d'étude.....  | 66 |
| <b>Tableau 9:</b> Récapitulatif de l'inventaire des espèces de phlébotome par station d'étude.....  | 67 |
| <b>Tableau 10:</b> Composition de la faune phlébotomiène selon le sex-ratio.....  | 69 |
| <b>Tableau 11:</b> Récapitulatif de l'abondance des phlébotomes par type de gîte. ....  | 71 |
| <b>Tableau 12:</b> Variabilités et valeurs propres extraites sur les trois premiers axes (F1, F2, F3).....                                | 76 |
| <b>Tableau 13:</b> Code des espèces de phlébotomes et des stations de piégeages utilisés en ACP. ....                                     | 76 |

# Introduction générale

## 1. Introduction générale et objectif de l'étude

Les phlébotomes sont des insectes hématophages vecteurs de plusieurs agents pathogènes (Abonnenc, 1972 ; Killick-Kendrick, 1990). Cependant les Leishmanies responsables de la leishmaniose restent la principale affection que les phlébotomes transmettent à travers le monde. Les leishmanioses dont les études écobiologiques sont nombreuses, sont principalement des zoonoses liées aux conditions climatiques ; leur répartition géographique étant superposable à celle de leurs vecteurs.

Concernant la prévalence, elle est évaluée à 12 millions de cas avec une incidence annuelle de 1 à 1,5 million de cas de leishmaniose cutanée et de 300 000 à 500 000 cas de leishmaniose viscérale et ce, à l'échelle mondiale. Ces parasitoses sont à prendre au sérieux car la leishmaniose viscérale est responsable de 70 000 décès alors que, 350 millions de personnes sont exposées au risque d'infection (OMS, 2010).

L'Algérie est considérée comme l'un des pays les plus concernée par la leishmaniose, une maladie liée à l'environnement (Ashford, 2000), qui s'avère être un vrai problème de santé publique (Harrat & Belkaid, 2003). En effet, les leishmanioses sont signalées sur tout le territoire national (Berchi *et al.*, 2007).

L'Algérie représente un terrain favorable à la propagation des deux formes de la maladie aussi bien cutanée que viscérale car d'une part, il y a une forte population rurale, et que d'autre part, il y a différents étages bioclimatiques. Ces derniers allant du climat méditerranéen au Nord, des zones sub-humides et semi aride, jusqu'au climat Saharien au Sud (Dedet *et al.*, 1984 ; Belazzoug, 1991 ; Izri, 1994). De ce fait, nous envisageons dans ce travail d'étudier quelques aspects de l'écologie afin d'analyser l'influence de certains facteurs biotiques et abiotiques sur la structure des populations des phlébotomes dans des foyers susceptibles d'abriter des cas de leishmanioses. Par ailleurs, pour mieux appréhender la diversité des Phlébotomes dans la région de Constantine, nous établirons dans un premier temps, un inventaire des Phlébotomes à partir des stations prospectées. Dans un deuxième temps, nous évaluerons la distribution spatio-temporelle dans ces stations afin de mieux apprécier les informations recueillies auprès du Centre Hospitalier Universitaire de Constantine, sur les cas de leishmaniose viscérale et cutanée diagnostiqués dans la région de Constantine.

Dans ce présent travail, sont exposés les résultats de nos prélèvements effectués sur une période de deux années allant d'avril 2013 à octobre 2013 et, d'avril 2014 à octobre 2014. Ces périodes correspondent à l'activité des phlébotomes. Cette investigation s'est déroulée dans la région de

Constantine située au nord est de l'Algérie où nous avons prospecté quatre localités soit : Didouche Mourad, Zighoud Youcef, Beni H'midene, et Chaabet Erssas.

Notre document se présente sous forme de quatre chapitres. Le premier chapitre aborde une revue bibliographique générale sur les Phlébotomes (systématique, caractères généraux, et Biécologie), il aborde aussi le rôle des Phlébotomes comme vecteurs de plusieurs parasites, notamment les leishmanies. Enfin, la distribution du vecteur et de la maladie en Algérie et à travers le monde, est aussi abordée dans ce chapitre.

Le second chapitre qui retrace le matériel et les méthodes donne une présentation de la région d'étude avec le choix des stations, la description des gîtes ainsi que les méthodes utilisées pour les captures des Phlébotomes. Ce chapitre renferme aussi les méthodes utilisées pour le traitement des résultats, il s'agit de paramètres de structure et d'organisation des populations de Phlébotomes (richesse totale, spécifique, densité, fréquence relative, et sexe-ratio), ainsi que les paramètres de structure (indice de Shannon-Weaver, Equitabilité, indice de Simpson et Hill). Enfin, les méthodes d'exploitation statistique telle que l'analyse de la variance (A.N.O.V.A), l'analyse en composantes principales (ACP), et l'analyse factorielle des correspondances (AFC) sont également présentées dans ce chapitre.

Le troisième chapitre expose les résultats obtenus lors de nos investigations à savoir un inventaire entomologique des Phlébotomes, leur évolution temporelle durant la période d'investigation, la structure et l'organisation du peuplement phlébotomien par des paramètres adaptés, ainsi qu'une étude statistiques de ces résultats par plusieurs outils d'analyse statistiques.

Le quatrième chapitre est consacré à la discussion des résultats obtenus, en se référant aux travaux effectués en Algérie et de par le monde.

Enfin, une conclusion générale met l'accent sur les perspectives à mener pour une étude approfondie sur la biologie des différents acteurs du cycle parasitaire (parasite, vecteur, réservoir). Cet aspect est de proposer des solutions ou des alternatives de lutte à l'encontre des phlébotomes responsables de la transmission d'agents vecteurs et donc pouvoir observer une diminution de la leishmaniose tant viscérale que cutanée.

# Chapitre 1 : Données Bibliographiques

## **2. Chapitre 1: Données bibliographiques sur les Phlébotomes (Diptera, Psychodidae) et la leishmaniose**

### **2.1 Aperçu général sur les Phlébotomes**

#### **2.1.1 Systématique des Phlébotomes**

Les phlébotomes appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, classe des Insectes, ordre des Diptères, sous-ordre des Nématocères, famille des Psychodidae laquelle se divise en deux sous-familles : Psychodidae et Phlebotominae. Toutes les espèces décrites de Phlébotomes appartiennent à cette dernière.

La position systématique des genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia* selon Dolmatova et Demina (1971), actuellement adoptée par la majorité des spécialistes est la suivante:

**Règne:** Animalia

**Phylum:** Arthropoda

**Sous-Phylum:** Hexapoda

**Classe:** Insecta

**Sous-Classe:** Pterygota

**Super-Ordre :** Endopterygota

**Ordre :** Diptera

**Famille :** Psychodidae (Bigot, 1845)

**Sous-Famille:** Phlebotominae (Kertész, 1904)

**Genres :** *Phlebotomus* (Rondani, 1843)

*Sergentomyia* (França et Parrot, 1920), en Algérie.

La classification est basée essentiellement sur la biogéographie et renvoie les Phlebotominae au rang de sous-famille avec cinq genres, *Phlebotomus* et *Sergentomyia* pour l'Ancien Monde et *Lutzomyia*, *Warileya* et *Brumptomyia* pour le Nouveau Monde (Lewis et al., 1977). Le genre *Chinius* a été créé par Leng en 1987.

Seuls les genres *Sergentomyia* et *Phlebotomus* sont présents dans la région méditerranéenne et comportent chacun quatre sous-genres. Après les travaux d'Artemiev en 1991, 24 genres sont reconnus mais en s'appuyant sur les données morphologiques et biogéographiques, seuls 13 genres sont retenus par Léger et Depaquit (1999).

Les critères morphologiques et la répartition biogéographique restent en effet, la base de la systématique des Phlébotomes (Sangar, 1982). La classification au niveau des genres est basée sur le nombre et la structure des antennes et des palpes et sur le nombre et la disposition des nervures alaires, la morphologie de l'armature cibariale, celle du pharynx postérieur et celle des spermathèques. Il faut signaler l'importance des structures cibariales dans la systématique des

Phlébotomes, car elles sont également utilisées pour la détermination des genres et des espèces. Ainsi, le genre *Phlebotomus* se distingue par les soies des tergites abdominaux toutes dressées, l'armature buccale (cibarium) est absente ou rudimentaire, les spermathèques sont complètement ou incomplètement segmentées et le style des génitalia comporte 4 à 5 épines. Le genre *Sergentomyia* se caractérise par des soies abdominales couchées dans la plupart des espèces, le cibarium est bien développé, les spermathèques sont tubulaires, capsuliformes ou segmentées, le style des génitalia des mâles présente 4 longues épines avec une petite soie sur le côté interne.

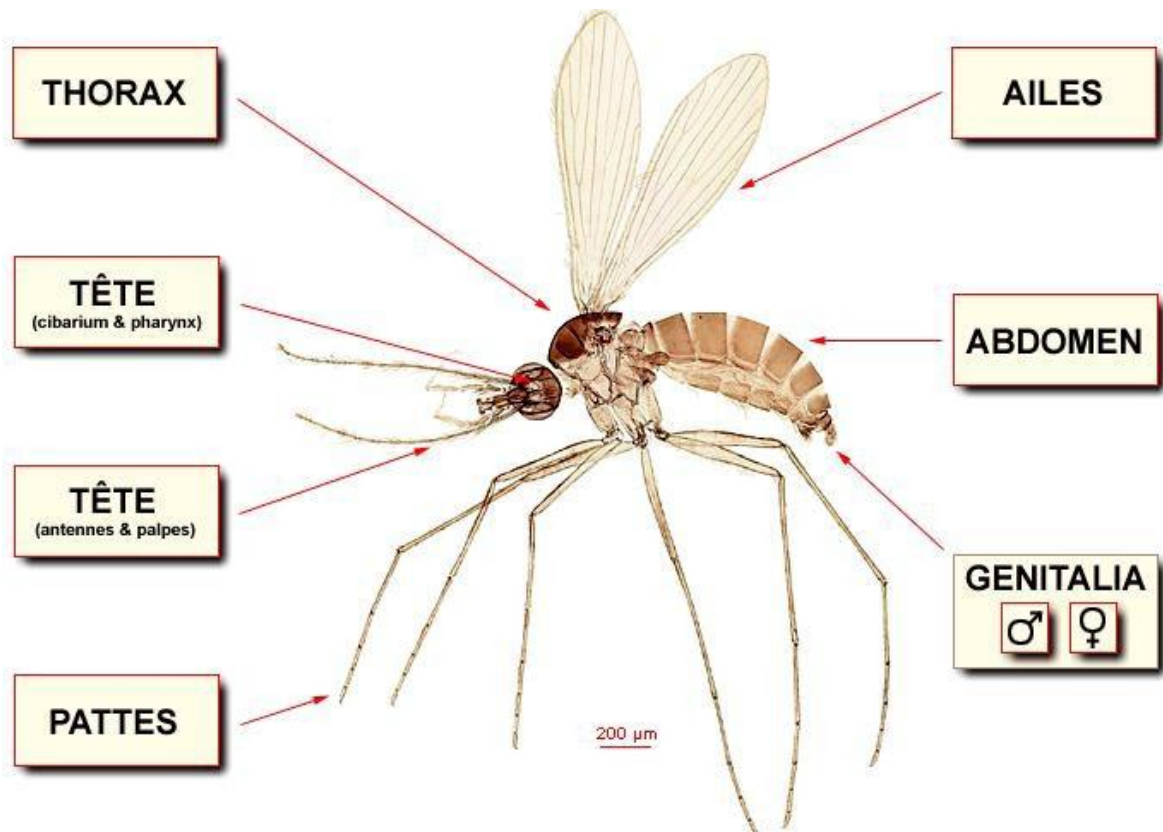
Près de 800 espèces de Phlébotomes sont actuellement décrites (Izri *et al.*, 2006 ; Bounamous, 2010). La taxonomie de ces espèces est basée sur les critères morphologiques comme les soies antennaires, les dents cibariales, les dents du pharynx, la nervation alaire, l'implantation des soies au niveau du thorax et de l'abdomen et les génitalia (Abonnenc, 1972; Leger *et al.*, 1983; Killick-Kendrick *et al.*, 1991).

Selon Depaquit (2014), une systématique moléculaire de ces insectes avec l'analyse des séquences d'ADN est susceptible de donner des résultats fiables.

### **2.1.2 Anatomie des Phlébotomes**

Les Phlébotomes sont des insectes de très petite taille de 1,5 à 3,5 mm; ces diptères hématophages présentent un corps grêle et allongé de couleur pâle et d'aspect bossu car la tête forme un angle de 45° avec le thorax. Cet insecte est recouvert de fins poils courts qui lui permettent un vol silencieux ; leurs ailes sont élancées et leur tête munie d'une trompe ou proboscis (Léger et Depaquit, 2002) (Figure1).

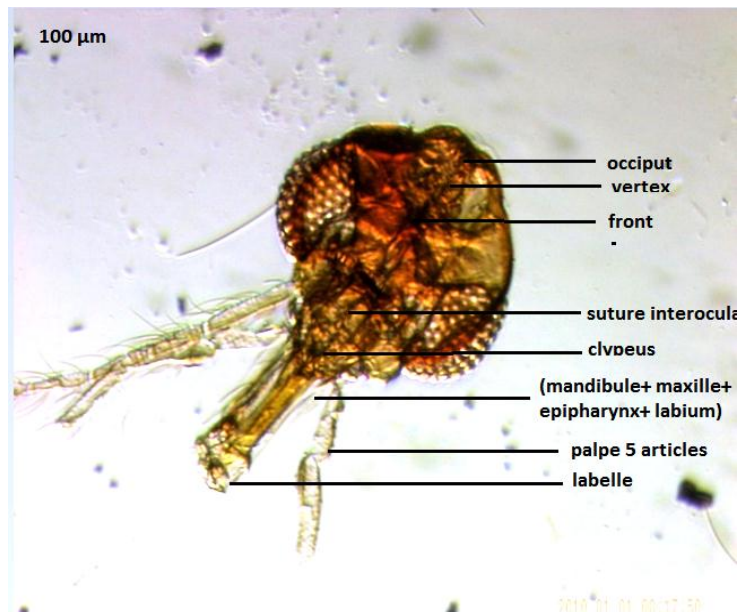




**Figure 1:** Morphologie générale d'un phlébotome adulte (Niang et al., 2000).

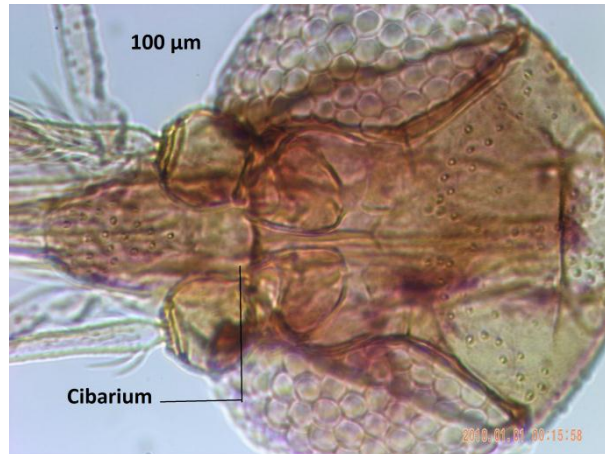
#### a) La tête

La tête est composée de trois parties, le vertex, l'occiput en arrière et le front en avant qui se prolonge par le clypeus lequel porte le labre-épipharynx. La tête porte les pièces buccales dont l'ensemble forme le proboscis. Elle est formée d'une capsule chitineuse et limitée de chaque côté par un œil composé ; au niveau de la région frontale on trouve les antennes composées de 16 segments: deux segments basaux et 14 segments beaucoup plus longs et minces (Figure 2). L'ensemble des pièces buccales femelle de type piqueur comportent : un labium, deux maxilles, un labre épipharynx (Killick-Kendrick, 1990). Ce sont les seules à porter des mandibules dentelées, le nombre et la longueur de ces dents sont utilisés dans la systématique (Léger et Depaquit, 2001).

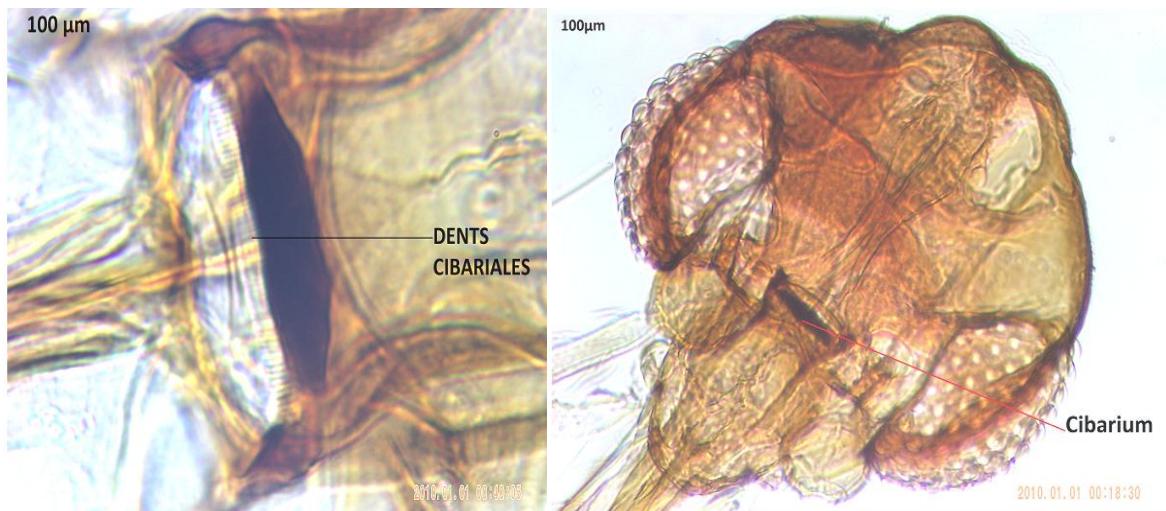


**Figure 2:** Tête d'un phlébotome adulte (photo originale).

Le cibarium est parmi les caractères d'identifications utilisés pour distinguer les deux genres *Phlebotomus* et *Sergentomyia*. Il est constitué par 3 plaques, une ventrale et deux dorso-laterales, la plaque ventrale porte ou ne porte pas d'armature dentée dans sa partie basale. En effet, c'est la disposition des dents et denticules de cette armature quand elle existe, qui définit les différentes espèces du genre *Sergentomyia* (Figure4). Pour le genre *Phlebotomus* le cibarium ne porte pas d'armature dentée (Figure 3).



**Figure 3:** Cibarium de l'espèce *Phlebotomus perniciosus* (photo originale).



**Figure 4:** Cibarium de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* (photo originale).

#### **b) Le thorax**

Le thorax des phlébotomes est convexe et très développé, bien typique des Diptères. Il est formé de 3 parties : le prothorax, le mésothorax, et le métathorax (Figure5).

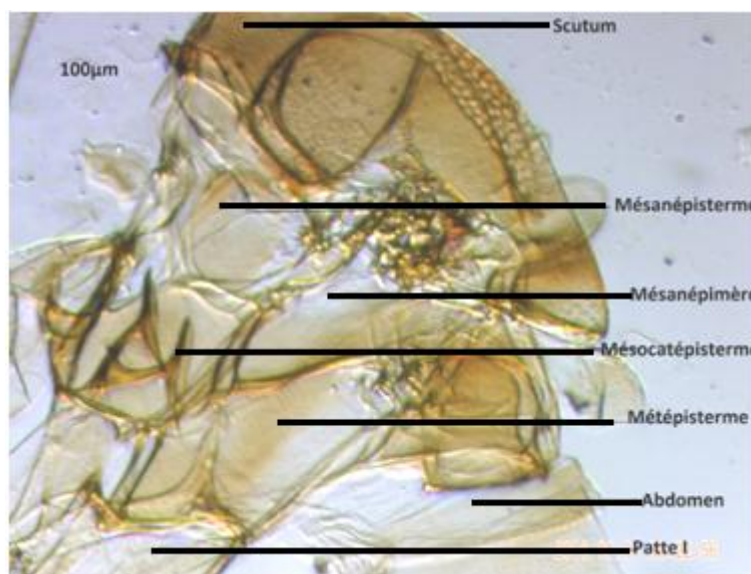
Le thorax porte une paire d'ailes lancéolées et typiquement relevées en V au repos et des balanciers ou altères ayant pour rôle d'assurer l'équilibration de l'insecte durant son vol (Dedet *et al.*, 1984).

- **Le prothorax** : est réduit et le pronotum est partiellement caché par le rebord antérieur du mésoscutum. Le prosternum est comprimé entre les hanches et porte deux saillies sternales en forme de corne, de proportion variable qui s'insère de part et d'autre de la ligne médiane.
- **Le mésothorax** : est très développé, le mésonotum se subdivise en mésoscutum qui constitue la majeure partie de la région dorsale visible et en arrière, le mésoscutillum puis le mésopostnotum.

Le mésosternum s'élargit progressivement d'avant en arrière. La région mésopleurale est très développée.

- **Le métathorax** : est surtout réduit dorsalement au métanotum surplombé par le mésopostnotum. Le métasternum est normalement développé, la région métapleurale se divise en métépistérne qui porte l'haltère et le stigmate métathoracique ou postérieur, s'élargissant vers l'avant et vers le bas et un métépimère qui se soude au premier segment abdominal.

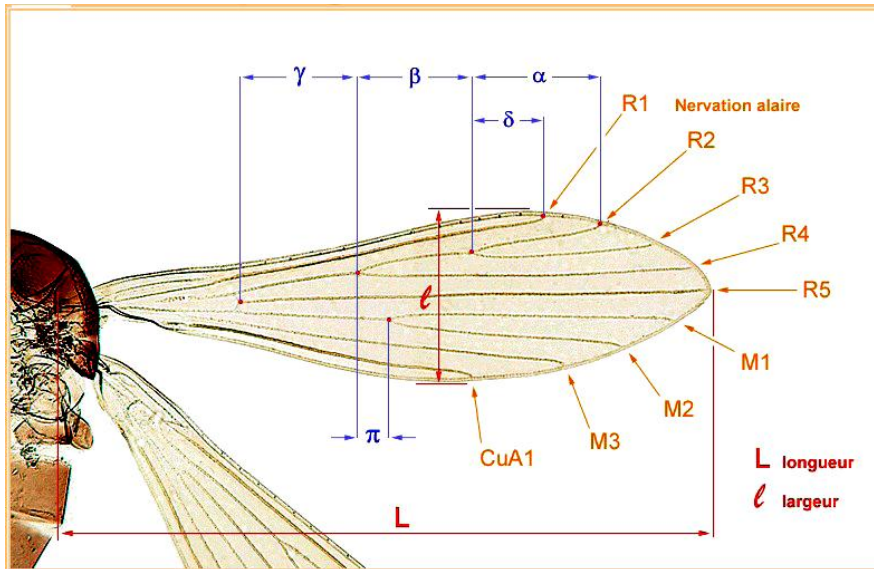
Sur chacun des trois segments thoraciques fusionnés est insérée une paire de pattes articulées, longues, fines et couvertes de soies (Léger et Depaquit, 2001).



**Figure 5:** Thorax de phlébotome (photo originale).

### c) Les ailes

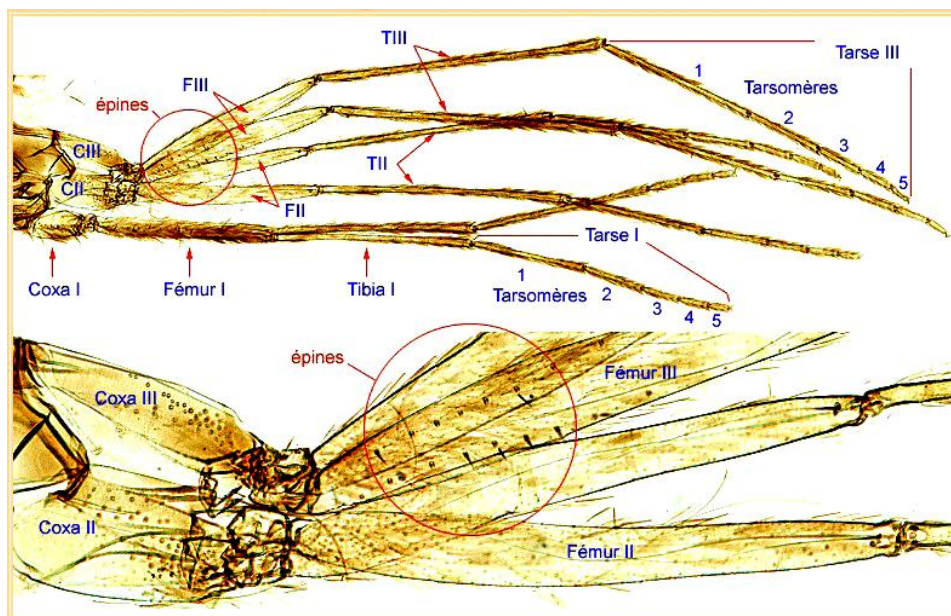
Chez l'insecte vivant, quand il est au repos, les ailes sont dressées, formant entre elles un angle de 45°. Elles sont lancéolées et soutenues par sept nervures longitudinales et des nervures transverses (Léger et Depaquit, 2001). Leur disposition est très importante pour identifier les *Phlebotominae* au sein des *Psychodidae*. La position relative des points d'insertion des nervures longitudinales est également utilisée pour l'identification (Figure 6).



**Figure 6:** Aile de phlébotomes (Brunhes et *al.*, 2000).

#### d) Les pattes

Les pattes sont longues et grêles et possèdent un tarse à cinq articles, elles sont garnies de soies et d'écaillés. Certaines espèces présentent de courtes épines massives sur le fémur (Figure7).



**Figure 7:** Pattes de phlébotome (Niang et *al.*, 2000).

### e) Abdomen

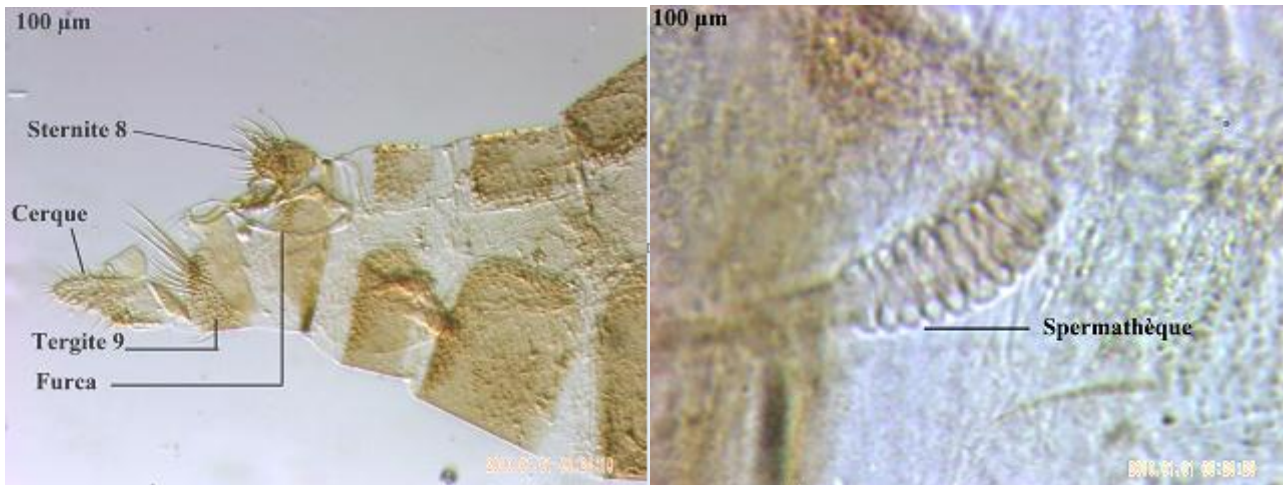
L'abdomen a une forme cylindrique, il comporte dix segments dont le premier est rattaché au thorax. Sept de ces segments sont non modifiés (portant chacun une paire de stigmates) et trois transformés en segments génitaux (Abonnenc, 1972). Les sternites et tergites sont séparés par des pleures membraneuses susceptibles de se dilater au moment des repas.

### f) Appareils génitaux

Chez la femelle, les organes génitaux internes se composent de trois organes paires : deux ovaires, deux glandes annexes et deux spermathèques.

Chaque ovaire se continue par un court oviducte qui s'ouvre dans une chambre génitale qui est soutenue par une furca qui peut être utilisée pour localiser l'issue des spermathèques (Figure8).

Les spermathèques s'ouvrent aussi dans la chambre génitale. Ils sont des organes internes formées chacune d'une capsule chitineuse, de morphologie très variable. Elles sont au nombre de deux et communiquent avec l'extérieur par des conduits plus au moins longs qui débouchent dans l'atrium génitale (Figure8).



**Figure 8:** Extrémité postérieure de l'espèce *Phlebotomus perniciosus* (photo originale).

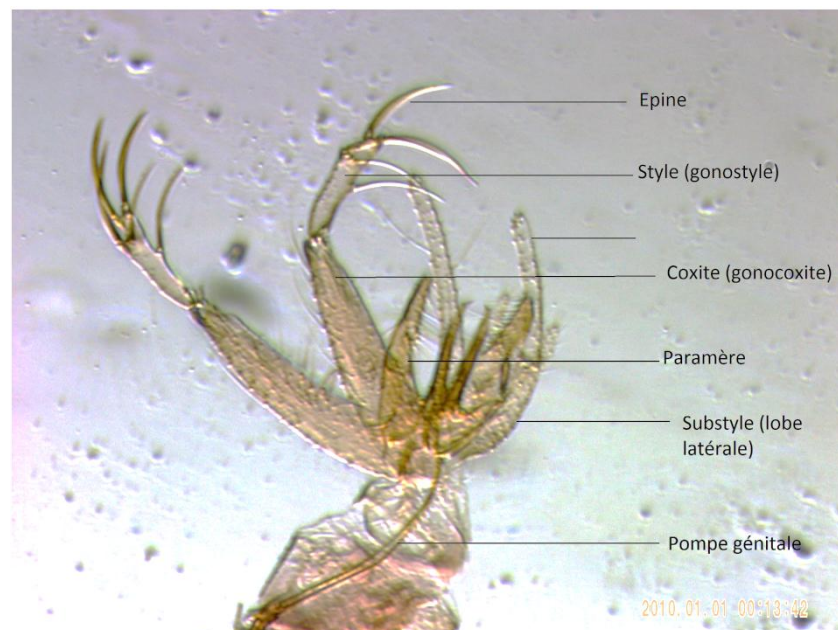
Chez le mâle, les septième et huitième segments de l'abdomen sont réduits tandis que les neuvième et dixième, sont totalement modifiés pour former l'appareil copulateur ou genitalia (Figure9).

On y distingue de la face dorsale à la face ventrale :

- deux appendices volumineux articulés formés d'un article basal: le gonocoxite (ou basi-style) et d'un article apical: le gonostyle (qui peut porter un lobe basal) ;
- deux appendices qui prennent naissance à la base des gonocoxites: les paramètres;
- deux prolongements ventraux: les surstyles (ou lobes latéraux) ;
- soudées à la partie interne des surstyles, deux lames membraneuses: les cerques (ou lamelles sous-médianes) entre lesquels s'ouvre l'anus.

Entre les paramètres, à la base desquels ils prennent naissance, se trouvent les deux fourreaux péniens qui forment l'aedéage (ou pénis) qui entourent l'extrémité distale des deux filaments génitaux.

La morphologie et l'ornementation de l'armature génitale externe du mâle sont très développées. L'appareil génital interne comporte deux testicules, deux canaux déférents, une vésicule séminale, et un canal éjaculateur qui débouche sur un organe fortement chitinisé : la pompe génitale d'où part les filaments génitaux.



**Figure 9:** Appareil génital de l'espèce *Phlebotomus perniciosus* (photo originale).

## 2.2 Bioécologie des Phlébotomes

### 2.2.1 Cycle de développement des phlébotomes

Le cycle de développement des Phlébotomes est dit holométabole, il dure généralement 20 à 90 jours, en fonction des conditions climatiques (Izri et *al.*, 2006). Les stades sont successivement l'œuf, la larve, la pupe et l'imago (Figure 10).

a. L'œuf

La femelle pond 40 à 70 œufs en une fois dans les terriers, les feuilles mortes, les troncs d'arbres, les fentes des murs et dans les habitats humides. L'œuf est elliptique, légèrement incurvé et mesure environ 0,4 mm de long (Figure 10). L'éclosion se fait en 10 jours pour donner la larve.

b. La larve

La durée de développement larvaire est de 10 jours environ mais peut être plus longue en saison froide. Il existe quatre stades larvaires. La larve de phlébotome est de type éruciforme (l'aspect d'une chenille), avec une tête fortement chitineuse et des pièces buccales broyeuses (Figure 10). Elle se nourrit de matière organique et d'excréments.

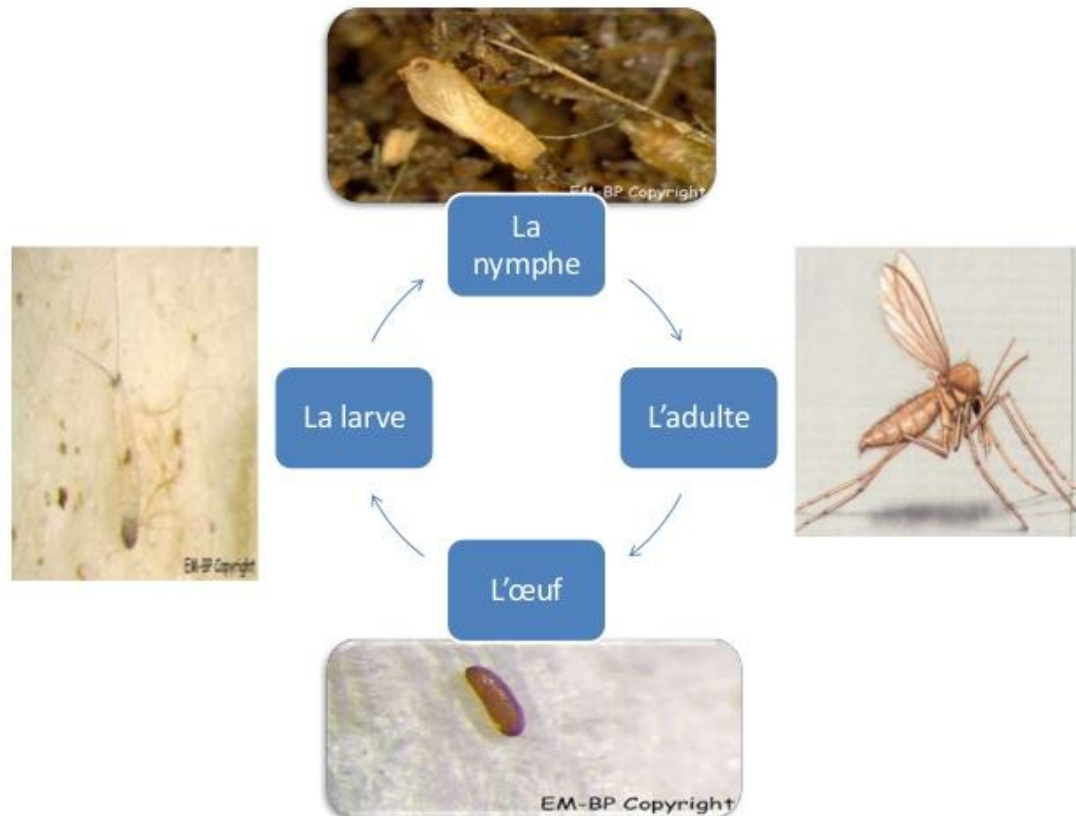
c. La pupe

Elle mesure environ 3 mm de long. On y distingue un céphalothorax et un abdomen à l'extrémité duquel persiste la dépouille du dernier stade larvaire (Figure 10). Elle reste attachée aux végétaux pendant 7 à 10 jours pour donner l'imago.

d. L'imago

L'adulte est de petite taille de couleur pâle à allure de moustiques. Son corps est couvert d'une pilosité épaisse et les antennes sont formées de 12 à 30 articles. Le thorax est convexe, Les ailes sont lancéolées, couvertes de longs poils, et l'abdomen se termine avec l'appareil génital mâle ou femelle qui permet de faire la différence entre les deux sexes (Figure10).





**Figure 10:** Cycle de développement des phlébotomes (<http://www.dpd.cdc.gov/dpdx>).

### 2.2.2 Eco-éthologie des Phlébotomes

Dès leur émergence, les Phlébotomes cherchent à se nourrir. Les femelles sont seules à être hématophages, les mâles se nourrissent exclusivement de sucres végétaux et de jus sucrés. La pique de la femelle est de type telmophage (Boussaa, 2006), elle permet d'avoir le repas sanguin qui est nécessaire pour la maturation des œufs. Néanmoins l'autogénie (capacité à pondre sans prise de repas sanguin) est observé chez quelques espèces (Lewis, 1971). Le repas sanguin prend généralement 30 secondes à 5 minutes, il est suivi de la digestion qui elle, dure 3 à 10 jours (Izri et *al.*, 2006). Enfin, la femelle dépose ses œufs à même le sol, dans des conditions optimales qui sont nécessaires à leur développement. Des substrats de toutes sortes et surtout des endroits humides sont choisis pour cette ponte. Le stimulus qui provoque l'oviposition est le contact avec cette surface humide (Dolmatova et Demina, 1971). En effet, selon Abonnenc (1972), le développement des œufs dépend de la température (26°- 30°C) et de l'humidité, il faut noter qu'une température faible ou trop élevée constitue autant de facteurs limitant l'activité des phlébotomes (Killick-Kendrick, 1999 ; Wasserberg et *al.*, 2003). Ainsi leur incubation est généralement de l'ordre de dix sept jours selon ces conditions,

et leur période d'activité (apparition et disparition) varie selon l'attitude, la latitude, la saison et l'espèce.

Les larves de Phlébotomes sont terrestre et peu mobiles, leur régime alimentaire varie entre saprophages et phytophages. Chaque espèce possède ces gîtes (micro habitats) se caractérisant par des conditions constantes (lieux calmes, absence de courants d'air et de luminosité, orientation, et présence d'humidité) (Rodhan et Perez, 1985). Ces gîtes peuvent être des fissures du sol, terriers de mammifères, nids d'oiseaux, creux d'arbres, fentes de murs, sols des habitations et des étables (Abonnec, 1972). Ainsi les abris strictement humains, offrent des conditions pas très favorables au développement des larves contrairement aux abris d'herbivores domestiques tels les lapins, moutons, chevaux ou autres. Les larves ont alors les conditions adéquates pour leur développement. Par ailleurs, cette niche écologique devient à son tour un lieu de pollution permettant ainsi, l'introduction des phlébotomes dans les milieux péri-domestique ou domestique.

La nymphe immobile reste suspendue verticalement par son extrémité postérieure, elle ne se nourrit pas et la durée du stade nymphale varie entre six à quinze jours. Leur taille est plus grande que la larve et occupe les mêmes gîtes. Les nymphes ont besoin des conditions météorologiques similaires à celles des larves, pour leur survie. La nymphe entre dans un état de vie ralentie pendant la saison hivernale, afin de muer et donner un adulte.

Si les adultes vivent à proximité des gîtes favorables à la vie des larves, ils sont aussi en contact avec les hôtes vertébrés pour assurer le repas sanguin des femelles. Ils préfèrent le calme et les endroits sombres et humides. Leur activité est contrôlée par les conditions climatiques car ils sont sensibles aux courants d'air (vitesse limite : 1m/sec). Ces insectes se déplacent généralement par vol court et saccade avec un rayon de déplacement de 1 km ; les Phlébotomes ont une activité nocturne qui nécessite 19-20 C° de température.

Durant la journée, ils privilégient les endroits calmes, à l'abri de la lumière et du vent (anfractuosités de rochers, terriers de petits mammifères sauvages, clapiers, niches, creux d'arbres, ...). Ils s'éloignent pas ou peu de ces gîtes où les femelles trouvent les hôtes vertébrés sur lesquels elles peuvent se gorger. Ces gîtes sont considérés comme des gîtes de repos ou même de ponte pour un développement larvaire ultérieur.

Les phlébotomes prolifèrent dans des terriers de rongeurs sauvages qui constituent une niche écologique naturelle ou primaire. La disparition des hôtes entraîne l'extinction de la niche et le déplacement des insectes vers un autre abri. Certaines espèces sont attirées par la lumière, d'autres

sont endophiles et préfèrent séjourner dans les habitats et les étables, alors que d'autres sont exophiles préférant les espaces extérieurs (Léger et Depaquit, 2001).

Les phlébotomes mâles ont une vie plus courte que celle des femelles les quelles vivent environ de 1 à 3 mois. Plusieurs facteurs contrôlent la durée de vie des Phlébotomes (température, hygrométrie), et le cycle gonotrophique qui est le temps écoulé entre le repas sanguin et l'oviposition. En plus de la durée de vie, on parle souvent d'âge physiologique pour la femelle, qui correspond aux nombres de cycle gonotrophique, qui se répètent tous les 3 à 10 jours (Leger et Depaquit, 1999). Ce cycle gonotrophique est réglé par les repas sanguins répétitifs. Les pontes interviennent une semaine après le repas sanguin, et l'attraction des Phlébotomes pour les humains semble dépendre de la production de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), mais également de l'odeur que dégage le corps humain (Pinot et *al.*, 2001). Seules les femelles ayant déjà pondu, peuvent jouer le rôle de transmetteur de leishmanies.

Le repas sanguin peut être précédé ou suivi d'un accouplement qui peut s'effectuer 48h seulement après l'émergence (Izri et *al.*, 2006). En dehors de ce cycle, la femelle se nourrit de sucres végétaux, de jus sucré tout comme les mâles.

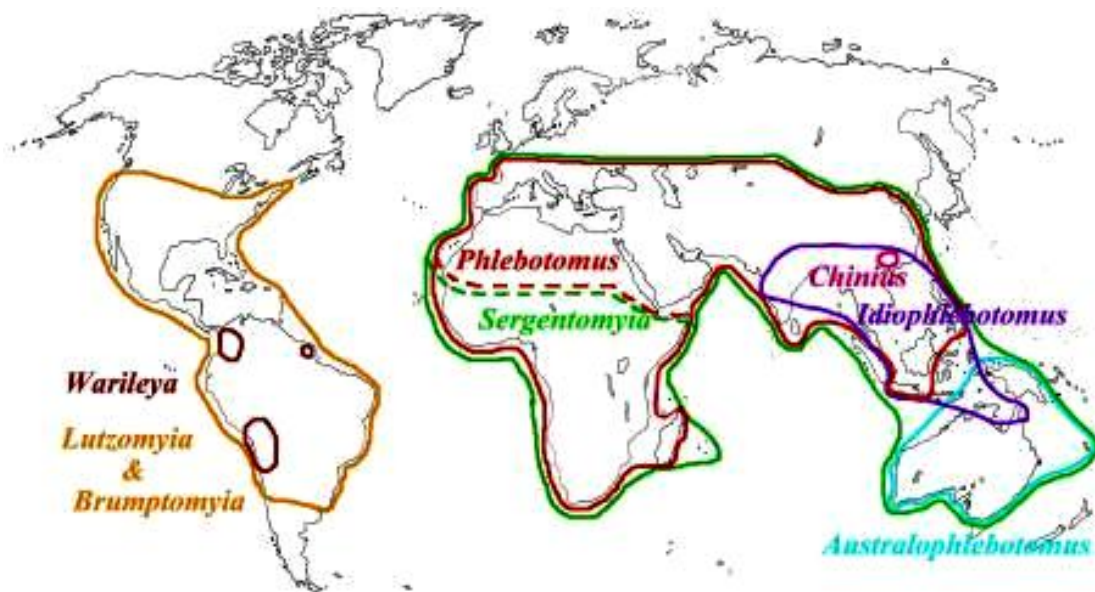
## **2.3 Répartition géographique des Phlébotomes**

### **2.3.1 Dans le monde**

Les Phlébotomes sont largement répandus dans le monde, que ce soit dans les régions tropicales (où leur présence est permanente), ou dans les régions tempérées où leur développement est conditionné par une température optimale, nécessaire à leur cycle de vie. En effet, dans les régions tropicales, il n'existe pas de périodes de repos au sein des populations de Phlébotomes, tandis que dans les régions tempérées une période de repos dite diapause est marquée en période hivernale. Durant cette période l'activité de la dernière génération de l'automne est stoppée au quatrième stade, en attendant le printemps. C'est cette dernière génération qui donnera la prochaine génération, une fois le printemps arrivé.

Les Phlébotomes sont conditionnés par certaines altitudes, ils ne sont pas signalés dans les pays nordiques, très rares en Amérique du Nord, peu abondants en Australie, mais abondants dans les zones tropicales et équatoriales de l'Afrique, de l'Amérique orientale et de la province malaise (Leger et Depaquit., 2002), Les phlébotomes sont également très fréquents dans le bassin méditerranéen et en Afrique du Nord (Dedet et *al.*, 1984, Belazzoug, 1991) (Figure 11). En effet, chaque zone bio écologique a ses propres Phlébotomes; c'est ainsi qu'on rencontre des Phlébotomes du désert, de la savane, et aussi des forêts. A l'intérieur de ces biotopes, il existe des micro biotopes;

par exemple dans la forêt amazonienne les espèces de la canopée sont différentes de celles rencontrées près du sol et certain Phlébotomes, sont purement cavernicoles (Sangar, 1982).



**Figure 11:** Répartition des genres de phlébotomes dans le monde (Léger et Depaquit, 2002).

### 2.3.2 En Algérie

C'est en 1912 que Foley et Leduc ont apporté les premiers travaux sur les Phlébotomes en Algérie, suivi après par les travaux de Parrot et Sergent de 1917 à 1960 (Dedet et *al.*, 1984). En Algérie les Phlébotomes appartiennent à deux genres :

Le genre *Phlebotomus* Rodani, 1843, comprend sept sous genres et 33 espèces dont 14 genres en Algérie.

Le genre *Sergentomyia* França & Parrot, 1921, comprend 10 sous genres et 133 espèces dont 10 en Algérie.

Ainsi à l'heure actuelle, 24 espèces sont connues dont 14 appartiennent au genre *Phlebotomus* et 10 au genre *Sergentomyia* (Tableau I).

**Tableau 1:** Phlébotomes d'Algérie (Dedet et *al.*, 1984; Berbhi et *al.*, 1986 ;Bellazoug, 1991; Bounamous et *al.*, 2008; Berdjane-Brouk et *al.*, 2001).

Sous-famille des *Phlebotominae*

| Genre <i>Phlebotomus</i>  | Genre <i>Sergentomyia</i>  |
|---|--|
| <i>Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi</i> (Scopoli, 1786)                             | <i>Sergentomyia (Sergentomyia) antennata</i> (Newstead, 1912)                  |
| <i>Phlebotomus (Phlebotomus) bergeroti</i> (Parrot, 1934)*                            | <i>Sergentomyia (Sergentomyia) fallax</i> (Parrot, 1921)                       |
| <i>Phlebotomus (Paraphlebotomus) sergenti</i> (Parrot, 1917)                          | <i>Sergentomyia (Sergentomyia) minuta</i> (Alder et Theodor, 1927)             |
| <i>Phlebotomus (Paraphlebotomus) alexandri</i> (Sinton, 1928)                         | <i>Sergentomyia (Sergentomyia) schwetzi</i> (Alder, Theodor et Parrot, 1929) * |
| <i>Phlebotomus (Paraphlebotomus) kazeruni</i> (Theodor et Mesghali, 1964) **          | <i>Sergentomyia (Parrotomyia) africana</i> (Newstead, 1912)                    |
| <i>Phlebotomus (Paraphlebotomus) chabaudi</i> (Croset, Abonnenc et Rioux, 1970)       | <i>Sergentomyia (Parrotomyia) eremitis</i> (Parrot et De Jolinière, 1945)*     |
| <i>Phlebotomus (Paraphlebotomus) Riouxi</i> (Depaquit, Killick-Kendrick, Leger, 1998) | <i>Sergentomyia (Parrotomyia) Lewisi</i> (Parrot, 1948)                        |
| <i>Phlebotomus (Transphlebotomus), Mascittii</i> (Grassi 1908)                        | <i>Sergentomyia (Grassomyia) dreyfussi</i> (Parrot, 1933)                      |
| <i>Phlebotomus (Larroussius) perniciosus</i> (Newstead, 1911)                         |  |
| <i>Phlebotomus (Larroussius) ariasi</i> (Tonnoir, 1921)                               | <i>Sergentomyia (Sintonius) clydei</i> (Sinton, 1928)                          |
| <i>Phlebotomus (Larroussius) perfiliewi</i> (Parrot, 1930)                            |  |
| <i>Phlebotomus (Larroussius) langeroni</i> (Nitzulescu, 1930)                         |  |
| <i>Phlebotomus (Larroussius) chadlii</i> (Rioux, Juminer et Gibily, 1966)             |  |
| <i>Phlebotomus (Larroussius) longicuspis</i> (Nitzulescu, 1930)                       |  |

\*Espèces recensées au Sahara Central.

\*\*Espèce recensée pour la première fois en Algérie par Berchi et al. (1986) à partir de phlébotomes récoltés à Mila (Nord-Est algérien).

L'Algérie est divisée du nord au sud en cinq zones bioclimatiques distinctes : humide, sub-humide, semi-aride, qui correspondent aux nord algérien, et la zone aride, et saharienne plus au sud, qui représentent 70% du pays. Les phlébotomes sont rencontrés sur toutes les différentes zones bioclimatiques (Dedet et *al.*, 1984 ; Belazzoug, 1991 ; Berchi, 1993 ; Izri, 1994).

Le tableau suivant indique la composition de la faune phlébotomienne propre à chaque étage bioclimatique.

**Tableau 2:** Répartition des espèces de phlébotomes en Algérie en fonction des étages bioclimatiques.

| <b>Etage Humide</b>   | <b>Etage sub-humide</b>                                     | <b>Etage semi-aride</b>                                       | <b>Etage aride</b>  | <b>Etage Saharien</b>                                       |
|---|---|---|---|---|
| <i>Sergentomyia minuta</i> (Alder et Theodor, 1927)*        | <i>Sergentomyia minuta</i> (Alder et Theodor, 1927)*        | <i>Sergentomyia minuta</i> (Alder et Theodor, 1927)           | <i>Sergentomyia minuta</i> (Alder et Theodor, 1927)         | <i>Sergentomyia minuta</i> (Alder et Theodor, 1927)         |
| <i>Phlebotomus Perniciosus</i> (Newstead, 1911)             | <i>Phlebotomus Perniciosus</i> (Newstead, 1911)             | <i>Sergentomyia Fallax</i> (Parrot, 1921)                     | <i>Segentomyia Fallax</i> (Parrot, 1921)*                   | <i>Sergentomyia Fallax</i> (Parrot, 1921)                   |
| <i>Phlebotomus ariasi</i> (Tonnoir, 1921)                   | <i>Phlebotomus langeroni</i> (Nitzulescu, 1930)             | <i>Phlebotomus Perniciosus</i> (Newstead, 1911)*              | <i>Sergentomyia antennata</i> (Newstead, 1912)              | <i>Sergentomyia christophersi</i> (Sinton, 1927)            |
| <i>Phlebotomus perfiliewi</i> (Parrot, 1930)                | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> (Parrot, 1930)                | <i>Phlebotomus langeroni</i> (Nitzulescu, 1930)               | <i>Sergentomyia dreyfussi</i> (Parrot, 1933)                | <i>Sergentomyia Dreyfussi</i> (Parrot, 1933)                |
| <i>Phlebotomus Sergenti</i> (Parrot, 1917)                  | <i>Phlebotomus Sergenti</i> (Parrot, 1917)                  | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> (Parrot, 1930)                  | <i>Phlebotomus perniciosus</i> (Newstead, 1911)             | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> (Parrot, 1930)                |
| <i>Phlebotomus Chadlii</i> (Rioux, Juminer et Gibily, 1966) | <i>Phlebotomus Chadlii</i> (Rioux, Juminer et Gibily, 1966) | <i>Phlebotomus Sergenti</i> (Parrot, 1917)                    | <i>Phlebotomus langeroni</i> (Nitzulescu, 1930)             | <i>Phlebotomus Sergenti</i> (Parrot, 1917)                  |
| <i>Phlebotomus longicuspis</i> (Nitzulescu, 1930)           | <i>Phlebotomus longicuspis</i> (Nitzulescu, 1930)           | <i>Phlebotomus Chadlii</i> (Rioux, Juminer et Gibily, 1966)   | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> (Parrot, 1930)                | <i>Phlebotomus Chadlii</i> (Rioux, Juminer et Gibily, 1966) |
| <i>Phlebotomus papatasi</i> (Scopoli, 1786)                 | <i>Phlebotomus Papatasi</i> (Scopoli, 1786)                 | <i>Phlebotomus longicuspis</i> (Nitzulescu, 1930)             | <i>Phlebotomus Sergenti</i> (Parrot, 1917)                  | <i>Phlebotomus longicuspis</i> (Nitzulescu, 1930)           |
|   |   | <i>Phlebotomus Papatasi</i> (Scopoli, 1786)                   | <i>Phlebotomus Chadlii</i> (Rioux, Juminer et Gibily, 1966) | <i>Phlebotomus papatasi</i> (Scopoli, 1786)*                |
|   |   | <i>Phlebotomus Chabaudi</i> (Croset, Abonnenc et Rioux, 1970) | <i>Phlebotomus Longicuspis</i> (Nitzulescu, 1930)           |   |

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  |  | <i>Phlebotomus Papatasi</i> (Scopoli, 1786) |  |
|  |  |  | <i>P.alexandri</i> (Sinton, 1928)           |  |

\* Espèce prédominante.

## 2.4 Intérêt médical et rôle de vecteur des phlébotomes

Les phlébotomes sont connus pour leur rôle de vecteurs de plusieurs parasitoses car la pique de la femelle phlébotome permet la transmission d'agents pathogènes. Ces derniers sont à l'origine de nombreuses maladies nuisibles à l'homme mais aussi aux animaux. Leur rôle de vecteur est considérable, notamment pour les arboviroses : (i) fièvre à papatasi, (ii) virus Toscana (Bunyaviridae, Phlebovirus) qui a été isolé de l'espèce *Phlebotomus perniciosus* pour la première fois en Italie en 1972 et découvert en Algérie dans la région de Draa el Mizane par les travaux de Alkan et al., 2015 ; (iii) la maladie de Corrion (bartonellose causée par une bactérie *Bartonella bacilliformis*). Les leishmanies restent les agents pathogènes les plus transmis par les Phlébotomes, ils causent la leishmaniose, une maladie vectorielle due à des protozoaires du genre *Leishmania*.

Sur les 800 espèces de phlébotomes décrites, 70 ont été identifiées comme vecteurs potentiels de leishmanioses (Ready, 2013); les espèces des genres *Phlebotomus* et *Lutzomyia* en sont les vecteurs exclusifs, respectivement dans l'Ancien et le Nouveau Monde (Killick-Kendrick, 1990). Chaque complexe (vecteur-parasite) est spécifique à une espèce vectrice. En effet, la transmission des parasites ne se fait pas aléatoirement, chaque vecteur transmet un parasite bien défini (Killick-Kendrick, 1990). Et chaque hôte, réagit différemment à la pique du Phlébotome (douleur, apparition d'une papule ou d'une tache hémorragique). Les paramètres bioclimatiques qui définissent le biotope, gèrent aussi l'évolution du complexe pathogène leishmanien (parasite, vecteur, réservoir) (Bounamous, 2010).

Les changements climatiques peuvent aussi contrôler l'importance de la transmission de ces maladies dont la leishmaniose (Rodhain, 2002 ; Chaves et Pascual, 2006). Dans les biotopes qui offrent des conditions climatiques optimales pour le développement du vecteur, on rencontre plus de cas infectés que dans un biotope où les conditions climatiques ne sont pas favorables à l'évolution du vecteur.

## 2.5 Aperçu général sur la Leishmaniose

### 2.5.1 Historique

La leishmaniose reste parmi les maladies les plus anciennement décrites dans l'ancien monde par les spécialistes.

Déjà au X<sup>ème</sup> siècle El Boukhari (médecin arabe), décrit cette affection cutanée en l'attribuant à une piqure de moustique.

En 1756, la leishmaniose cutanée est nommée « Bouton d'Alep » par Alexander Russel après l'avoir décrite chez un patient turc.

En 1882, Mc Naught donne une première description clinique moderne à cette affection.

C'est qu'en 1885, que Cunnigham découvre le parasite à partir d'un prélèvement de bouton d'orient (Dedet, 1999).

En 1898, un médecin militaire Borovsky, décrit le kinétoplaste du parasite et incrimine ce protozoaire comme responsable de la leishmaniose cutanée

Wright, étudia en 1903 ce parasite sur un enfant américain qui présentait une lésion cutanée, le protozoaire reçut alors le nom de *Helcosoma tropicum*.

C'est enfin, en 1900, que Sir William Boog Leishman découvre le parasite de Leishmania en Inde à partir d'un frottis de la rate, il était alors connu sous le nom de la fièvre Dum- Dum.

- William Leishman (1900) et Charles Donovan (1903) découvrent séparément le parasite dans une biopsie de la rate (Dedet, 1999).
- Ronald Ross, en 1903, donne à cet agent le nom de *Leishmania donovani* (Robert et Janovy, 2000).
- En 1908, Charles Nicolle et ses collaborateurs mettent en évidence l'agent responsable de la leishmaniose viscérale infantile à Tunis et le nomment *L. infantum*. Ils démontrent par ailleurs le rôle du chien comme réservoir de la maladie.
- En 1921, les frères Sergent et collaborateurs réalisent la première transmission du Bouton d'orient en s'infectant par des scarifications cutanées, des broyats d'insectes. Ils montrent ainsi la transmission du parasite *L. major*, l'agent du «Clou de Biskra» par le vecteur *Phlebotomus papatasi*.

C'est bien après, en 1941, que la vraie transmission par piqure d'insecte fut prouvée par Adler et Bec.



- En 1924, Knowles et *al.*, établissent la transmission pour le Kala-azar, suivi par Parrot et *al.*, qui l'ont fait pour la leishmaniose canine en 1930.
- En 1941, Latyshev et Kruyukova montre le rôle de réservoir sauvage de leishmaniose que représentent les rongeurs.

Plus tard, en 1970, les études iso-enzymiques sur les souches de leishmanies ne sont plus distinctives avec la publication de l'OMS en 1982. Cette grande évolution sur la connaissance du parasite, va ensuite permettre de découvrir d'autres formes d'infections de leishmanies, soit la co-infection VIH-Leishmanie découverte en 1985 (Jarry, 1999).

### 2.5.2 Taxonomie du parasite

La classification du genre de *Leishmania* Ross., 1903

**Règne** : Protista Haeckel, 1866

**Sous-Règne** : Protozoa Goldfuss, 1817 Emend. Siebold, 1848.

**Embranchement** : Sarcostigophora Honigberg et Balamuth, 1963

**Sous- Embranchement** : Mastigophora Diesing, 1866

**Classe** : Zoomastigophorea Calkins, 1909

**Ordre** : Kinetoplastida Honigberg, 1963 Emend. Vickerman, 1976

**Sous-Ordre** : Trypanosomatina Kent, 1880

**Famille** : Trypanosomatidae Doflein, 1901 Emend. Grobber, 1905

**Genre**: *Leishmania* Ross, 1903.

Bien qu'il n'y ait qu'un genre appelé *Leishmania*, on différencie deux sous-genres selon que le parasite se développe dans la partie centrale ou postérieure de l'intestin du vecteur ; avec respectivement, *Leishmania* (ancien et nouveau monde) et *Viannia* (nouveau monde).

Le genre *Leishmania* est composé de plusieurs espèces qui, bien qu'elles soient toutes de morphologie similaire, causent un assemblage de manifestations cliniques allant de lésions cutanées qui se résorbent d'elles-mêmes à des infections viscérales fatales en passant par des exacerbations inflammatoires, causant de graves défigurations.

### 2.5.3 Différents hôtes de la leishmaniose

Transmis principalement à partir d'animaux, les leishmanioses sont majoritairement des zoonoses. Les mammifères sauvages (rongeurs, marsupiaux, paresseux, primates ou canidés) sont des réservoirs primaires et ne montrent pas généralement les signes évidents de l'infection. Les mammifères domestiques (canidés) sont des réservoirs secondaires. Quand, par ses activités, l'Homme se met en contact avec le cycle primaire de transmission animal-vecteur, il devient un hôte accidentel (Figure 12). Il faut signaler tout de même que les réservoirs présents dans le Nouveau Monde sont entre autres (les paresseux, les lapins, les primates et les chauves-souris) (Pinto et *al.*, 2001). Dans l'Ancien Monde, ce sont surtout (les petits rongeurs et les chiens) (Who, 2002). En Inde, il existe également des cas où l'Homme est un hôte obligatoire, on parle alors d'anthroponose stricte.

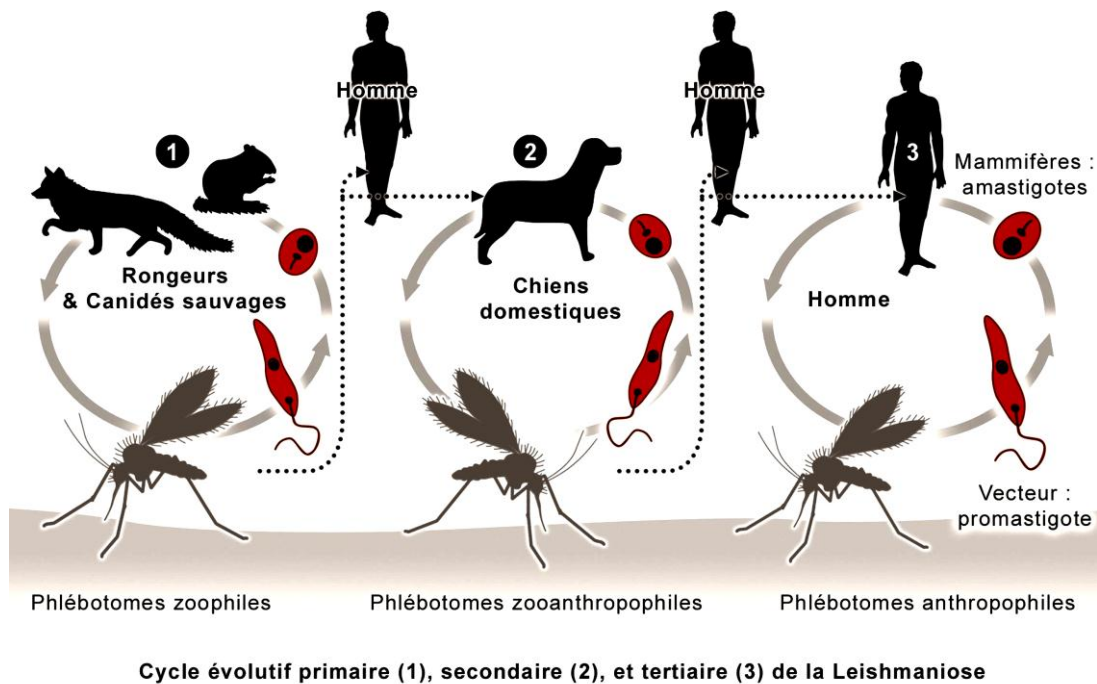
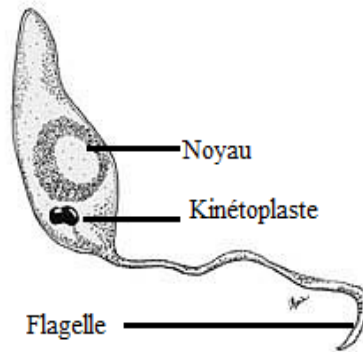


Figure 12: Cycle épidémiologique de la leishmaniose (<http://www.dpd.cdc.gov/dpdx>).

### 2.5.4 Cycle évolutif des leishmanies

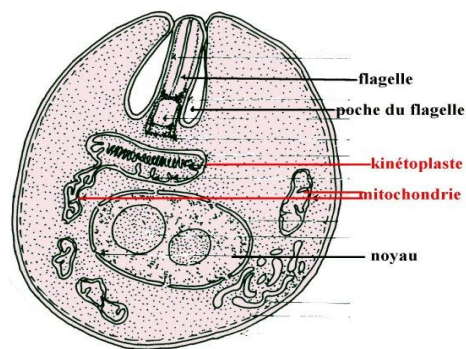
Les *Leishmania* sont des parasites hétéroxènes, possédant deux hôtes différents. Elles présentent deux formes morphologiques caractéristiques au cours de leur cycle de vie, une forme amastigote qui vit dans le tube digestif du Phlébotome, et une forme promastigote qui se développe au niveau des macrophages chez l'hôte mammifère (Ouellette et *al.*, 2003).

- **La forme promastigote** : cette forme est extracellulaire mobile. Le corps est fuselé de 5 à 20  $\mu\text{m}$  de longueur et 1 à 4  $\mu\text{m}$  de largeur, maintenu par un flagelle d'environ 20  $\mu\text{m}$  de longueur (Figure13).



**Figure 13:** Forme promastigote (<http://www.dpd.cdc.gov/dpdx>).

- **La forme amastigote** : est une forme ovoïde de 2,5 à 5 $\mu\text{m}$  de diamètre, possédant un petit flagelle mais qui reste tout de même immobile, leur multiplication se fait par la division binaire (Figure14).



forme amastigote de *Leishmania sp.*

**Figure 14:** Forme amastigote (<http://www.dpd.cdc.gov/dpdx>).

## 2.6 Mode de transmission

Le cycle de vie des Leishmanies commence lors du premier repas sanguin pris par la femelle phlébotome. Durant ce repas le sang, la cellule hôte va être infectée par des formes amastigotes, les quelles vont se propager et contaminer alors un phagocyte, principalement les (monocytes/macrophages), du système phagocytaire mononuclé.

Ces formes vont par la suite se transformer en formes amastigotes, qui vont nicher à l'intérieur des vacuoles dites parasitophores, se trouvant dans les macrophages des mammifères. Après la multiplication des amastigotes, une lyse du phagocyte va s'en suivre, et les parasites seront libérés pour être phagocytés par des cellules avoisinantes où le processus se poursuivra.

Ce cycle de vie s'arrêtera lors du deuxième repas sanguin ou des phagocytes infectés vont être prélevé, c'est à ce moment que les formes amastigotes se transforment à nouveau en forme promastigote dans le tube digestif de la femelle phlébotomes après 12 à 18 heures du repas sanguin, elles vont alors se multiplier et migrer vers les glandes salives et la trompe en vue de nouveau repas sanguin (Figure 15).

### **2.6.1 Les différentes étapes du cycle**

1-Des promastigotes métacycliques sont transférés à l'hôte vertébré pendant que les phlébotomes prennent son repas sanguin.

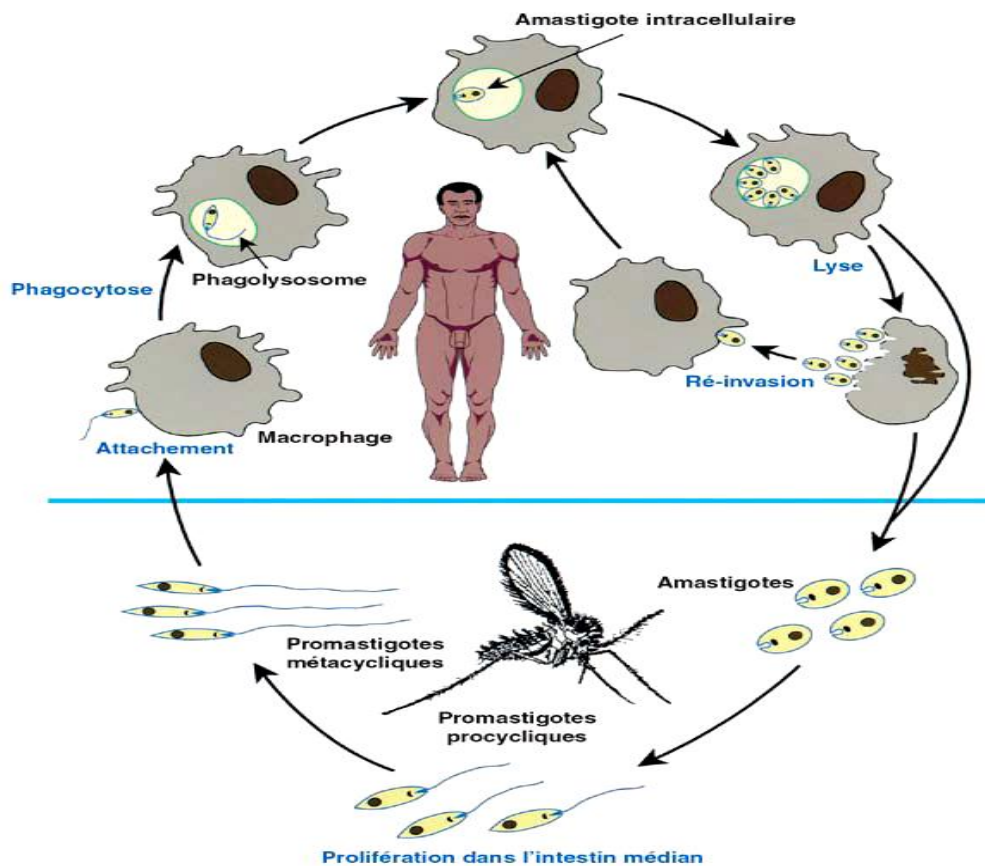
2-Les promastigotes sont phagocytés par des macrophages et se transforment en amastigotes.

3-Les amastigotes subissent les cycles répétés de la division binaire dans le macrophage.

4-Les amastigotes sont libéré du macrophage infecté et relancent le cycle répliatif dans des nouveaux macrophages.

5-Lors du repas sanguin le phlébotome infecté transforme les amastigotes en promastigotes qui subissent la multiplication binaire. Ces promastigotes procycliques adhèrent à l'épithélium d'intestin pour éviter d'être excrétées.

6-La division stoppée alors par promastigotes procyclique, subis une différenciation terminale aux promastigotes métacycliques, qui sont contagieux pour l'hôte vertébré (Figure15).



**Figure 15:** Cycle biologique du parasite (Handman, 2001).

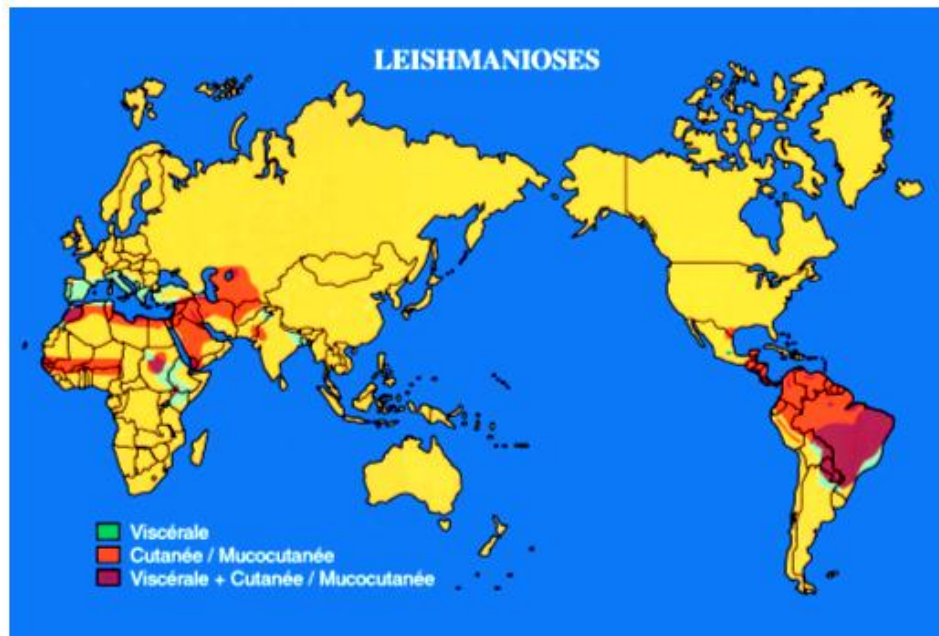
## 2.7 Répartition et situation épidémiologique des leishmanioses

La leishmaniose est devenue un problème sanitaire d'urgence dans certains pays, c'est les cas de l'Ethiopie, et l'Erythrée et le Soudan. Elle est présente dans 88 pays (66 pays de l'ancien monde et 22 du nouveau monde) des 4 continents : Afrique, Amérique du nord, et du sud, Asie, et l'Europe. D'après l'estimation de l'OMS, 14 millions de personnes à travers le monde sont atteintes de la leishmaniose, et qu'il existe 2 millions de nouveaux cas par an, dont seulement un tiers seront déclarés officiellement (OMS, 2006) (Figure16).

L'estimation de l'incidence annuelle mondiale se situe entre 1,5 et 2 millions, se distribuant entre 1 à 1,5 millions de leishmanioses cutanées et 500.000 cas de leishmanioses viscérales (Desjeux, 1996 in (Boussaa, 2008) ; WHO, 2000 ; Azizi et al., 2006).

De nombreux pays de l'Afrique du Nord marquent la présence de cas sporadiques de LC provoquée par *L.tropica*, dont la Tunisie, et le Nord du Maroc (Figure16) ; mais peu d'informations sont disponibles concernant l'Algérie (Bounamous, 2010). Le manque de

données pour la zone méditerranéenne doit être compensé par une étude épidémiologique prospective (Monbrison *et al.*, 2007 ; Mihoubi *et al.*, 2008).



**Figure 16:** Régions du monde où les leishmanioses cutanée, mucocutanée et viscérale sont endémiques (Handman, 2001).

### 2.7.1 En Algérie

L'Algérie compte parmi les pays les plus touchés dans le monde par la leishmaniose, qui se révèle aujourd'hui beaucoup plus répandue qu'on ne le croyait (Bachi, 2006). En effet, les leishmanioses connaissent ces dernières années des modifications sur le plan épidémiologique et clinique dans notre pays. L'Algérie est concernée par quatre formes cliniques sévissant à l'état endémique.

1- La leishmaniose viscérale : depuis la découverte du premier cas de leishmaniose viscérale par Lemaire, 1911 en Kabylie, le nombre de cas ne cesse d'augmenter. Addadi *et al.*, en 1976 ont identifié 497 cas entre 1965 et 1974, il faut noter que le record a été enregistré sur la période allant de 1985 à 1990 avec 1 121 cas diagnostiqués (Harrat *et al.*, 1992), comparativement avec la période de 1975 à 1984 où 721 cas ont été enregistrés (Belazzoug *et al.*, 1985). Entre 1995 et 2003, 1 654 cas ont été déclarés à l'institut national de santé publique (INSB), cette incidence reste sans doute inférieure à la réalité dans la mesure où plusieurs cas échappent au diagnostic.

La leishmaniose viscérale est présente sur toute la partie nord du pays au niveau des étages bioclimatiques humide et sub-humide, il faut toutefois signaler sa présence dans les régions semi-aride et aride, connus comme étant foyers de la leishmaniose cutanée zoonotique. Belazzoug (1986), signalait déjà 21 cas de leishmaniose viscéral à Biskra, foyer habituel de la leishmaniose cutanée ; en 1986 d'autres cas continuent à être signalés dans le Hoggar et le Tassili N'ajjar (Belkaid et Harrat, 1997). De nombreux foyers sont apparus ensuite comme c'est le cas de Tlemcen où il a été signalé la présence de cas de leishmaniose canine (Belazzoug, 1987).

2- La leishmaniose cutanée du nord (LCN) : due à *L. infantum* variant enzymatique (Harrat et al., 1995) est appelée aussi « Clou de Mila ». Elle sévit à l'état endémique le long du littoral et du Tell algérien et sa répartition géographique se confond avec celle de la leishmaniose viscérale (Harrat et al., 1995). Les foyers les plus touchés sont: Tizi Ouzou, Ténès, Bordj Menaiel, Bouira, Béjaïa, Constantine, Jijel, Mila, Meftah, Larbaa et Alger (Harrat et al., 1995).

Au Maghreb, ces deux formes de leishmaniose cutanée existent en Tunisie et au Maroc, mais ces deux pays se distinguent de l'Algérie par une troisième forme : la forme anthroponotique, due à *L. tropica* (Aoun et Bouratbine, 2014). Cette pathologie se caractérise essentiellement par des lésions sèches, végétantes, et non croûteuses siégeant aussi bien à la face qu'aux membres. Elle est causée principalement par *L. tropica* zymodème MON-8 et transmise par *Phlebotomus sergenti* (Ben Ismail et Ben Rachid, 1989).

Outre les deux formes de leishmaniose cutanée précitées, la leishmaniose cutanée chronique est une forme récemment décrite à Ghardaïa. Elle sévit de façon endémique et coexiste avec la LCZ à *L. major* dans le même foyer. L'agent causal est *L. killicki* et le vecteur prouvé est *P. sergenti* (Harrat et al., 2009 ; Boubidi et al., 2011 ; Garni et al., 2014), et le réservoir suspecté est *Masoutierra mzabi*, rongeur assez abondant dans les collines entourant la vallée du M'zab.

3- la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) : due à *L. major*, est appelée aussi « Clou de Biskra » et sévit à l'état endémo-épidémique à l'étage bioclimatique aride et semi aride. Les foyers anciennement connus étant Biskra à l'Est et Abadla à l'Ouest (Harrat et al., 1995). Cette forme cutanée connaît une véritable extension vers les hauts plateaux avec une survenue d'épidémie, en 1982 à M'sila (Belazzoug, 1982a) suivie d'une autre en 1985 à Ksar chellal (Tiaret) (Belazzoug, 1986a). Cependant, d'autres foyers sont apparus, notamment, ceux d'El Oued, Ghardaïa, Bechar et Laghouat (Sud) et Batna, Médéa, Tiaret Borj Bou Ariridj (Nord).

4-la leishmaniose canine : la première observation a été rapportée par Sergent en 1910. Pendant cette année, 7,2 % des chiens étaient atteints cliniquement de signes leishmaniens. Ensuite, la fréquence de chiens malades augmentait progressivement. En Algérie le chien est le principal réservoir de la leishmaniose viscérale méditerranéenne, néanmoins elle s'avère très rare dans le grand sud et très signalée au nord notamment en grande et petite Kabylie. En effet, en 1987 un record de séropositive (37%) a été signalé dans la commune d'Azazga en Grande Kabylie (Harrat et Belkaid, 2003).



# Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

### 3. Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

#### 3.1 Présentation de la région d'étude

Nos échantillonnages se sont déroulés dans la wilaya de Constantine située à l'Est de l'Algérie (36°36'N, 06°62'E, 660 m). Elle couvre une superficie de 2287 km<sup>2</sup> et s'étend sur un plateau rocheux à 649 mètres d'altitude. La wilaya de Constantine est Composée de 12 communes (Constantine, El-Khroub, Ain Smara, Ouled Rahmoune, Ain Abid, Ben Badis, Zighoud Youcef, Beni Hamidène, Hamma Bouziane, Didouche Mourad, Ibn Ziad et Messaoud Boudjriou) organisées en 6 Dairates (Constantine, El-Khroub, Ain Abid, Zighoud Youcef, Hamma Bouziane et Ibn Ziad) (Figure 17). Elle est limitée au Nord par la wilaya de Skikda, à l'Ouest par la wilaya de Mila, à l'Est par la wilaya de Guelma et au Sud par la wilaya de Oum-El-Bouaghi. La wilaya de Constantine qui bénéficie d'un climat méditerranéen est soumise à un climat de type semi-aride à hivers frais, avec un micro climat sub-humide au Nord, en allant vers la wilaya de Skikda. En conséquence, nos gîtes d'investigations sont caractérisés par un climat : semi- aride et un micro climat sub- humide (Bounamous, 2010).



Figure 17: Localisation des sites d'échantillonnage.

### **3.2 Le climat**

Deux périodes distinctes caractérisent le climat de Constantine : une période sèche et chaude en été (133 jours) et une période humide et froide en hiver (197 jours) (Kherief-Naceraddine, 2006). En effet, La région d'étude est soumise à l'influence du climat méditerranéen caractérisé par des précipitations irrégulières, et une longue période de sécheresse estivale de type semi-aride frais.

#### **a) Précipitations**

A Constantine la pluie atteint annuellement, environ 556,14 mm avec une moyenne mensuelle de 46,34 mm. Le maximum des pluies est enregistré généralement aux mois de Janvier, Novembre et Décembre, contrairement à Juillet et Août qui sont les mois les moins pluvieux (Kherief-Naceraddine, 2006).

#### **a) Température**

Deux périodes sont distinguées dans la région de Constantine : une période chaude et sèche qui s'étale du mois de Juin au mois de Septembre, et une autre période froide et humide, plus longue, qui s'étale du mois d'Octobre au mois de Mars (Kherief-Naceraddine, 2006). La température moyenne annuelle est de 16°C. Les températures augmentent d'une allure régulière en allant de 7,2°C le mois de Janvier jusqu'au mois d'Août qui représente le mois le plus chaud avec une moyenne maximale de 26°C.

#### **Vent**

La région d'étude est soumise à des vents dominants avec une vitesse moyenne de 2,57 m/s annuellement. Les plus importants sont les vents du Sud appelés Sirocco, observés à n'importe quelle époque de l'année (Kherief-Naceraddine, 2006).

### **3.3 Le relief**

Constantine est une Wilaya de transition entre le Nord caractérisé par un relief accidenté et le Sud caractérisé par la plénitude de l'espace (hautes plaines). Du point de vue orographique, Constantine n'est pas considérée comme une région montagneuse. Les seuls pseudo-massifs que nous pouvons citer sont Chettaba au Sud-Ouest de la Wilaya et Oum-Settas au Sud-Est,

djebel Ouahch au Nord-Est et djebel Sidi Driss. L'altitude varie entre 300 m dans la vallée du Rhumel et 1350 m à Djebel Sidi Driss.

Le relief est souvent accidenté à pente très forte où 70 % de la surface totale de la Wilaya se situe entre 12 et 25 % de dénivelé, 15 % de sa surface se caractérise par des pentes allant à plus de 25 % au Nord et au Sud de la Wilaya. La surface restante, soit 15 %, est plus ou moins plane (3%) de dénivelé. Il est structuré en trois grandes zones dont les caractéristiques physiques sont les suivantes :

**La zone montagneuse** : Située au Nord de la Wilaya, présente un relief montagneux et accidenté qui se prolonge au Nord-Est par le massif du Djebel Ouahch. L'autre massif important est celui de Chettaba à l'Ouest (Kherief-Naceraddine, 2006).

**La zone intérieure** : Est constituée d'une série de dépressions et bassins. Ces vallées sont des couloirs naturels nés des contacts entre le Tell au Nord et les hautes plaines au Sud. Elles sont en nombre de quatre : la vallée supérieure du Rhumel et celle de Boumerzoug, la vallée inférieure du Rhumel et celle de l'Oued Smendou qui converge avec celle du Rhumel inférieur (Kherief-Naceraddine, 2006).

**La zone Sud** : Se caractérise par la régularité du relief. Les territoires d'Ouled Rahmoune et Ain-Abid annoncent le début des hautes plaines qui se prolongent dans la Wilaya de Oum El Bouaghi (Ain M'lila) (Kherief-Naceraddine, 2006).

### 3.4 Hydrologie

Le groupement de communes est drainé par un réseau hydrographique important, constitué essentiellement de deux oueds principaux (Rhumel et Boumerzoug) et leurs affluents. Le Rhumel prend sa source vers 1160 m dans les marges méridionales du Tell, au Nord Ouest de Bellaâ; il traverse les hautes plaines constantinoises avec une orientation Sud Ouest-Nord Est jusqu'à Constantine (côtes 500 - 550 m) où il s'encaisse très profondément dans les gorges calcaires. Là, il change brusquement de direction et coule en oblique vers le Nord Ouest pour confluer avec oued Endja aux environs de Sidi Marouane (côte 125 m). Durant tout ce parcours, l'oued Rhumel reçoit quelques affluents importants, entre autres : Oued Dekri, Oued Athmenia, Oued Seguin, Oued Boumerzoug, Oued Smendou et Oued El Ktone (Mebarki, 2005).

### 3.5 Végétation

Au niveau de la wilaya, les seuls milieux naturels demeurent les écosystèmes forestiers dominants et les écosystèmes lacustres limités (retenues collinaires et étangs). Les forêts s'étendent sur une superficie de 18 399 ha soit 8% de la superficie de la Wilaya. 8,3 % de cette superficie sont occupés par les reboisements alors que les forêts naturelles couvrent une superficie de 6 000 ha représentant une vingtaine de forêts à Constantine. La couverture végétale sylvestre se répartit sur les régions de Zighoud Youcef, Djebel Ouahch, Ain Abid, Draa Naga, El Mridj, Tarfana Bénisiline, Tassinga, Ibn Badis, Ibn Ziad (Chettaba), Djebes, Hadj Baba et Mansourah. Les espèces dominantes sont : Pin d'Alep (13 880 ha), Eucalyptus (1 989 ha), Cyprès (1 700 ha), Chêne liège (1 159 ha) et maquis constitués exclusivement de Chêne vert (850 ha) (Kherief-Naceraddine, 2006).

### 3.6 Analyse climatique

#### 3.6.1 Diagramme de Bagnouls et Gaussen

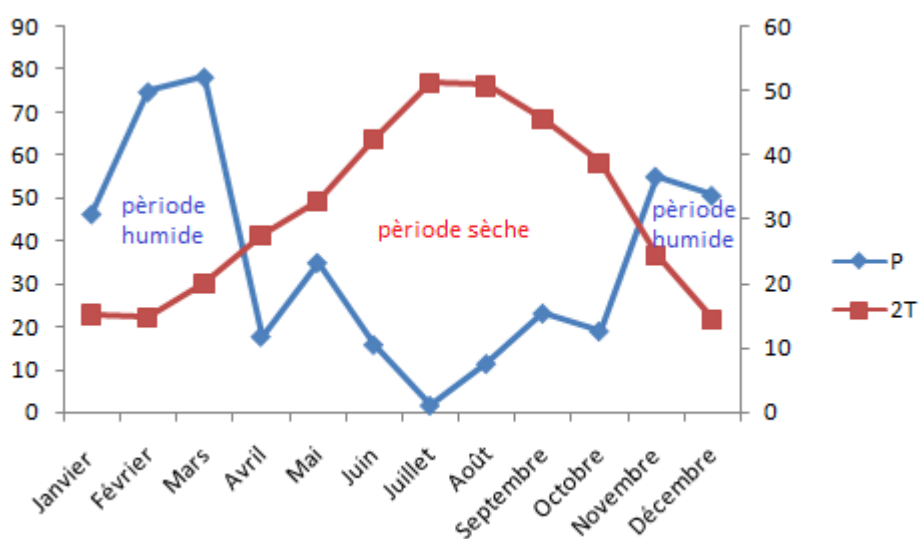
Ce diagramme permet de mettre en exergue les deux principaux paramètres climatiques, à savoir : la température et les précipitations (Tableau 3).

Selon Gaussen et Bagnouls, une période sèche est une période durant laquelle le total moyen des précipitations du mois exprimées en millimètre est inférieur ou égale aux doubles de la température du même mois exprimée en degré Celsius ( $P \leq 2T$ ). Cette approche permet de visualiser graphiquement les précipitations qui sont portées à l'échelle double des températures.

Nous avons fait le choix de faire un seul diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et qui réunit les moyennes des précipitations et des températures pendant la période d'étude allant d'avril 2013 à octobre 2013 et, d'avril 2014 à octobre 2014 des deux années 2013 et 2014 (Figure 18).

**Tableau 3:** Précipitation et température moyennes (période 2013-2014).

| Périodes | Mois      | T°<br>(températures) | T° Maximale | T° Minimale | P (précipitations<br>mm) |
|----------|-----------|----------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| 2013     | Avril     | 13,9                 | 21,7        | 7           | 30,24                    |
|          | Mai       | 16,1                 | 24,6        | 8,8         | 9,66                     |
|          | Juin      | 20,1                 | 28,8        | 11,8        | 17,02                    |
|          | Juillet   | 25,9                 | 34,8        | 17,7        | 2,04                     |
|          | Août      | 24,5                 | 32,8        | 16,8        | 22,59                    |
|          | Septembre | 21,4                 | 28,5        | 16          | 33,77                    |
|          | Octobre   | 20,2                 | 28,1        | 13,6        | 24,64                    |
| 2014     | Avril     | 13,7                 | 21,8        | 6           | 5,08                     |
|          | Mai       | 16,8                 | 25,3        | 9           | 60,21                    |
|          | Juin      | 22,6                 | 31,2        | 14,2        | 14,47                    |
|          | Juillet   | 25,4                 | 34          | 17          | 1,02                     |
|          | Août      | 26,4                 | 35,4        | 18,6        | 0                        |
|          | Septembre | 24,4                 | 33,1        | 17          | 12,45                    |
|          | Octobre   | 18,7                 | 27          | 11,8        | 13,21                    |



**Figure 18:** Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Constantine (année 2013-2014).

Ce diagramme Ombrothermique, laisse apparaître trois périodes, deux périodes humides et une période sèche (Figure 19). La première période humide s'étale de la mi-janvier jusqu'au début avril, la deuxième période humide s'étale de la mi-novembre jusqu'à la fin décembre. La période humide s'étale du début avril jusqu'au début novembre.

### 3.6.2 Climagramme et quotient pluviométrique d'Emberger

Le climagramme d'Emberger est un abaque qui comporte en ordonnée les valeurs de  $Q_2$  et en abscisse la moyenne des minima de la saison froide (Figure 19), ce climagramme permet de déterminer les étages climatiques de la région d'étude. Le quotient pluviométrique a été mis en évidence par Emberger (1933), puis il a été simplifié par Stewart (1969) par la formule :

$$Q_2 = 3.43 \times P / M - m$$

$Q_2$  : quotient pluviométrique d'Emberger.

$M$  : moyenne des maxima du mois le plus chaud.

$m$  : moyenne des minima du mois le plus froid.

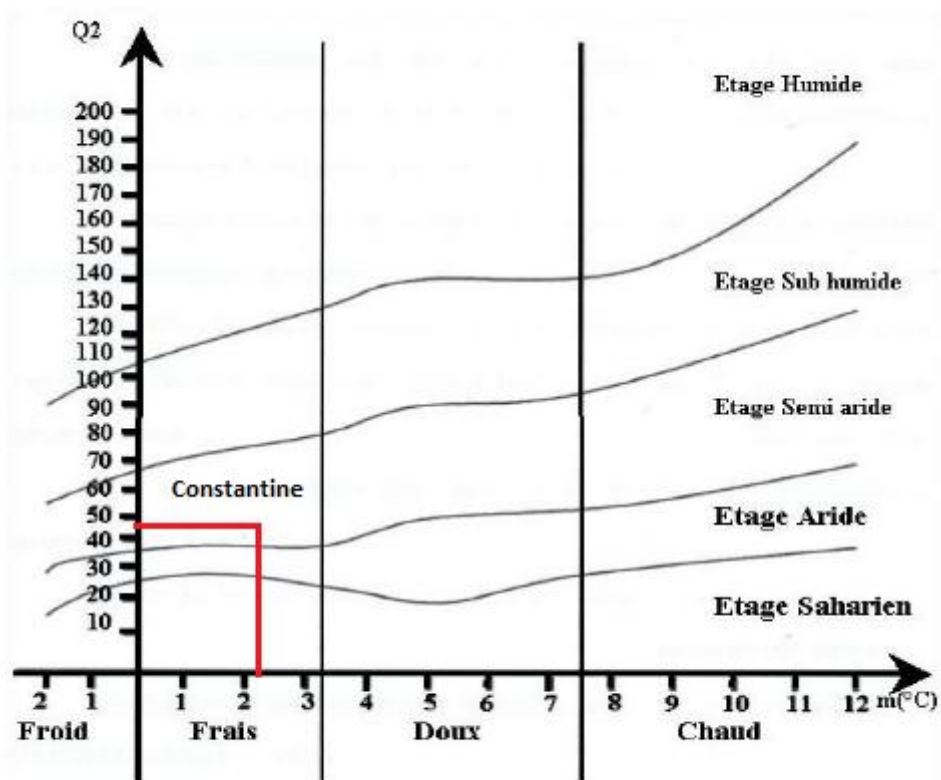
$P$  : moyenne des précipitations annuelles.

Les valeurs du quotient de la région d'étude et l'étage bioclimatique sont donnés dans le tableau 3.

**Tableau 4:** Quotient d'Emberger et étage bioclimatique.

| Années            | P (mm) | M    | m    | Q2    |
|-------------------|--------|------|------|-------|
| 2013              | 467,59 | 34,8 | 1,4  | 48,02 |
| 2014              | 389,64 | 35,4 | 2,9  | 41,12 |
| Moyenne 2013-2014 | 428,61 | 35,1 | 2,15 | 44,57 |

En portant les valeurs moyennes de  $Q_2$  et de  $m$  des années 2013-2014 (Tableau 3) sur le climagramme, il ressort que la région de Constantine se localise au niveau de l'étage bioclimatique semi-aride (Figure 19).



**Figure 19:** Situation de la région de Constantine dans le climagramme d'Emberger (2013-2014).

### 3.7 Enquête entomologique

#### 3.7.1 Présentation des sites de capture des Phlébotomes

Notre étude a eu lieu dans quatre localités situées au centre et à la périphérie de la ville de Constantine ; il s'agit de Didouche Mourad (DM), Zighoud Youcef (ZY) et de Beni H'midene (BH), situées au Nord de la ville en allant vers la wilaya de Skikda. La station de Chaabet Erssas (CR) située au centre de la ville (Figure 17). 17 gîtes ont été prospectés durant notre investigation, nous avons choisis de nommer les gîtes par les initiales des localités suivies par un chiffre chronologique (DM1, DM2, DM3, DM4, DM5, DM6, ZY1, ZY2, ZY3, ZY4, ZY5, BH1, BH2, BH3, BH4, BH5, CR).

- Localité de Didouche Mourad

Didouche Mourad est une commune située au Nord Est de Constantine (23° 62' Nord 6° 38' Est), elle se trouve à une altitude de 498 m et une superficie de 115,70 Km. Les gîtes prospectés dans cette localité sont au nombre de 6 dont 4 fermes qui abritent des animaux



domestiques, entourées de végétaux et de points d'eau usées, et 2 murs de soutènements isolés et situées en bordure de route.

**DM1 :** C'est une ferme abandonnée par les habitants situés en bordure de route à 100 m de la route nationale en allant vers Didouche Mourad. Ce biotope est constitué d'un vieux mur en pierre recouvert par une toiture en tôle (Figure 20).



**Figure 20:** Premier gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale).

**DM2 :** Il s'agit d'un mur de soutènement en béton armé à 500 m de l'agglomération de la commune de Didouche Mourad (Figure 21).



**Figure 21:** Deuxième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale).

**DM3 :** C'est une ferme située à 500 m de la route nationale en allant vers la localité de Didouche Mourad. Elle est constituée d'étable d'animaux (bovins, ovins, poules) ainsi qu'une niche de chien (Figure 22).



**Figure 22:** Troisième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale).

**DM4 :** Il s'agit d'une ferme entourée d'agglomération très proche des maisons occupées. Elle est constituée de mur en pierre recouvert par une toiture en tôle et abrite des élevages de bovins et d'ovins et des chiens de garde (Figure 23).



**Figure 23:** Quatrième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale).

**DM5 :** C'est un mur de soutènement à 200 m de la bordure de route, il est recouvert de végétation (Figure 24).



**Figure 24:** Cinquième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale).

**DM6 :** Il s'agit d'une ferme située entre la localité de Didouche Mourad et Beni H'midene dans un petit village au nom de Ain Bessam. Cette ferme est constituée de plusieurs étables en pierre recouvert de tuile, avec un élevage d'ovins et de bovins et des chiens de garde. Près de cette ferme se trouve des habitations (Figure 25).



**Figure 25:** Sixième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Didouche Mourad (photo originale).

- Localité de Zighoud Youcef

Zighoud Youcef est située à 20 km au Nord Est du chef-lieu de la wilaya (36° 3' Nord 6° 42' Est). Cette localité se trouve à une altitude de 560 mètres. Les gîtes prospectés dans cette

localité sont au nombre de 5. Parmi eux, nous avons 3 murs de soutènements en bordure de la route, entourés de végétations, d'habitations, et de points d'eau. Il y a également 2 fermes, l'une situées sur les hauteurs de Zighoud Youcef dans un village appelé Mihoubi, et l'autre en bordure de route à 300 m de la route nationale menant vers la commune de Zighoud Youcef. Ces fermes abritent des élevages de bovins et d'ovins, et une forte présence de chiens de garde.

**ZY2** : Il s'agit d'un mur de soutènement en bordure de route entouré de végétation et de point d'eau (Figure 26).



**Figure 26:** Premier gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).

**ZY2** : Il s'agit d'un autre mur de soutènement sur un petit raccourci menant vers une zone habitée (Figure 27).



**Figure 27:** Deuxième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).

**ZY3** : Il s'agit d'une ferme constituée d'une bâtisse récente en pierre, recouverte d'une toiture. On note la présence de bovins, d'ovins, de poules ainsi que des habitations situées à proximités (Figure 28).



**Figure 28:** Troisième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).

**ZY4** : C'est une ferme située dans un petit village au nom de Mihoubi. Il s'agit d'une ferme isolée avec élevage intense d'ovins et de bovins ; présence de chiens de garde et les habitations sont éloignées. Elle est constituée de plusieurs étables en pierres recouvertes pour certaines d'une tôle, et d'autres d'une toiture (Figure 29).



**Figure 29:** Quatrième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).

**ZY5** : C'est un troisième mur de soutènement qui a les mêmes caractéristiques que les deux autres, il est situé en bordure de route menant vers le village de Mihoubi (Figure 30).



**Figure 30:** Cinquième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Zighoud Youcef (photo originale).

- Localité de Beni H'midene

Beni H'midene est située au Nord-Ouest de Constantine (36° 30' Nord 6° 32' Est), elle s'étend sur une altitude de 450 m. Les gîtes prospectés dans cette localité sont au nombre de 5 à savoir, 4 fermes construites en pierres et situées à proximité des habitations et d'animaux domestiques et un mur de soutènement isolé sur les hauteurs de la localité.

**BH1** : Situé dans une zone d'agglomération, en bordure de route et à 1 km du village. C'est une étable de bovin, en pierre avec toiture (Figure 31).



**Figure 31:** Premier gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midenn (photo originale).

**BH2** : C'est un mur de soutènement en bordure de route entre la localité de Didouche Mourad et Beni H'midene, il est constitué de deux étages et entouré de végétation (Figure 32).



**Figure 32:** Deuxième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midene (photo originale).

**BH3** : Il s'agit d'une ferme en pierre recouverte d'une toiture. Nous avons noté l'absence d'animaux mais la présence d'habitations à proximité (Figure 33).



**Figure 33:** Troisième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midene (photo originale).

**BH4** : C'est le mur d'une ferme sans toiture avec présence d'un élevage de bovins et la présence de chiens errants (Figure 34).



**Figure 34:** Quatrième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midene (photo originale).

**BH5 :** Il s'agit d'une ferme située en plein agglomération dans un village au nom de Draa Beni Ougad à 3 km de la localité de Beni H'midene. Elle est constituée d'argile recouverte d'une toiture en bois et en tôle (Figure 35).



**Figure 35:** Cinquième gîte d'échantillonnage au sein de la localité de Beni H'midene (photo originale).

- Site de Chaabet Erssas

Chaacet Erssas est situé au centre de la wilaya de Constantine ( $36^{\circ} 17'$  Nord  $6^{\circ} 37'$  Est), sur une altitude de 649 m. Pour cette station, un seul gîte a été prospecté.



**CR :** Il s'agit du mur de soutènement situé à proximité du Laboratoire de Biosystématique et Ecologie de Arthropodes lequel est situé au sein du campus universitaire. On note la présence d'une végétation et de chiens errants (Figure 36).



**Figure 36:** Premier gîte d'échantillonnage au sein du quartier de Chaabet Erssas (photo originale).

### 3.7.2 Technique d'échantillonnage

Pour nos prospections, nous avons utilisé la technique du piège adhésif (Rioux et *al.* 1969), connue depuis les travaux des épidémiologistes Vlazov (1932), Petrischeva (1935) et (Croset et *al.*, 1977). Cette méthode est la mieux adaptée à l'inventaire qualitatif et quantitatif des phlébotomes en région méditerranéenne (Abonnenc, 1972 ; Madulo-Leblond, 1983). C'est une méthode non sélective qui a été largement utilisée dans ce divers pays de la région méditerranéenne (Rioux et *al.*, 1964, 1969 ; Schlein et *al.*, 1982). Le piège adhésif est constitué d'un papier de surface connu (20 cm × 20 cm) imbibé d'huile de ricin qui ne possède aucun pouvoir répulsif sur les phlébotomes (Figure 37). Par ailleurs, cette huile est soluble dans l'alcool, ce qui facilite la récupération des phlébotomes (Bounamous, 2010). Ces pièges sont roulés en cornets et placés verticalement dans les gîtes éventuels de phlébotomes (Berchi, 1990).

Ces gîtes sont le plus souvent représentés par les interstices des murs de soutènement, les fissures des murs construit en pierre et les murs intérieur et extérieur des étables abritant des animaux domestiques (ovins, bovins, poules, et chiens). Cette méthode présente

l'inconvénient de ne fournir que des insectes morts et souvent en mauvais état (perte de pattes et des antennes), ce qui rend difficile l'identification des spécimens. En revanche, elle semble adaptée à la capture des espèces photophiles tels que les phlébotomes qui sont rarement attirés par la lumière vive et semblent même la fuir à partir d'une certaine intensité (Bounamous, 2010).



**Figure 37:** Pièges adhésifs (photo originale).

Les pièges déposés sont relevés après deux jours de piégeage, en moyenne, pendant la saison chaude et sept jours au maximum quand il fait moins chaud. Généralement, une nuit est suffisante pour estimer la densité en nombre de spécimens par nuit et par unité de surface. Ils sont donc relevés après une ou plusieurs nuits de piégeage, ce qui permet de pallier à l'irrégularité des sorties. Ils sont alors regroupés par station dans des sacs en plastique portant la date du dépôt et celle de la récupération, le numéro de station et le nombre de papiers récupérés. Le dépouillement des papiers est effectué, au laboratoire le plus rapidement possible, dans les jours qui suivent, pour éviter la détérioration des phlébotomes.

Lors de cette campagne d'échantillonnage, nous avons effectué un total de 26 sorties, avec une moyenne de deux sorties par mois. Les pièges sont déposés au nombre de 30 pièges par station, soit un total de 3120 pièges déposés, à raison de 1,2 m<sup>2</sup> de surface de papier par station et 4,8 m<sup>2</sup> au total à chaque sortie. Ce qui fait un total de 124,8 m<sup>2</sup> de surface de papier déposés.

### **3.7.3 Traitements des échantillons**

Cette opération a été réalisée au sein du Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes. Les spécimens de Phlébotomes sont récupérés à l'aide d'un fin pinceau imbibé d'alcool éthylique à 70° pour permettre de les décoller du papier huilé, sans les abimer. Ils sont ensuite placés dans l'alcool à 90°. Tous les individus récupérés ont fait l'objet d'éclaircissement, de montage et d'identification.

### **3.7.4 Eclaircissement**

Tout le protocole d'éclaircissement des Phlébotomes se fait dans une boîte de pétri pourvue d'un couvercle.

Les échantillons sont conservés dans l'alcool et la manipulation s'effectue à l'aide d'une pipette Pasteur munie d'une poire en caoutchouc ; en prenant bien soin de ne pas aspirer les phlébotomes.

Nous avons utilisé un protocole décrit par Abonnenc (1972) :

- Rinçage à l'alcool- éther pour dégraisser les phlébotomes capturés sur pièges adhésifs : 5 minutes,
- Solution de potasse (KOH) à 10% : 4 à 8 heures,
- Eau : 8 bains de 15 minutes,
- Liquide de Marc-André : 1 heure et plus.

Composition du liquide de Marc-André :

- Eau distillée...30ml
- Hydrate de chloral.... 40ml
- Acide acétique cristallisable.....30ml

Enfin, les Phlébotomes sont placés dans du Créosote pour assurer une meilleure conservation avant de les monter entre lame et lamelle.

### **3.7.5 Montage**

Un seul type de montage a été utilisé, il s'agit du montage dans le baume du Canada. A l'aide d'une loupe binoculaire, les spécimens déshydratés sont montés entre lame et lamelle dans une goutte de baume de Canada diluée dans du xylène jusqu'à consistance fluide. Cette technique permet d'obtenir des conservations de longue durée.

Les phlébotomes sont placés en position latérale, la tête séparée du reste du corps. La tête doit être orientée face ventrale en position supérieure pour le genre *Sergentomyia*, et en position inférieure pour le genre *Phlebotomus*. Cette position permet de rendre plus facile l'observation des armatures cibariale et pharyngienne. Une fois la tête coupée, on maintient le thorax à l'aide d'une fine aiguille et on coupe l'abdomen au niveau de l'avant dernier segment afin de récupérer les génitalia. Tête et génitalia sont ensuite recouverts d'une lamelle, une légère pression permet de mettre les tissus à observer à plat, permettant ainsi une meilleure observation microscopique.

Les pattes sont soigneusement étalées sur le côté ventrale et les ailes du côté dorsal. L'armature génitale chez l'individu mâle doit être correctement orientée afin de mettre en évidence les éléments de la diagnose comme l'édéage, le coxite, et le style.

### **3.7.6 Identification**

Pour cette technique nous avons utilisé un microscope photonique de marque Optech portant cinq objectifs : x4, x10, x20, x40, x100. Pour l'identification nous nous sommes basés sur les clés de détermination des phlébotomes d'Algérie (Abonnec, 1972 ; Dedet *et al.*, 1984 ).

## **3.8 Traitement des données**

### **3.8.1 Paramètres de structure et d'organisation des populations et peuplements de phlébotomes récoltés**

Après l'identification, nous avons déterminé les caractéristiques de la faune phlébotomienne par une approche écologique. Cette dernière, pour l'exploitation des résultats, a été abordée par l'analyse de la composition de la population phlébotomienne étudiée, à l'aide des indices écologiques.

Ces aspects permettent de connaître la qualité d'échantillonnage, l'efficacité de la méthode de piégeage mais aussi d'estimer l'abondance et la dispersion des espèces. La comparaison de la composition des peuplements phlébotomiens dans les stations étudiées est également abordée.

- **La richesse totale** : correspond au nombre total du peuplement étudié.
- **La richesse spécifique**: nombre d'espèces que compte le peuplement (BA *et al.*, 1998).
- **Sex-ratio** : indique le rapport entre le nombre de mâles et le nombre de femelles dans une population donnée, avec la proportion de chacun des sexes. Cet indice biologique

permet en outre de donner une idée sur l'évolution de la population en analysant le nombre de femelles disponibles et aptes à se reproduire.

**Sex-ratio = Nombre de mâle / Nombre de femelle**

Quand le sexe ratio est de l'ordre de 1 :1, cela indique que la population mâle et femelle d'une espèce donnée est en équilibre.

- **Densités** : nombre d'individus présents par unité de surface de papier huilé, elle est exprimée en nombre de Phlébotomes par m<sup>2</sup> (**Ph / m<sup>2</sup>**) (BA et *al.*, 1998).
- **La fréquence relative (FR)** ou abondance relative est le pourcentage d'individus d'une espèce (ni) par rapport au total des individus recensés (N) d'un peuplement (Dajoz, 1985).

$$FR = ni / N$$

- **Indice de Shanonn-Weaver** : cet indice permet de rendre compte de la probabilité d'occurrence (autrement dit le degré de fréquence avec lequel une espèce d'une biocénose donnée se rencontre dans les échantillons (RAMADE, 2008)) d'un événement, si H' tend vers 0 la diversité est minimale et si H' tend vers 1 la diversité est maximale. Il est calculé par la formule suivante :

$$H' = \sum Pi \log Pi$$

Pi : la fréquence relative de l'espèce ou  $Pi = ni / N$

ni : nombre d'individus d'une espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

L'équitabilité E permet d'estimer et de comparer la diversité. Cet indice représente le rapport de l'indice de Shannon-Weaver H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement (H' max), il varie entre 0 et 1. Si E tend vers 1 il marque une grande diversité, et si E tend vers 0 il marque une faible diversité. Il est calculé par la formule suivante :

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

H' max =  $\log_2 S$

S : la richesse spécifique

- **La régression linéaire**

La régression linéaire est un modèle de régression qui permet d'établir une relation linéaire entre deux variables X et Y. Le but de la régression linéaire simple est d'expliquer une

variable  $Y$  à l'aide d'une variable  $X$  (représentant plusieurs variables  $X_1, \dots, X_q$ ). La variable  $Y$  est appelée variable dépendante, ou variable à expliquer et les variables  $X_j$  ( $j=1, \dots, q$ ) sont appelées variables indépendantes, ou variables explicatives. Ainsi une étude de régression simple débute toujours par un tracé des observations  $(x_i, y_i)$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Pour ajuster une variable par rapport à une autre, on doit calculer le coefficient de corrélation ( $R$ ) qui permet de déterminer l'intensité d'un lien linéaire entre deux variables quantitatives à échelle d'intervalle ou de rapport. La valeur de  $R$  est généralement comprise entre -1 et 1. Si  $R$  est positif le lien linéaire est positif, et si  $R$  est négatif le lien linéaire est négatif. Plus  $R$  est proche de -1 ou 1 plus le lien linéaire entre les deux variables est fort.

$R$  est défini par la formule suivante :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma(x) \sigma(y)}$$

### 3.9 Méthode d'Exploitation Statistique des Résultats

#### 3.9.1 L'analyse en composantes principales (A.C.P)

C'est une méthode très efficace pour l'analyse de données quantitatives (continues ou discrète) se présentant sous la forme de tableaux à  $M$  observations/  $N$  variables. L'A.C.P est un outil de statistique exploratoire et ne permet pas, généralement de tester des hypothèses. Un avantage de cet aspect exploratoire est que l'A.C.P peut être exécutée à différentes reprises, en éliminant ou rajoutant des observations ou des variables, à condition que ces manipulations soient justifiées dans les interprétations. Cette méthode accepte les nombres négatifs et tient compte des valeurs nulles. L'A.C.P s'applique aux tables de contingence, néglige les observations rares (Berchi, 2000).

Les objectifs de l'ACP sont ceux d'une analyse factorielle, c'est-à-dire qu'elle cherche à représenter graphiquement les relations entre individus par l'évaluation de leurs ressemblances, ainsi que les relations entre variables par l'évaluation de leurs liaisons. Dans notre étude nous avons utilisé cette analyse factorielle pour interpréter les rapports entre les variables, qui sont représentées par les stations et le nombre d'observation à savoir les espèces récoltées.

### **3.9.2 L'analyse factorielle de correspondance (AFC)**

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) est une méthode qui permet d'étudier l'association entre deux variables qualitatives. Cette méthode est basée sur l'inertie. Le but de l'Analyse Factorielle des Correspondances consiste à représenter un maximum de l'inertie totale sur le premier axe factoriel, un maximum de l'inertie résiduelle sur le second axe, et ainsi de suite jusqu'à la dernière dimension. Les graphiques constituent le but ultime de l'Analyse Factorielle des Correspondances, car ils permettent d'accélérer considérablement l'interprétation des résultats.

Le principe de ces méthodes est de partir sans a priori sur les données et de les décrire en analysant la hiérarchisation de l'information présente dans les données. Pour ce faire, les analyses factorielles étudient l'inertie du nuage de points ayant pour coordonnées les valeurs présentes sur les lignes du tableau de données. Dans notre étude nous avons utilisé l'analyse Factorielle des Correspondances (AFC) pour démontrer l'influence prépondérante de la nature des gîtes prospectés (gîte intérieur, gîte extérieur) sur la faune phlébotomienne.

Les traitements statistiques et les représentations graphiques associées ont été réalisés avec le logiciel XLSTAT 2008.

# Chapitre 3 : Résultats



## 4. Chapitre 3 : Résultats

### 4.1 Inventaire faunistique des phlébotomes

Sur 3120 papiers huilés posés, 1539 pièges seulement ont fonctionnés, soit une surface de 61,64 m<sup>2</sup>, en effet, nous avons constaté une perte de plusieurs pièges. Nous avons néanmoins récolté 1540 phlébotomes avec une moyenne de densité globale de 0,49 phlébotomes par piège, soit 12,33 phlébotomes par m<sup>2</sup>.

Les résultats détaillés des captures effectuées par stations durant la saison d'étude sont rapportés dans le tableau 5.

**Tableau 5:** Résultats brutes des relevés des cinq stations de piégeages (2013-2014).

| Stations        | Pièges récupérés | pièges/m <sup>2</sup> | individus mâle | individus femelle | nombre individus |
|-----------------|------------------|-----------------------|----------------|-------------------|------------------|
| Didouche Mourad | 458              | 18,32                 | 604            | 233               | 837              |
| Zighoud Youcef  | 400              | 16                    | 74             | 50                | 124              |
| Beni H'midene   | 403              | 16,12                 | 253            | 169               | 422              |
| Chaabet Erssas  | 278              | 11,12                 | 85             | 72                | 157              |
| <b>Total</b>    | <b>1539</b>      | <b>61,56</b>          | <b>1016</b>    | <b>524</b>        | <b>1540</b>      |

#### 4.1.1 Composition faunistique des phlébotomes

Le tableau 6 montre les résultats de l'étude morphotaxonomique des phlébotomes représentés par cinq espèces réparties en deux genres, *Sergentomyia* (52,55 %) et *Phlebotomus* (47,45%) et en 3 sous genres *Phlebotomus* (0,13 %), *Larrousius*(47,32 %), et *Sergentomyia* (52,55%).

**Tableau 6:** Classification de la sous-famille des phlebotominae.

| <b>Sous- famille : Phlebotominae</b>   |   |
|--|---|
| <b>Genre : <i>Sergentomyia</i></b> (Franca, 1920)<br>(52,55 %)   | <b>Genre : <i>phlebotomus</i></b> (Rondani, 1843)<br>(47,45%)   |
| <b>Sous- genre : <i>Sergentomyia</i></b> (Franca, 1920)<br><b>Espèce : <i>S. minuta</i></b> (Adler et Theodor, 1927) | <b>Sous - genre : <i>Larrousius</i></b> (Nitzulesku, 1931)<br><b>Espèces : <i>P. perniciosus</i></b> (Newstead, 1911)<br><i>P. perfiliowi</i> (Parrot, 1930)<br><i>P. longicuspis</i> (Nitzulesku, 1931)<br><br><b>Sous - genre : <i>Phlebotomus</i></b> (Rondani, 1843)<br><b>Espèces : <i>P. papatasi</i></b> (Scopoli, 1786) |

#### 4.1.2 Caractéristiques morphologiques des espèces inventoriées

- L'espèce *Sergentomyia (Sergentomyia) minuta parroti* : le genre *Sergentomyia* est représenté par une seule espèce : *Sergentomyia minuta parroti*.

Le mâle (Figure 38 A et B): est caractérisé par une valve pénienne épaisse digitiforme arrondie à l'apex (Figure 38 B). Le style, trapu est pourvu de quatre épines terminales groupées et d'une soie non caduque insérée à l'union des deux tiers proximaux et du tiers apical (Figure 38A). Chez la femelle de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti*, l'armature cibariale est très développée (Figure 38C). Elle est sous forme d'une rangée transversale régulière de 70 à 90 dents quadrangulaires, sur lesquelles se surimpose une plaque pigmentée ovale à grand axe transversal. Les spermathèques sont lisses et sans réservoir différencié. *Sergentomyia minuta parroti* est l'espèce la plus abondante dans notre inventaire avec 52,55% des captures totales.

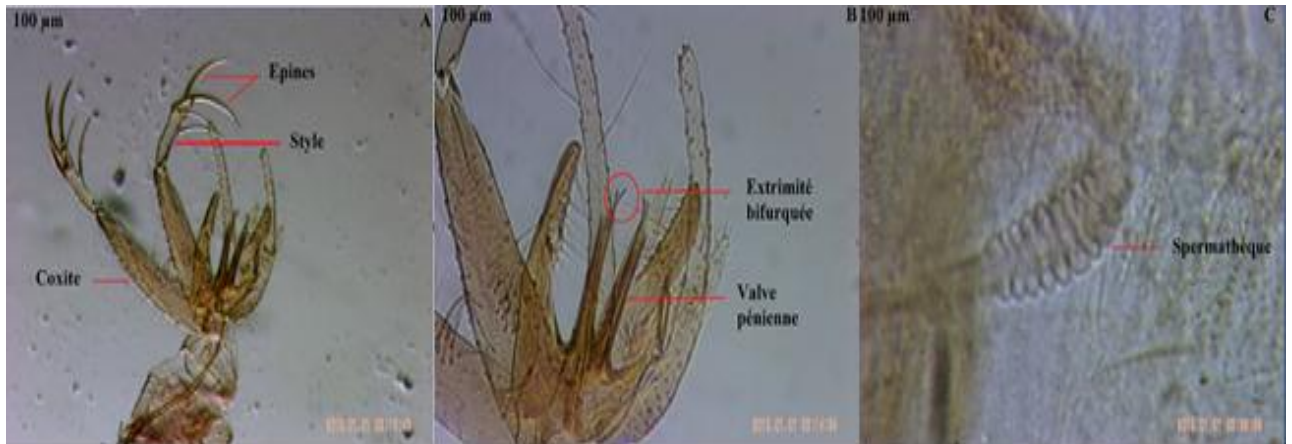


**Figure 38:** Caractères morphologiques de l'espèce *S. minuta parroti* A- génitalia avec la soie non caduque mâle B- valve pénienne mâle C- dents cibariales femelle (photos originales).

- L'espèce *Phlebotomus (Larrousius) perniciosus* : la détermination du mâle est basée sur le style qui est composé de 5 épines bien développées, dont 2 terminales et 3 situées à peu près au même niveau vers le milieu du segment (Figure 39A). Les valves péniennes sont caractérisées par une extrémité bifurquée, et la fourche terminale peut être à pointes égales ou inégales et pourvues ou non de réticulations latérales (Figure 39B).

Chez la femelle le corps des spermathèques est composé de 7 à 12 anneaux, le processus terminal présente un long cou dont le diamètre diminue progressivement de la base à

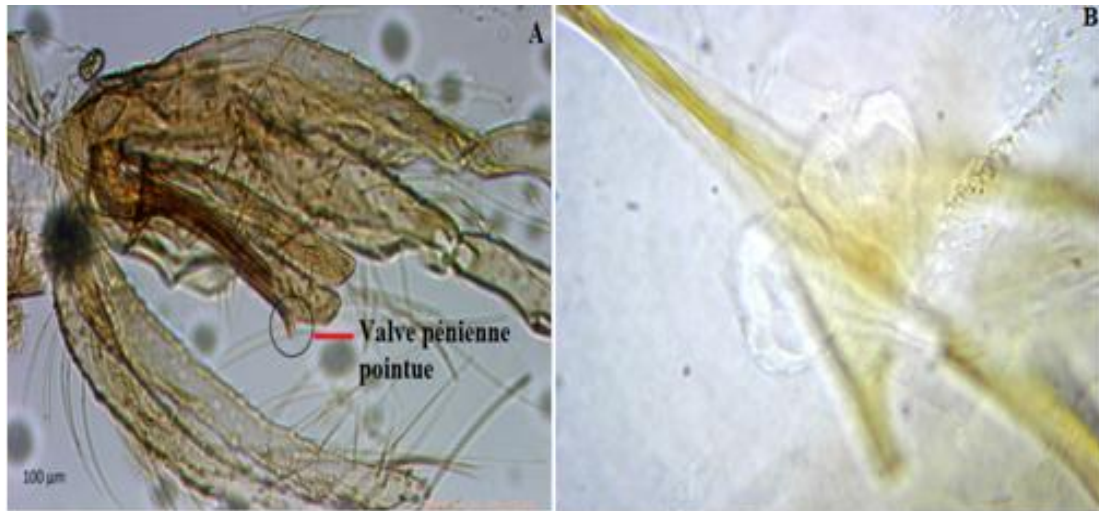
l'extrémité distale, avec une petite tête arrondie (Figure 39C). Le seul caractère différentiel entre *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus longicuspis* a été mis en évidence au niveau de la partie terminale du conduit de la spermathèques. Dans nos captures *Phlebotomus perniciosus* représente 42,33% des résultats totaux.



**Figure 39:** Critères d'identification morphologiques de l'espèce *P.perniciosus* A- génitalia mâle B- valve pénienne mâle C- spermathèque (photo originale).

- **L'espèce *Phlebotomus (Larrousius) longicuspis*:** Chez le mâle, la valve pénienne est simple, droite, pointue et recourbée avec 18 à 31 soies sur le coxite de *Phlebotomus longicuspis* typique. Pour l'espèce atypique, la valve pénienne est incurvée à son extrémité et possède 10 à 16 soies au niveau du coxite (Figure 40A).

La femelle diffère par la morphologie au niveau de la dilatation basale du conduit de la spermathèque. Ces conduits apparaissent réfringents avec une lumière large et un aspect cordiforme caractéristique (Figure 40B). Dans nos captures, *Phlebotomus longicuspis* représente 4.02% de l'inventaire total.

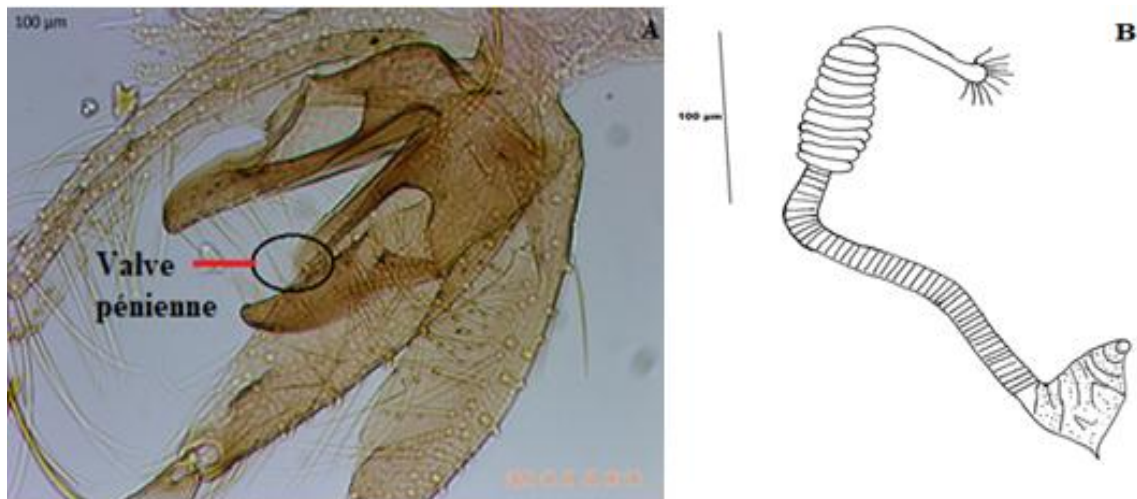


**Figure 40:** Caractères morphologiques de l'espèce *P.longicuspis* **A-** valve pénienne mâle (photo originale) **B-**spermathèque mâle (Bounamous, 2010).

**L'espèce *Phlebotomus (Larrousius) perfiliewi* :**

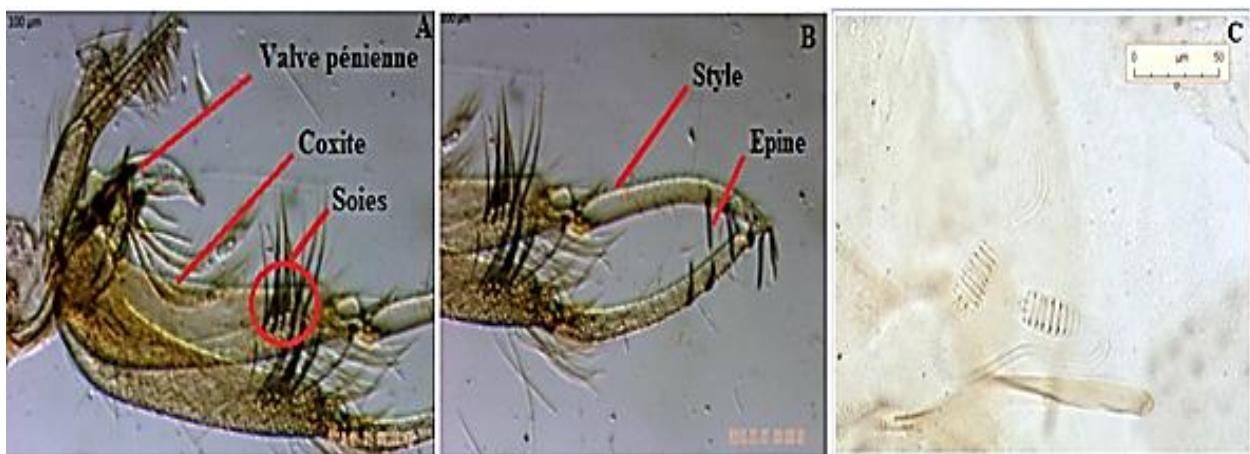
Chez le mâle la valve pénienne a un aspect transparent à l'extrémité et varie d'une sous espèce à une autre. La longueur de la valve pénienne chez *Phlebotomus perfiliewi* est de l'ordre de 130 à 140 µm, c'est aussi l'un des critères qui permet la différenciation entre les sous espèces. Le stylet possède 5 épines : 2 épines apicales et 3 épines médianes parmi elles l'une est plus grêle que les autres, on compte 16 à 20 soies dirigées ventralement situées près du milieu du coxite et décalées vers la base (Figure 41A).

Chez la femelle Le corps des spermathèques comporte une quinzaine d'anneaux et porte un cou grêle rétréci à la partie distale, prolongé par une petite tête ovale (Figure 41B). Le conduit de chaque spermathèques est strié. Il débouche dans une poche asymétrique, dont les parois sont épaisses et fripées. Les deux poches de taille importante, s'ouvrent indépendamment, cote à cote, dans l'atrium génital par de larges orifices. *Phlebotomus perfiliewi* représente 0,97% des captures totales.



**Figure 41:** Caractères morphologiques de l'espèce *P. perfiliewi* **A**-valve pénienne mâle (photo originale) **B**- spermathèque femelle (Bounamous, 2010).

L'espèce *Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi* : Le mâle se caractérise par un génitalia très développé, la longueur du coxite et du style réunis dépassent la longueur du thorax. Le style, long et grêle, porte cinq épines trapues ; trois apicales et deux subterminales plus proches l'une de l'autre que des trois premières. La valve pénienne est courte avec une extrémité mousse (Fig 42B). Le coxite, présente à sa base un petit lobe garni de quelques soies courtes et dans sa partie subterminale une douzaine de soies longues bien différenciées (Fig 42A). Chez la femelle les spermathèques sont annelés (6 à 10 anneaux), et sans col (Figure 42C). Dans nos captures *Phlebotomus papatasi* représente 0,13 % du total inventorié.



**Figure 42:** Caractères morphologiques de l'espèce *P. papatasi* **A**-valve pénienne mâle (photo originale) **B**-style et épines mâle (photo originale) **C**-spermathèque femelle (Bounamous, 2010).

### 4.1.3 Différenciation morphologique des deux espèces *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus longicuspis*

Le principal caractère utilisé lors de notre identification des mâles de *Phlebotomus perniciosus* est la forme des valves péniennes. Elles sont bifurquées et pointues à l'extrémité avec 8 à 19 soies (Figure 43), tandis que ces mêmes valves péniennes ont des extrémités simples effilées plus ou moins incurvées chez *Phlebotomus longicuspis*. Par ailleurs, le nombre de soies médianes est nettement plus élevé chez *Phlebotomus longicuspis*, il peut atteindre 30 soies (Figure 43).

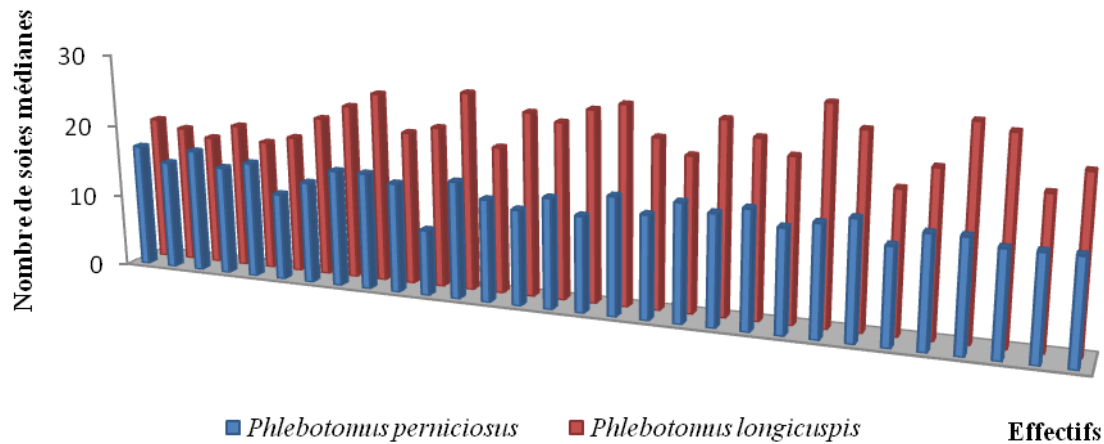
Pour plus de crédibilité et pour éviter de confondre les deux espèces affines *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus longicuspis*, nous avons utilisé le dénombrement des soies médianes sur le coxite. *Phlebotomus perniciosus* présente généralement un nombre de soies inférieur à 18 alors que chez *Phlebotomus longicuspis*, il est supérieur à ce nombre.



**Figure 43:** **A1-** valve pénienne de l'espèce *P. perniciosus* (photo originale), **A-**extrémités des soies médianes de l'espèce *P. perniciosus* (Berchi et al., 2007), **B1-** valve pénienne de l'espèce *P. longicuspis* (photo originale), **B-** extrémités des soies médianes de l'espèce *P. longicuspis* (Berchi et al., 2007).

Nous avons rapporté les résultats du dénombrement des soies médianes par une moyenne de 30 spécimens de chaque espèce pris au hasard de notre collection.

La figure 44 montre une nette différence entre le nombre de soies des deux espèces, cette différence observée sur la figure ne peut être retenue que par une analyse statistique.



**Figure 44:** Comparaison du nombre de soies médianes de *P. perniciosus* et *P. longicuspis* (moyenne de 30 spécimens).

Ainsi, pour appuyer notre résultat nous avons utilisé le test de Student (t) qui permet de comparer les moyennes de deux séries de mesures faites sur les mêmes unités statistiques (nombre de soies médianes sur 30 spécimens de chaque espèce).

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 7, le test de Student est donné par la valeur  $t=13,036$ . Cela signifie que la différence entre les deux moyennes a une faible probabilité d'être nulle. L'information portée par le p-value:  $p < 0.0001$ , valeur inférieure au niveau de signification  $\alpha$  (0.05). Ceci signifie que nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle avec un risque faible de nous tromper. En d'autres termes, la différence de moyennes est statistiquement significative.

**Tableau 7:** Comparaison des soies médiane du coxite de *P.perniciosus* et *P.longicuspis* par le test de Student (t).

| Espèce                 | Nombre de mesures | Nombre de soies | Min           | Max      |
|------------------------|-------------------|-----------------|---------------|----------|
| <i>P. perniciosus</i>  | 30                | 14,67 ± 1,63    | 9             | 17       |
| <i>P. longicuspis</i>  | 30                | 22,93 ± 3,20    | 18            | 29       |
| Test de Student<br>(t) | 13,036            | ddl = 29        | P <<br>0,0001 | α = 0,05 |

## 4.2 Etude écologique par Indices de structure Et d'organisation

### 4.2.1 Richesse totale et spécifique

Le total de 1540 individus de Phlébotomes collecté appartient à deux genres *Sergentomyia* et *Phlebotomus*. Le genre *Sergentomyia* est représenté par une seule espèce à savoir *Sergentomyia minuta parroti*. C'est l'espèce la mieux représentée dans nos stations d'étude avec un total de 809 spécimens. Le genre *Phlebotomus* quant à lui est représenté par 4 espèces : *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus longicuspis*, *Phlebotomus perfiliewi* et *Phlebotomus papatasi* avec respectivement 652, 62, 15 et 2 spécimens.

La richesse spécifique analysée dans les 17 gîtes prospectée montre une richesse spécifique maximale S égale à 5 dans les deux stations de Didouche Mourad et Beni H'midene. En effet, les 5 espèces identifiées *Sergentomyia minuta parroti*, *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus longicuspis*, *Phlebotomus perfiliewi* et *Phlebotomus papatasi* sont présentes dans tous les gîtes de ces deux stations. La station de Zighoud Youcef présente une richesse spécifique S égale à 4 où quatre espèces sont présentes *Sergentomyia minuta parroti*, *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus longicuspis*, et *Phlebotomus perfiliewi*. La station de Chaabet Erssas est caractérisée par une richesse spécifique minimale S est égale à 3 avec seulement 3 espèces *Sergentomyia minuta parroti*, *Phlebotomus perniciosus*, et *Phlebotomus longicuspis* (Tab. 8).

**Tableau 8:** Richesse spécifique des phlébotomes par gîtes d'étude.

| Espèces<br>Gîtes | Espèces                        |                                |                             |                               |                                    |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
|                  | <i>Phlebotomus perniciosus</i> | <i>Phlebotomus longicuspis</i> | <i>Phlebotomus papatasi</i> | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> | <i>Sergentomyia minuta parroti</i> |
| DM1              | +                              | 0                              | 0                           | 0                             | +                                  |
| DM2              | +                              | +                              | 0                           | +                             | +                                  |
| DM3              | +                              | +                              | 0                           | 0                             | +                                  |
| DM4              | +                              | +                              | 0                           | +                             | +                                  |
| DM5              | +                              | +                              | 0                           | +                             | +                                  |
| DM6              | +                              | +                              | +                           | 0                             | +                                  |
| ZY1              | +                              | +                              | 0                           | +                             | +                                  |
| ZY2              | +                              | +                              | 0                           | 0                             | +                                  |



|     |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|
| ZY3 | + | + | 0 | 0 | + |
| ZY4 | + | + | 0 | 0 | + |
| ZY5 | + | + | 0 | + | + |
| BH1 | + | 0 | 0 | + | + |
| BH2 | 0 | 0 | 0 | 0 | + |
| BH3 | + | + | + | 0 | + |
| BH4 | + | + | 0 | 0 | + |
| BH5 | + | + | 0 | + | + |
| CR  | + | + | 0 | 0 | + |

(+) : espèce présente.

(0) : espèce absente.

DM : Didouche Mourad, ZY : Zighoud Youcef, BH : Beni H'miden, CR : Chaabet Erssas.

#### 4.2.2 Abondance relative et densité

La répartition des espèces est inconstante dans les différentes stations. On constate que l'abondance relative de chaque espèce est comme suit : *Sergentomyia minuta parroti* (52,53%), *Phlebotomus perniciosus* (42,33%), *Phlebotomus longicuspis* (4,02%), *Phlebotomus perfiliewi* (0,97%), et *Phlebotomus papatasi* (0,13%).

Les densités des phlébotomes capturés sont aussi très inégales; les plus importantes sont enregistrées dans les stations de Didouche Mourad, Beni H'midene et Chaabet Erssas avec respectivement 46,37- 28,58- 22,49 Ph/m<sup>2</sup>, alors qu'elles sont faibles dans la station de Zighoud Youcef avec 8,04 Ph/m<sup>2</sup> (Tab. 9).

Les deux espèces *Phlebotomus perniciosus* et *Sergentomyia minuta parroti* sont les plus communes, montrant la plus large distribution géographique elles sont présentes dans toutes les stations prospectées. Ces deux espèces sont suivies l'espèce *Phlebotomus longicuspis* présente aussi dans 4 stations mais avec moins d'abondance que *Phlebotomus perniciosus* et *Sergentomyia minuta parroti*. Les deux espèces *Phlebotomus perfiliewi*, et *Phlebotomus papatasi* sont quant à elles présentent respectivement dans 3, et 2 stations sur les 4 prospectées (Tab. 9).

**Tableau 9:** Récapitulatif de l'inventaire des espèces de phlébotome par station d'étude.

| Stations        | Espèces              | Richesse totale | Abondances relatives (%) | densité /m <sup>2</sup> |
|-----------------|----------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Didouche Mourad | <i>P.perniciosus</i> | 402             | 26,10                    | 22,4                    |
|                 | <i>P.longicuspis</i> |                 |                          |                         |
|                 | <i>P.papatasi</i>    |                 |                          |                         |

|                |                          |     |       |       |
|----------------|--------------------------|-----|-------|-------|
|                | <i>P. perfiliewi</i>     | 1   | 0,06  | 0,03  |
|                | <i>S. minuta parroti</i> | 10  | 0,64  | 0,34  |
|                |                          | 392 | 25,45 | 22,04 |
| Zighoud Youcef | <i>P. perniciosus</i>    | 52  | 3,44  | 3,87  |
|                | <i>P. longicuspis</i>    | 16  | 1,03  | 0,96  |
|                | <i>P. papatasi</i>       | 0   | 0     | 0     |
|                | <i>P. perfiliewi</i>     | 3   | 0,19  | 0,16  |
|                | <i>S. minuta parroti</i> | 53  | 3,44  | 3,05  |
| Beni H'midene  | <i>P. perniciosus</i>    | 170 | 11,03 | 12,16 |
|                | <i>P. longicuspis</i>    | 11  | 0,71  | 0,55  |
|                | <i>P. papatasi</i>       | 1   | 0,06  | 0,05  |
|                | <i>P. perfiliewi</i>     | 2   | 0,15  | 0,75  |
|                | <i>S. minuta parroti</i> | 238 | 15,45 | 15,07 |
| Chaabet Erssas | <i>P. perniciosus</i>    | 28  | 1,81  | 2,69  |
|                | <i>P. longicuspis</i>    | 3   | 0,19  | 0,95  |
|                | <i>P. papatasi</i>       | 0   | 0     | 0     |
|                | <i>P. perfiliewi</i>     | 0   | 0     | 0     |
|                | <i>S. minuta parroti</i> | 126 | 8,18  | 18,85 |

#### 4.2.3 Sex-ratio

L'inventaire total indique significativement la présence de plus de mâles que de femelles, avec respectivement 1016 et 524 spécimens récoltés. Le sexe ratio de la population globale est le l'ordre de 2:1 (2 mâles pour 1 femelle). En comparant ce dernier par espèces inventoriées il ressort que chez les espèces *Phlebotomus perniciosus*, les mâles sont plus nombreux que les femelles, et cela dans toutes les stations d'étude Didouche Mourad, Zighoud Youcef, Beni H'miène, et Chaabet Erssas (rapport sexe ratio supérieur à 1).

Même constatation pour l'espèce *Phlebotomus longicuspis* rencontrée seulement dans 3 stations sur les 4 prospectées soit: Didouche Mourad, Zighoud Youcef, et Beni H'midene, tandis que dans la station de Chaabet Erssas, les femelles prédominent (rapport sexe ratio inférieur à 1).

Pour l'espèce *Sergentmyia minuta parroti*, elle révèle une prédominance des femelles dans 3 stations sur les 4 prospectées soit : Zighoud Youcef, Beni H'midene, et Chaabet Erssas (rapport sexe ratio inférieur à 1), alors que dans la station de Didouche Mourad, ce sont les mâles qui prédominent (rapport sexe ratio est supérieur à 1).

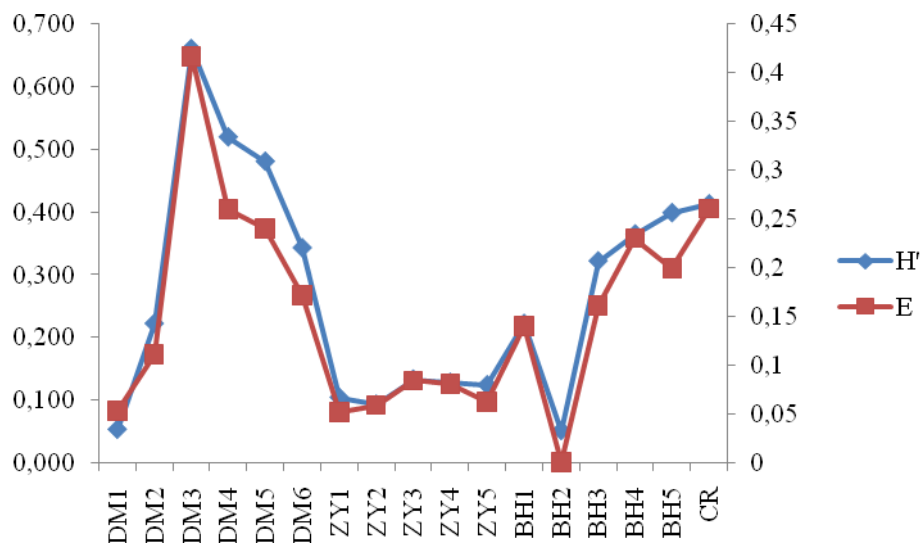
Chez les espèces *Phlebotomus perfiliewi* et *Phlebotomus papatasi* le sexe ratio est nul car aucun spécimenfemelle n'a été récolté (Tab. 10).

**Tableau 10:** Composition de la faune phlébotomienne selon le sex-ratio.

| Espèces                              | Stations | Didouche Mourad | Zighoud Youcef | Beni H'midene | Chaabet Erssas |
|--------------------------------------|----------|-----------------|----------------|---------------|----------------|
| <i>Phlebotomus perniciosus</i> ♂     |          | 351             | 41             | 154           | 23             |
| <i>Phlebotomus perniciosus</i> ♀     |          | 51              | 11             | 16            | 5              |
| sex ratio                            |          | 7:1             | 4 :1           | 10 :1         | 5 :1           |
| <i>Phlebotomus longicuspis</i> ♂     |          | 23              | 11             | 8             | 1              |
| <i>Phlebotomus longicuspis</i> ♀     |          | 9               | 5              | 3             | 2              |
| sex ratio                            |          | 2 :1            | 2 :1           | 3 :1          | 1 :2           |
| <i>Phlebotomus papatasi</i> ♂        |          | 1               | 0              | 1             | 0              |
| <i>Phlebotomus papatasi</i> ♀        |          | 0               | 0              | 0             | 0              |
| sex ratio                            |          | 0               | 0              | 0             | 0              |
| <i>Phlebotomus perfiliewi</i> ♂      |          | 10              | 3              | 2             | 0              |
| <i>Phlebotomus perfiliewi</i> ♀      |          | 0               | 0              | 0             | 0              |
| sex ratio                            |          | 0               | 0              | 0             | 0              |
| <i>Sergentomyia minuta parroti</i> ♂ |          | 219             | 19             | 88            | 61             |
| <i>Sergentomyia minuta parroti</i> ♀ |          | 173             | 34             | 150           | 65             |
| sex ratio                            |          | 1 :1            | 1 :2           | 1 :2          | 1 :1           |

#### 4.2.4 L'indice de diversité Shannon-Weaver et Equitabilité

Les valeurs des paramètres descriptifs Shannon-Weaver ( $H'$ ) et Equitabilité ( $E$ ) illustrées dans la figure 45, montrent un pic de diversité maximale au niveau du gîte DM3 ( $H'= 0,66$  bits,  $E= 0,41$  bits), et un minimum au niveau du gîte BH2 ( $H'= 0,05$  bits,  $E= 0$  bits).



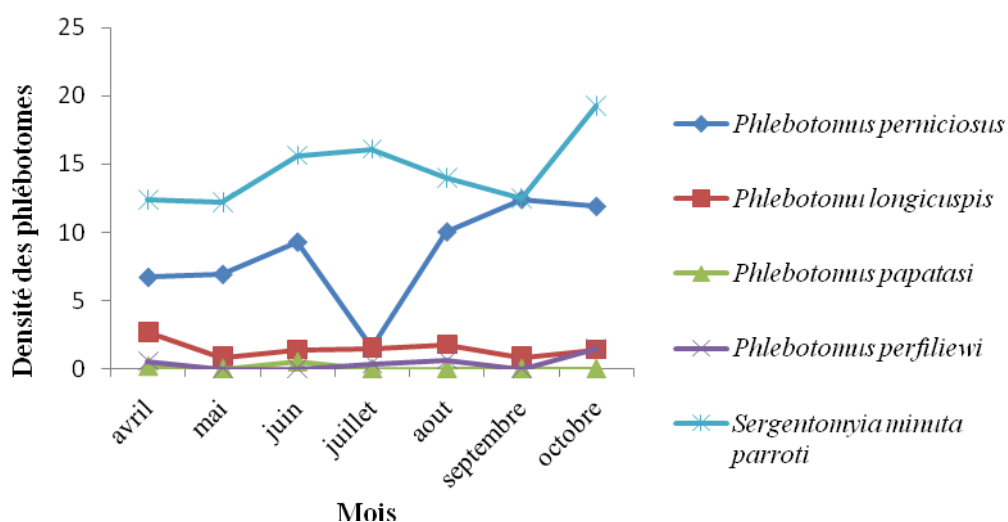
**Figure 45:** Variation des indices de diversité Shannon-Weaver et Equitabilité par gîte étudié.

### 4.3 Evolution temporelle de la densité des phlébotomes

Notre échantillonnage s'est déroulé durant les saisons printanière, estivale, et automnale. Nous avons pu constater que l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* présente les densités moyennes les plus importantes enregistrées, durant ces 3 saisons, avec des densités respectives de 12,40, 16,08, et 19,27 ph/m<sup>2</sup>. Les densités de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* révèlent deux pics de densité moyenne le premier en juillet avec une densité moyenne de 16,08 ph/m<sup>2</sup>, et le deuxième en octobre avec une densité moyenne de 19,27 ph/m<sup>2</sup>.

La deuxième espèce recensée est l'espèce *Phlebotomus perniciosus*. Cette espèce est aussi signalée durant les 3 saisons printanière, estivale, et automnale avec respectivement des densités moyenne de 13,58 ph/m<sup>2</sup>, 20,8 ph/m<sup>2</sup>, et 2,25 ph/m<sup>2</sup>. Deux pics de densité sont signalés le premier en septembre avec une densité moyenne de 12,38 ph/m<sup>2</sup>, et le deuxième en octobre avec une densité moyenne de 11,87 ph/m<sup>2</sup>.

Les densités les plus faibles sont constatées pour l'espèce *Phlebotomus papatasi* durant la saison printanière (Avril – Mai) avec 0,18 ph/m<sup>2</sup>, l'espèce *Phlebotomus perfiliewi* durant la saison estivale (Juin, Juillet-Août) avec une densité de 0,39 ph/m<sup>2</sup>, et l'espèce *Phlebotomus longicuspis* pendant la saison automnale (Septembre-Octobre) avec une densité de 0,85 ph/m<sup>2</sup> (Figure 46).



**Figure 46:** Représentation graphique de l'évolution temporelle de la densité des phlébotomes.

#### 4.4 Abondance relative selon le type de gîte

Les résultats de l'abondance relative des différentes espèces de phlébotomes capturées et les caractéristiques de chaque gîte d'étude (interne ou externe, milieu urbain ou rural, présence ou non d'animaux) sont consignés dans le tableau 11. Ce tableau réunit les effectifs (Ni) et les abondances relatives (C %) des phlébotomes par gîte.

**Tableau 11:** Récapitulatif de l'abondance des phlébotomes par type de gîte.

| Caractéristiques<br>Gîtes | Type de gîte | Présence/<br>Absence<br>d'animaux | Milieu urbain / rural | Ni  | C %   |
|---------------------------|--------------|-----------------------------------|-----------------------|-----|-------|
| DM1                       | interne      | non                               | urbain                | 10  | 0,65  |
| DM2                       | externe      | non                               | urbain                | 58  | 3,77  |
| DM3                       | interne      | oui                               | urbain                | 302 | 19,61 |
| DM4                       | interne      | oui                               | urbain                | 190 | 12,34 |
| DM5                       | externe      | non                               | rural                 | 157 | 10,19 |
| DM6                       | interne      | oui                               | rural                 | 120 | 7,79  |
| ZY1                       | externe      | non                               | rural                 | 20  | 1,30  |
| ZY2                       | externe      | non                               | rural                 | 19  | 1,23  |
| ZY3                       | interne      | oui                               | rural                 | 33  | 2,14  |
| ZY4                       | interne      | oui                               | rural                 | 27  | 1,75  |
| ZY5                       | externe      | non                               | rural                 | 26  | 1,69  |
| BH1                       | interne      | oui                               | urbain                | 75  | 4,87  |
| BH2                       | externe      | non                               | rural                 | 11  | 0,71  |
| BH3                       | interne      | non                               | rural                 | 92  | 5,97  |
| BH4                       | interne      | oui                               | rural                 | 115 | 7,47  |
| BH5                       | interne      | oui                               | urbain                | 129 | 8,38  |
| CR                        | externe      | oui                               | urbain                | 156 | 10,13 |

DM : Didouche Mourad, ZY : Zighoud Youcef, BH : Beni H'miden, CR : Chaabet Erssas.

Ni : Nombre d'individus récolté.

C% : Abondance relative.

Deux distinctifs caractérisent nos 17 gîtes prospectés, à savoir, les aspects (interne/externe) et les aspects (urbain/rural). De ces caractéristiques résulte 4 types de gîtes : 5 gîtes situés à l'intérieur en milieu urbain, 5 gîtes situés à l'intérieur en milieu rural, 2 gîtes situés à l'extérieur en milieu urbain, et 5 gîtes situés à l'extérieur en milieu rural.

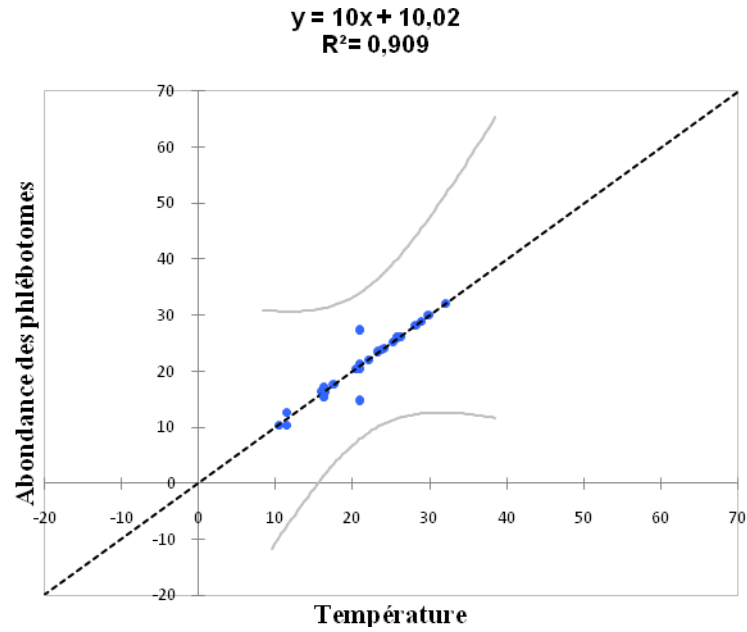
L'abondance relative (C%) la plus élevée est enregistrée dans le gîte DM3 avec 19,61%, et la plus faible est enregistrée dans le gîte DM1 avec 0,65%. Les deux gîtes sont situés à l'intérieur en milieu urbain (Tab. 11).

#### **4.5 Etude de l'impact de quelques facteurs écologiques sur la densité phlébotomienne par la régression linéaire**

Le but de notre étude est de mettre en évidence les conditions écologiques favorables au développement des espèces de phlébotomes. En effet, il s'agit d'une analyse globale de l'effet de certains paramètres écologiques sur l'abondance des phlébotomes, et ce durant toute la période de prospection (2013-2014). Bien que la température soit un facteur très important au développement de phlébotome, il n'en demeure pas moins que ces spécimens sont exposés à d'autres facteurs écologiques tel que : l'hygrométrie, la vitesse du vent, et la pluviométrie. La projection dans l'espace des points est rendue linéaire par les droites de régression dont l'expression mathématique est de la forme  $Y = ax + b$ . Ces droites permettent de mettre en évidence la relation entre deux variables, une variable dépendante X (les facteurs écologiques) et une variable indépendante Y (abondance des phlébotomes) (Figs. 47, 48, 49, 50).

##### **4.5.1 Température**

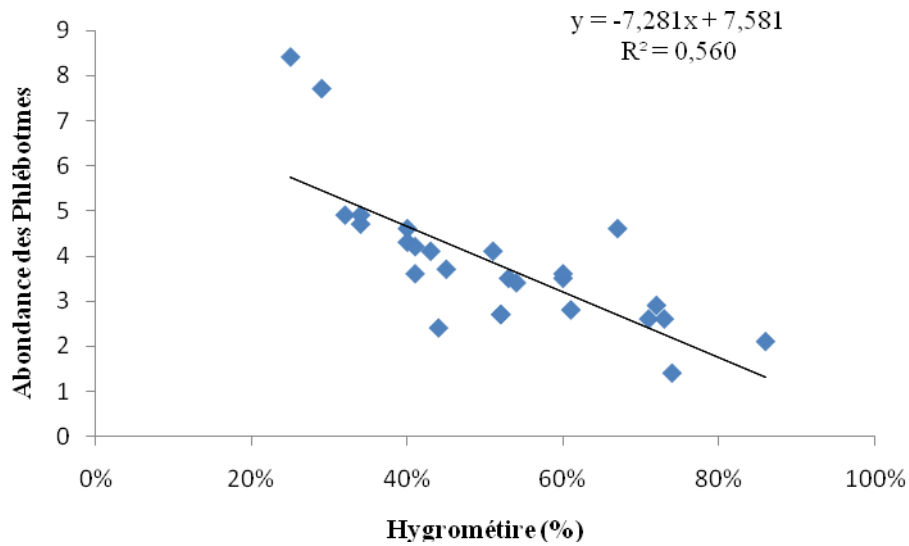
Sur la figure 47 on peut observer que les points sont presque totalement alignés sur la courbe de régression, signifiant une relation linéaire forte entre les deux variables (température et abondance). Le coefficient de détermination  $R^2 = 0,909$  montre que 90,9% de la variation du variable indépendante Y (abondance des phlébotomes) est expliquée par la variable dépendante X (température). Ainsi la corrélation est bonne ; et plus la température augmente plus l'abondance augmente.



**Figure 47:** Impact de la température sur l'abondance sur l'abondance des phlébotomes.

#### 4.5.2 Hygrométrie

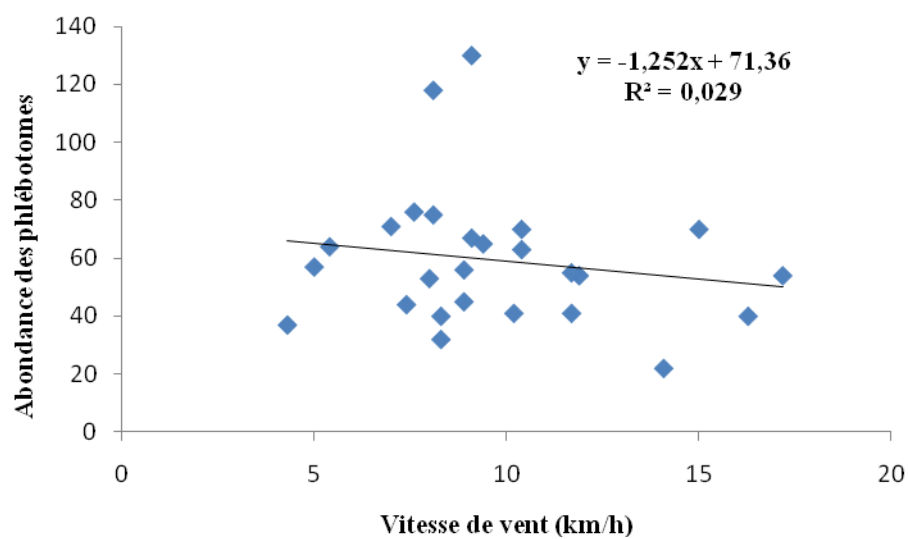
On peut observer sur la Figure 48 que les points ne sont pas totalement alignés sur la courbe de régression linéaire, signifiant ainsi une relation linéaire peu marquée entre les deux variables (hygrométrie et abondance des phlébotomes). Le coefficient de détermination  $R^2=0,560$  montre que 56% de la variation de l'abondance des phlébotomes est expliquée par l'hygrométrie. La corrélation est moyenne, et le lien statistique entre les deux variable X et Y est moyen.



**Figure 48:** Impact de l'hygrométrie sur l'abondance des phlébotomes.

#### 4.5.3 La vitesse du vent

On peut observer sur la Figure 49 que les points ne sont pas alignés sur la courbe de régression linéaire, signifiant ainsi une relation linéaire faible entre les deux variables (vitesse du vent et abondance des phlébotomes). Le coefficient de détermination  $R^2=0,029$  montre que seulement 2,9% de la variation de l'abondance des phlébotomes est expliquée par la vitesse du vent. Ainsi la corrélation est très faible entre les deux variables X et Y.

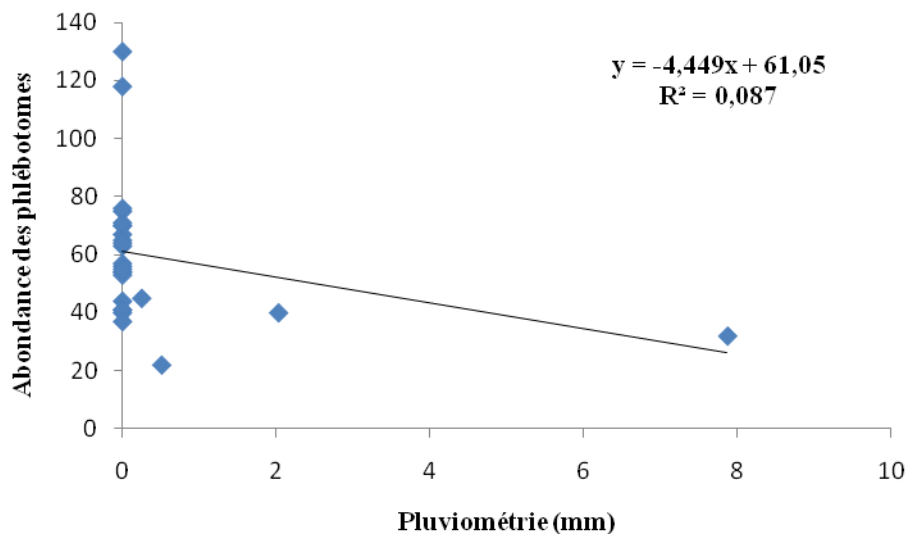


**Figure 49:** Impact de la vitesse du vent sur l'abondance des phlébotomes.



#### 4.5.4 Pluviométrie

On peut observer sur la Figure 50 que les points dispersés par rapport à la courbe de régression linéaire, signifiant une relation linéaire très faible entre les deux variables (pluviométrie et abondance des phlébotomes). Le coefficient de détermination  $R^2=0,087$  montre que 8,7% de la variation de l'abondance des phlébotomes est expliquée par la pluviométrie. La corrélation est faible entre les variables X et Y.



**Figure 50:** Impact de la pluviométrie sur l'abondance des phlébotomes.

### 4.6 Exploitation statistique des résultats

#### 4.6.1 L'analyse en composantes principales (ACP)

Cette partie devrait nous permettre d'interpréter les rapports entre les variables, qui sont représentées par les stations et le nombre d'observation à savoir, les espèces récoltées. Le nombre d'observation est de 5 espèces recensées (*Sergentomyia munita parroti*, *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus perfiliewi*, *Phlebotomus logicuspis* et *Phlebotomus papatasi*) et le nombre des variables est de 4 stations de piégeage (Didouche Mourad, Beni H'midene, Zighoud Youcef, et Chaabet Erssas).

Le tableau 12 renferme les variabilités et les valeurs propres extraites sur les trois premiers axes F1, F2 et F3.

**Tableau 12:** Variabilités et valeurs propres extraites sur les trois premiers axes (F1, F2, F3).

|                 | F1    | F2    | F3     |
|-----------------|-------|-------|--------|
| Valeur propre   | 3,94  | 0,055 | 0,000  |
| Variabilité (%) | 98,62 | 1,37  | 0,002  |
| Cumulé %        | 98,62 | 99,99 | 100,00 |

Selon le tableau 12, seuls les deux premiers axes F1 et F2 peuvent être représentés car à eux deux ils cumulent 99,99 % de l'information recueillie et donnent une meilleure représentation des projections des stations de piégeage des phlébotomes. L'axe F3 représente un faible pourcentage de l'information (0,002%) et n'est donc pas retenu pour les interprétations.

Les codes des espèces de Phlébotomes recensées ainsi que les codes des stations de piégeage sont illustrés dans le tableau 13.

**Tableau 13:** Code des espèces de Phlébotomes et des stations de piégeages utilisés en ACP.

| Espèce<br>↓                        | Code<br>Espèces | Stations<br>↓   | Code<br>Stations |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| <i>Phlebotomus perniciosus</i>     | PP              | Didouche Mourad | DM               |
| <i>Phlebotomus longicuspis</i>     | PL              | Zighoud Youcef  | ZY               |
| <i>Phlebotomus perfiliewi</i>      | PPe             | Beni H'midene   | BH               |
| <i>Phlebotomus papatasi</i>        | PPa             | Chaabet Erssas  | CR               |
| <i>Sergentomyia minuta parroti</i> | SM              |                 |                  |

La contribution des stations de piégeage pour la construction des deux axes sont comme suit :

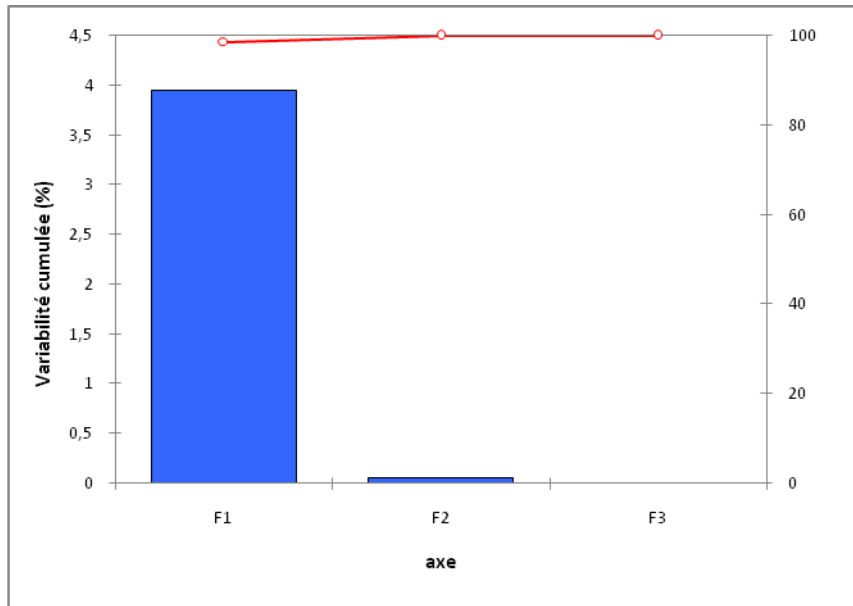
- **Axe F1** : trois stations contribuent à la formation de cet axe. Il s'agit de Didouche Mourad (DM) 25,81%, Zighoud Youcef (ZY) 25,85%, et Beni H'midene (BH) 27,19% (Figure 51).
- **Axe F2** : une seule station contribue à la construction de cet axe. Il s'agit de Chaabet Erssas (CR) 69,23% (Figure 51).

La représentation graphique (Figure 52), montre que les 3 stations (Beni H'midene, Didouche Mourad, Zighoud Youcef) se trouvent plus proche de la partie positive de l'axe F2 dans un premier quadrant. La station de Chaabet Erssas occupe un deuxième quadrant qui est plus proche de la partie positive de l'axe F1.

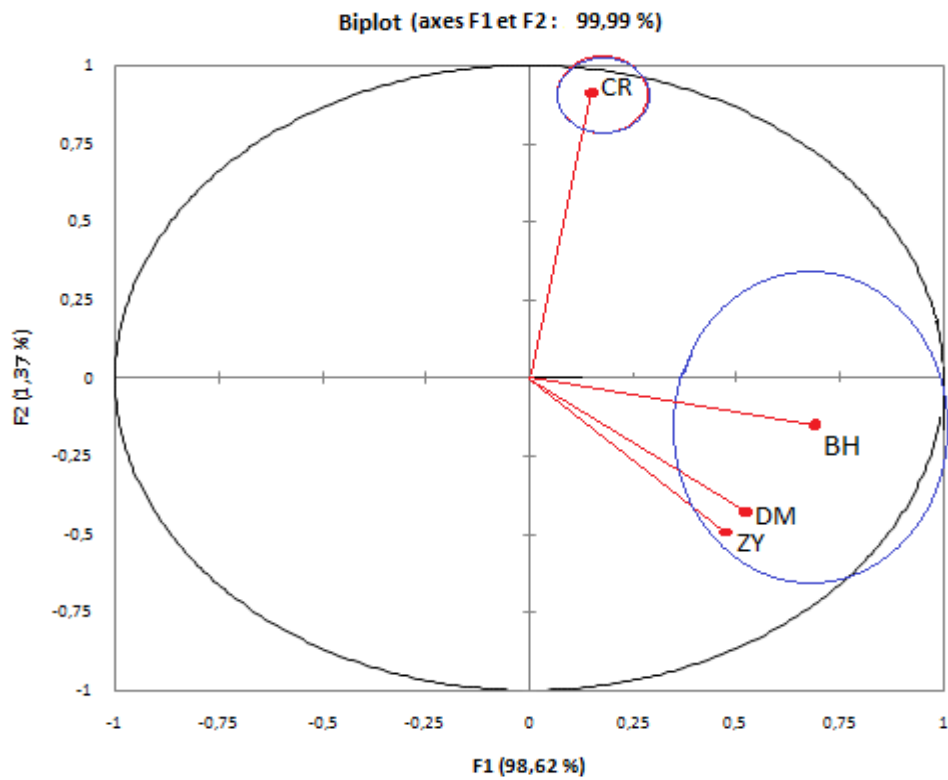
Du point de vue graphique, ses trois stations forment entre elles un angle aigu cela indique une liaison positive entre ces stations par rapport à leurs effectifs. En revanche la station de Chaabet Erssas est la seule station qui contribue à la construction de l'axe F1 et forme un angle large avec les autres stations. Elle est donc différente du point de vu effectif et abondance des espèces.

La représentation graphique des espèces récoltées et leurs répartitions dans les différentes stations de piégeage, est illustrée dans la figure 53, où l'on remarque la présence de quatre groupes nettement dissemblables (A, B, C, et D).

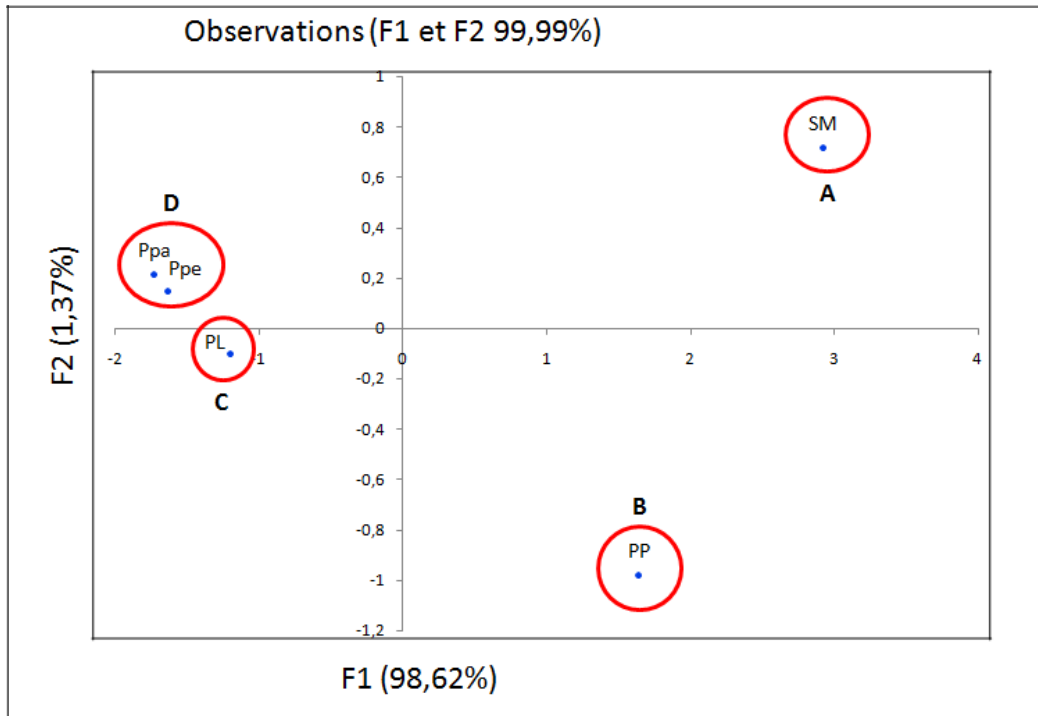
- ✓ **Le groupement A** représente l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* qui est l'espèce la plus abondante dans les récoltes, elle est recensée dans toutes les stations prospectées.
- ✓ **Les groupements B et C** viennent en deuxième et troisième positions. Ils représentent respectivement les espèces *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus longicuspis* également identifiées dans toutes les stations, mais avec moins d'effectifs que le groupement précédent.
- ✓ **Le groupement D** renferme l'espèce *Phlebotomus perfiliewi*, présente dans seulement trois des stations échantillonnées (Didouche Mourad, Zighoud Youcef, et Beni H'midene) et l'espèce *Phlebotomus papatasi*, présente uniquement dans deux stations (Beni H'midene, Didouche Mourad), avec de très faibles abondances.



**Figure 51:** Valeurs des variabilités extraites sur les trois axes (F1, F2, F3).



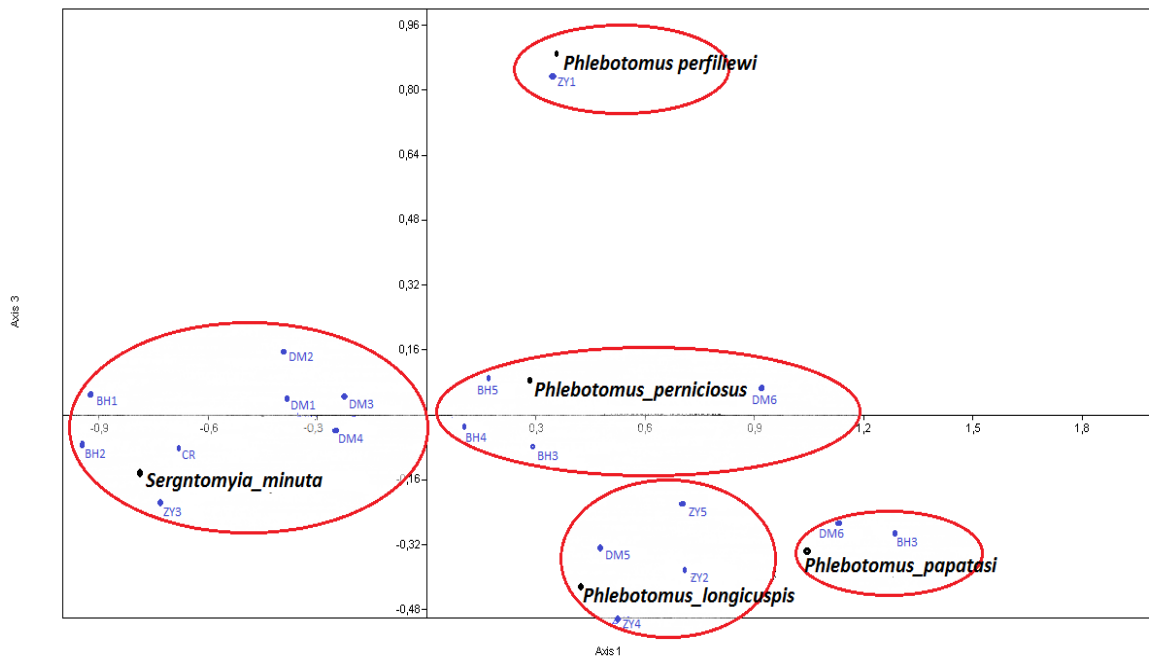
**Figure 52:** Carte factorielle axe (F1- F2) des stations de piégeage des phlébotomes.



**Figure 53:** Carte factorielle des axes (F1- F2) des différentes espèces de phlébotomes capturées.

#### 4.6.2 L'analyse factorielle des correspondances (AFC)

Les 5 espèces de phlébotomes identifiées ont été soumises à une analyse factorielle des correspondances (AFC), dans le but est de mettre en évidence les différents assemblages de phlébotomes. Les résultats relèvent l'influence prépondérante de la nature des gîtes prospectés (gîtes intérieurs, gîtes extérieurs) sur la faune phlébotomienne. Compte tenu de leur nature et de leur chorologie, l'examen des cartes factorielles relatives aux axes 1-3 (Figure 54) conduit à discriminer 5 assemblages bien distincts les uns des autres : (ZY1- *Phlebotomus perfiliewi*), (DM5, ZY5, ZY2, ZY4- *Phlebotomus longicuspis*), (DM6, BH3, BH4, BH5- *Phlebotomus perniciosus*), (CR, DM1, DM3, DM4, DM2, ZY3, BH1, BH2- *Sergentomyia minuta parroti*), (DM6, BH3- *Phlebotomus papatasi*).



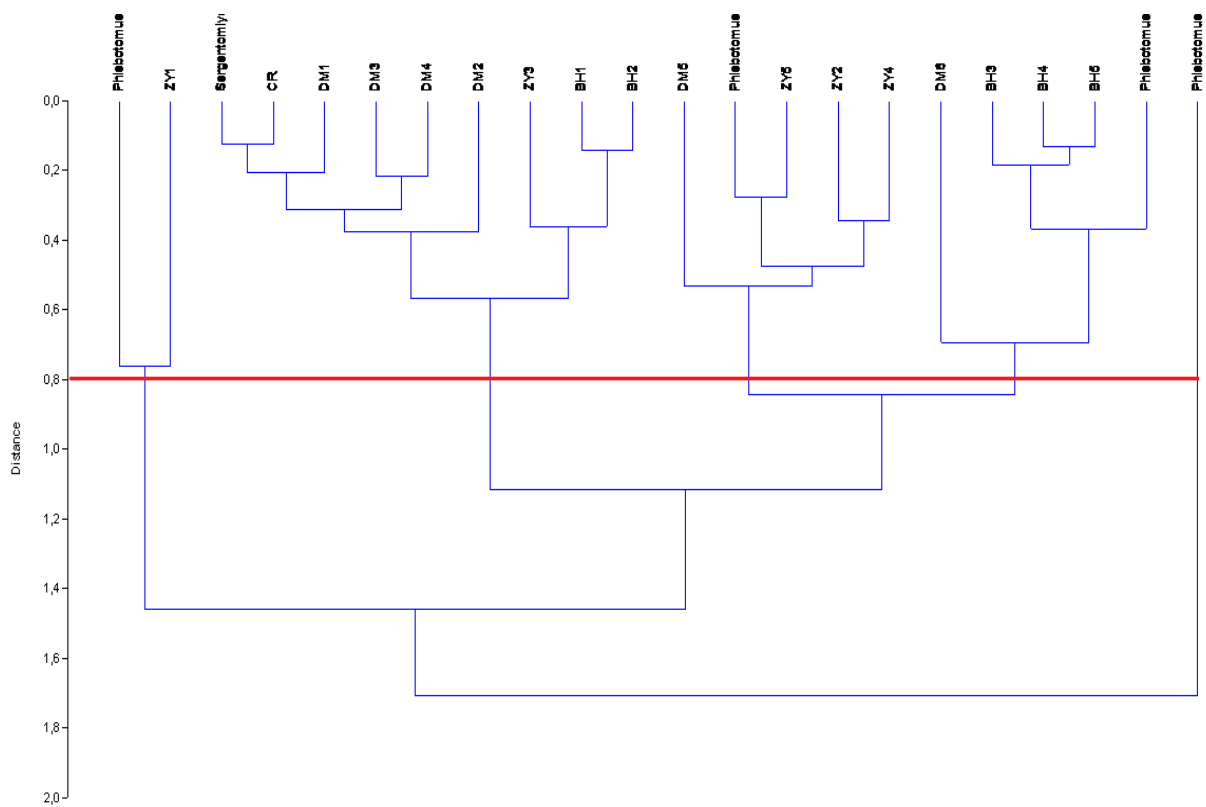
**Figure 54:** Plan factoriel F1-F3 de l'AFC des distributions des espèces récoltées selon le type de gîte.

#### 4.6.3 La classification ascendante hiérarchique (CAH)

La contribution des assemblages a été largement facilitée par la classification hiérarchique ascendante calculée à partir des distances euclidiennes entre les espèces et les relevés, d'après les 3 premiers scores de l'AFC (Figure 55).

La classification hiérarchique conduit à décrire le nombre total des assemblages qui est de 5, leur composition est la suivante :

- ZY1- *Phlebotomus perfiliewi*
- DM5, ZY5, ZY2, ZY4- *Phlebotomus longicuspis*
- DM6, BH3, BH4, BH5- *Phlebotomus perniciosus*
- CR, DM1, DM3, DM4, DM2, ZY3, BH1, BH2- *Sergentomyia minuta parroti*
- DM6, BH3- *Phlebotomus papatasi*



**Figure 55:** Représentation de la classification ascendante hiérarchique (CAH) des assemblages Phlébotomiens.

# Chapitre 4 : Discussion



## 5. Chapitre 4: Discussion

### 5.1 Composition faunistique des Phlébotomes

Lors de nos investigations, 1540 phlébotomes sont capturés durant la période d'avril 2013 à octobre 2013 et d'avril 2014 à octobre 2014. Ces périodes correspondent à l'activité des phlébotomes adultes dans les zones tempérées (Rioux et *al.*, 1967). Cette population de phlébotomes se caractérise par une faible richesse spécifique. En effet, nous avons inventorié 5 espèces de phlébotomes sur les 24 connues en Algérie (Dedet et *al.*, 1984; Bellazoug, 1991; Bounamous et *al.*, 2008; Berdjane-Brouk et *al.*, 2011). Cette faible richesse spécifique est déjà signalée à Constantine par Khiari (1987) qui a recensé 4 espèces, ainsi que Moulaham et *al.* (1998), en zone urbaine et Frahtia-Benothmane (2015) ; les auteurs rapportent respectivement la présence de 4 et 6 espèces dans la même région. Dans la région de Mila, Messai et *al.* (2005) rapportent la présence de 4 espèces, tandis que dans la région de Skikda, Bouleknafet (2006) rapporte la présence de 5 espèces.

Notons que l'absence de certaines espèces pourrait s'expliquer par le fait que les pièges n'ont pas toujours été placés dans leurs habitats naturels (Corset et *al.*, 1978) d'une part et que certaines espèces sont inféodées à des étages bioclimatiques autres que ceux de notre étude, d'autre part (Bounamous et *al.*, 2008).

Les espèces identifiées appartiennent aux deux seuls genres connus en Algérie (Dedet et *al.*, 1984) soit : *Phlebotomus* (47,45%) et *Sergentomyia* (52,55%). Le genre *Phlebotomus* comprend les espèces *Phlebotomus perniciosus* (42,33%), *Phlebotomus longicuspis* (4,02%), *Phlebotomus perfiliewi* (0,97%), et *Phlebotomus papatasi* (0,03%). Le genre *Sergentomyia* compte une seule espèce *Sergentomyia minuta parroti* (52,55%). La population générale recensée marque une légère baisse de l'abondance relative d'une année à une autre. Malgré des conditions climatiques presque similaires et les mêmes gîtes prospectés, on a tout de même compté 881 spécimens de phlébotomes en 2013, contre 824 spécimens en 2014.

L'inventaire des espèces de phlébotomes montre une densité moyenne qui permet de classer ces espèces. Ainsi, l'espèce *Phlebotomus perniciosus* occupe la première place avec 22,40 ph/m<sup>2</sup> suivi de *Sergentomyia minuta parroti* 22,04 ph/m<sup>2</sup>, *Phlebotomus longicuspis* 4,02 ph/m<sup>2</sup>, *Phlebotomus perfiliewi* 1,25 ph/m<sup>2</sup>, et enfin *Phlebotomus papatasi* avec 0,03 ph/m<sup>2</sup>.

*Phlebotomus perniciosus* est une espèce accusée de transmettre la leishmaniose canine et la leishmaniose viscérale humaine dans le bassin méditerranéen (Raynal, 1954). Elle est considérée comme le vecteur connu de *Leishmania infantum* (parasite responsable de la

leishmaniose viscérale). *Phlebotomus perniciosus* est une espèce qui pique autant l'homme que le chien (Parrot et al., 1993), son rôle vecteur a été prouvé dans divers foyers : Jordanie (Janini et al., 1995), Arabie Saoudite (Killick-kendrick et al., 1985) Tunisie (Ben-Ismaïl et al., 1987), Maroc (Rioux et al., 1986) et l'Égypte (Mansour et al., 1991). *Phlebotomus perniciosus* occupe un très vaste territoire géographique, englobant les sous régions méditerranéennes et méditerranéenne (Simié, 1951). Il atteint son optimum à l'étage méditerranéen semi-aride, tempéré et chaud mais occupe aussi les étages aride, sub-aride et humide. Le climat tempéré des plaines euro-atlantique permet à *Phlebotomus perniciosus* de coloniser la France occidentale jusqu'au bassin parisien, même si la rigueur climatique des massifs montagneux l'élimine du sud-ouest de l'Europe (Rioux et al., 1969). En Algérie, *Phlebotomus perniciosus* est signalée pour la première fois dans la région du M'Zab (Boukraa et al., 2011), c'est une espèce qui est connue pour avoir une répartition géographique tellienne particulièrement constante en grande Kabylie (étage bioclimatique humide et sub-humide), et le constantinois (étage bioclimatique semi-aride) (Berchi, 1993). Nos résultats montrent que *Phlebotomus perniciosus* est l'espèce la mieux représentée pour le genre *Phlebotomus*, avec une fréquence relative de 42,33% de nos captures. Ainsi, elle confirme bien sa présence à Constantine dans tous nos sites de récolte. L'espèce *Phlebotomus perniciosus* caractérise, en particulier l'Est algérien, mais se rencontre dans tous les étages bioclimatiques avec une fréquence relativement élevée dans les zones humides (Berchi, 1993). Ses caractères endophile et zoophile ainsi que son évolution diphasique (Croset et al., 1978) fait d'elle la deuxième espèce recensée dans notre étude. Le caractère zoophile se manifeste à l'égard de nombreux mammifères, en particulier le chien qui semble être préféré à l'homme (Adler et al., 1935). Néanmoins, d'autres auteurs rapportent dans leurs résultats un caractère endophile et anthropozoophile, notamment en Tunisie, où Dancesco et al. (1970) montrent que les captures à l'intérieur et à proximité des habitations atteignent 90%. En revanche, elles sont encore plus grandes dans les abris extérieurs 96% des phlébotomes Croset (1969). En Algérie, ce sont les travaux de Bounamous (2010) effectués dans les régions de Constantine, Batna, Mila, Jijel, et Skikda ; qui abordent ce caractère d'anthropophilie. En effet, l'auteur rapporte un taux de 46,33 % de l'espèce *Phlebotomus perniciosus* dans l'étage semi aride, capturés à l'intérieur et à proximité des habitations. Les travaux de Moulahem et al. (1998) rapportent aussi un total de 23,3% de *Phlebotomus perniciosus* à l'intérieur d'un appartement au sud-est du centre ville de Constantine. Bouleknefet (2006) rapporte un pourcentage de 64,82% des captures de *Phlebotomus perniciosus* avec le CDC (piège lumineux) à l'intérieur des étables;

en revanche le pourcentage des captures avec les pièges adhésifs est de 35,18%, ce qui revient à dire que son comportement endophile s'explique surtout à l'occasion du repas sanguin.

Ces résultats viennent conforter le taux important de 42,33 % de l'espèce *Phlebotomus perniciosus* dans nos captures, expliquant ainsi sa présence dans la quasi-totalité nos gîtes.

- *Sergentomyia minuta parroti* est une espèce paléarctique dont la distribution est périméditerranéenne. Elle est retrouvée en Espagne, en France, en Italie, en Grèce, en Yougoslavie, en Turquie, en Jordanie, en Palestine, en Tunisie, et au Maroc (Depaquit, 1995). C'est le phlébotome le plus répandue en Algérie (Belazzoug et al., 1982), et ne joue aucun rôle dans la transmission de la leishmaniose (Harrat, 2006).

*Sergentomyia minuta parroti* est l'espèce la plus rencontrée dans notre investigation avec 52,55 % des captures totales, elle est signalée dans tout les gîtes prospectés (intérieur, extérieurs, urbain, rural, avec ou sans présence d'animaux). Le taux élevé de cette espèce dans nos échantillonnages corobore les données bibliographiques sur les inventaires faunistiques effectuées en région méditerranéenne, où elle trouve son optimum à l'étage semi-aride mais figure presque dans la totalité des autre étage climatique (Croset et al., 1978). En Grèce, le genre *Sergentomyia* représente 84% dont 38% appartenant à l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* (Madulo-lebland, 1983), En France, Rioux et al. (1986) rapporte un pourcentage de 73,7% pour cette espèce. En Tunisie, Rioux et al. (1986) rapporte 41,5% de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti*. En Algérie les travaux de Belazzoug et al. (1986) dans la région de M'sila et Bousaada (étage bioclimatique aride), montre un taux de 39,75% de cette espèce. Bouleknafet (2006) enregistre une densité de (69,82%) de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* à l'étage humide. Ces taux relativement élevés de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti*, et sa présence dans tout nos gîtes prospectés (intérieur, et extérieur), viennent reconforter nos résultats et confirme la présence de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* tous les étages climatiques (Russo et al., 1991 ; Berchi, 1993).

- *Phlebotomus longicuspis* a une répartition géographique qui s'étend de la Lybie au Maroc en passant par l'Algérie, et de façon sporadique en Espagne (Benabdenebi, 1998a). En Algérie *Phlebotomus longicuspis* est signalée pour la première fois dans le tell algérien (Parrot, 1936). Sa présence a été mentionnée par le même auteur en 1951 à Alger et dans sa banlieue où elle est plus commune avec *Phlebotomus perniciosus* (Harrat et al., 1993). En effet, c'est une espèce étroitement apparentée à *Phlebotomus perniciosus*, et peut être incriminé dans la

transmission de la leishmaniose viscérale tout comme l'espèce *Phlebotomus perniciosus* (Belazzoug, 1984 ; Izri et al., 1990 ; Moulahem et al., 1998 ; Harrat et Belkaid, 2003). *Phlebotomus longicuspis* est signalée à l'étage saharien (Berchi, 1993) mais plus particulièrement sur les hauts plateaux dans les étages aride et per-aride (Croset et al., 1984), et en zones rurales et sauvages (Dedet et al., 1984).

- *Phlebotomus longicuspis* représente la deuxième espèce inventoriée pour le genre *Phlebotomus* avec 62 spécimens soit 4,02% de nos captures. Elle est rencontrée dans 14 gîtes sur les 17 prospectés, cette espèce connue pour être strictement endophile (Parrot, 1936) est plutôt rencontrée dans des gîtes extérieurs. C'est le cas du gîte DM5 (gîte extérieur) où nous avons enregistré la plus forte abondance avec 17 spécimens récoltés. Nos résultats concordent avec les travaux de Moulahem et al., en 2008 effectués à l'intérieur d'un appartement à Constantine, l'auteur a rapporté un taux de 0,2% de l'espèce *Phlebotomus longicuspis*. Ces résultats pourraient contredire le caractère endophile de cette espèce. Bouleknafet (2006) a rapporté 31 spécimens soit 4,01% de *Phlebotomus longicuspis* dans la région de Skikda, il a expliqué sa faible abondance par le fait que les pièges ont été placés plus à l'extérieur qu'à l'intérieur des habitations. Dans les travaux de Bounamous (2010), l'auteur a rapporté 8,8% de *Phlebotomus longicuspis* dans ces captures. Frahtia-benothmane (2015) a rapporté 27,7% de l'espèce *Phlebotomus longicuspis* dans la région de Constantine, ce qui ne concorde pas avec nos résultats. Cela peut s'expliquer par le fait que les piégeages ont été placés à l'intérieur qu'à l'extérieur.
- *Phlebotomus perfiliewi* a une aire de répartition qui occupe toute la région méditerranéenne orientale (Lewis, 1974) et plus à l'est en Iran et en Iraq (Lewis, 1984). Son optimum semble s'observer en Syrie méridionale (Simié, 1951), en méditerranée occidentale. Cette espèce est abondante en Italie central et s'étend de la Tunisie au Maroc. En Algérie elle est signalée pour la première fois par Parrot en 1935, cette espèce est absente dans les étages arides (Belazzoug et al., 1986b ; Berchi, 1993), mais bien présente dans les étages bioclimatiques semi-aride (Russo et al., 1991), et surtout dans le constantinois (Moulahem et al., 1998). *Phlebotomus perfiliewi* représente seulement 0,97% de nos captures et s'avère être plutôt rare. Ces résultats concordent avec celles de Berdjane-Brouk et al., 2012b dans la région algéroise, l'auteur a signalé seulement 0,8% de *Phlebotomus perfiliewi*. Même constatation pour les travaux de Bouleknafet (2006) où *Phlebotomus perfiliewi* représente 6,7% de ces captures par pièges adhésifs, et 9,18% des captures selon les travaux de Bounamous (2010). Quant aux investigations menées par Moulahem et al. (1998) à l'intérieur d'un appartement urbain, les

résultats obtenus révèlent un taux très élevé, de 75,7% de *Phlebotomus perfiliewi*. Il en est de même pour les captures par piège lumineux (CDC) effectués à l'intérieur des étables par Bouleknafet (2006). Cet auteur rapporte 57,69% de *Phlebotomus perfiliewi*. En Tunisie, *Phlebotomus perfiliewi* est rare dans les captures effectuées à l'extérieur ; cette espèce ne présente ainsi que 2,8% des captures dans les récoltes de Croset (1969). Elle est plus abondante dans les captures à l'intérieur où elle atteint 8,3% des phlébotomes (Dancesco, 1970). *Phlebotomus perfiliewi* est aussi connue pour son caractère antrozoophile puisqu'elle est attirée par le bétail et les abris d'animaux, tout en restant bien présente dans les habitations humaines (Izri et Belazzoug, 1993). Lors de notre échantillonnage nous avons rencontré *Phlebotomus perfiliewi* dans 7 gîtes dont 4 gîtes sont externes, il s'agit de : DM2 (gîte externe, urbain, absence d'animaux), DM4 (gîte interne, urbain, avec présence d'animaux), DM5 (gîte externe, rural, absence d'animaux), ZY1 (gîte externe, rural, absence d'animaux), ZY5 (gîte externe, rural, absence d'animaux), BH1 (gîte interne, urbain, présence d'animaux), et BH5 (gîte interne, urbain, avec présence d'animaux). Le pic d'abondance est signalé dans le gîte DM5 (6 spécimens). Par ailleurs, dans nos investigations il semblerait que *Phlebotomus perfiliewi* semble préférer les gîtes externes ; de cette constatation, on peut affirmer donc le caractère endo-exophile de cette espèce évoquer par d'autres auteurs (Izri et Bellazoug, 1993).

- *Phlebotomus papatasi* est le vecteur connu de la leishmaniose cutanée zoonotique due à *Leishmania major* (Depaquit et al., 2001 ; Hanafi et al., 2007). *Phlebotomus papatasi* est signalée pour la première fois en Grèce en 1911. En Algérie cette espèce est présente sur tout le territoire, et compte parmi les espèces les plus abondante (Boussaa, 2008). *Phlebotomus papatasi* semble être rare dans les étages climatiques humides, et bien adaptée avec les étages climatiques arides (Parrot, 1936). De tous les phlébotomes, *Phlebotomus papatasi* est celui qui possède l'aire de répartition la plus vaste : du Portugal et du Maroc à l'ouest jusqu'au Bangladesh à l'est et du sud de l'ex URSS au nord jusqu'au Soudan au sud. Au proche orient, il a été signalé en Turquie par (Yasarol (1980) ; Daldal et al. (1989) ; Le Pont et al. (1996) et Yagci et al. (1997). en Syrie (Adler et Théodor (1929) cité par Haddad (1998) ; Ben Ismail et Pesson (1992)). En Jordanie par Lewis (1982), Lane et al. (1988) et Saliba et al. (1997). En Egypte par Laine (1986), Morsy et al. (1990). Au Liban par Adler et Theodor (1929) cité par Haddad (1998) et Léger et al. (1995).

En Algérie, *Phlebotomus papatasi* est connue pour être répandue dans tous les étages bioclimatiques, particulièrement à l'étage saharien et aride. Cependant, Berchi (1993) l'a

identifié à l'étage saharien avec une faible fréquence (2,18%). La présence exceptionnelle dans les autres étages bioclimatiques, peut s'expliquer par le mouvement des populations des phlébotomes et les changements écologiques (Boudrissa et *al.*, 2012). Dans nos résultats on compte que deux exemplaires de l'espèce *Phlebotomus papatasi*, soit 0,13% des captures totales. Ces dernières sont capturées dans les 2 gîtes de DM6 (gîte interne, rural, avec présence d'animaux), et de BH3 (gîte interne, rural, mais absence d'animaux). Des constatations similaires sont rapportées par Bouleknafet (2006) avec (0,04%) des captures, Bounamous (2010) avec également 0,04% des captures, et Frahtia-Benothmane (2015) avec 2,2% des captures. Ce résultat peut s'expliquer par les préférences anthropophile, domestique de l'espèce *Phlebotomus papatasi* (Depaquit et *al.*, 2001 ; Hanafi et *al.*, 2007) et aussi par son adaptation avec l'étage bioclimatique aride (Bounamous, 2010).

## 5.2 Analyse de la fluctuation saisonnière des espèces Phlébotomiennes

- *Phlebotomus perniciosus* a un cycle de vie diphasique. En générale deux pics annuels de forte densité sont observés en Afrique du Nord, chaque pic est associé à une ponte : le premier est observé en juin, correspondrait à l'émergence des imagos provenant de la ponte d'automne, et le deuxième est observé de la fin août à la fin septembre, plus importante et qui proviendrait de ponte de la génération précédente (Parrot, 1993a ; Croset et *al.*, 1970 ; Biocca et *al.*, 1977 ; Garcia-Segui et Puntas, 1991). En Algérie, deux pics maximums sont également signalés, l'un en juin-juillet et l'autre en octobre (Dedet et Addadi, 1984 ; Berchi, 1993). Ces résultats concordent parfaitement avec les nôtres. En effet, durant la durée de prospection un premier pic de densité est observé en juillet-août avec une densité moyenne de 9,63 ph/m<sup>2</sup>, et le deuxième plus important à la fin septembre début octobre avec une densité moyenne de 12,12 ph/m<sup>2</sup>. Pour le genre *Phlebotomus*, l'espèce *Phlebotomus perniciosus* est la plus abondante dans toutes nos stations, avec 42,33%. Berdjane-Brouk et *al.*, (2012b) rapportent des résultats similaires en signalant 77% de *Phlebotomus perniciosus* des captures totales faisant d'elle, l'espèce la mieux représentée de la population étudiée. L'espèce *Phlebotomus perniciosus* est l'espèce la plus susceptible de transmettre la lieshmaniose viscérale dans la région de Constantine, vu son importante densité et la constante occurrence spatiale dans nos gîtes urbains mais aussi ruraux.
- *Sergentomyia minuta parroti* est aussi une espèce à cycle diphasique, en effet, lors de nos investigations, nous avons enregistré deux pics d'abondance issus des deux pontes précédentes. Bouleknafet (2006) dans la région de Skikda, Khiari (1987) et Berchi (1990)

dans la région de Constantine ont enregistré deux pics précoces de l'abondance de *Sergentomyia minuta parroti*, le premier en juin et le deuxième en septembre. Nos résultats par contre, ne confortent pas ceux de Croset et *al.*, (1970) ; Corset et *al.*, (1978) en Tunisie ; les auteurs montrent que le cycle annuel de *Sergentomyia minuta parroti* est de type monophasique. En effet, dans les travaux de Croset et *al.* (1970) le seul pic de la densité est enregistré au mois d'août, il correspond à la seule et unique ponte. Croset et *al.* (1978) signalent aussi un seul pic de densité au mois de septembre dans la même région. Ces fluctuations sont peut être dues à des facteurs météorologiques comme la température relativement élevée au mois de septembre ou à l'échelonnement des éclosions.

- *Phlebotomus longicuspis* est rencontré tout le long de l'échantillonnage (toutes saisons confondues). Selon Bailly-Choumara et *al.*, (1971) *Phlebotomus longicuspis* est active de mai à octobre, avec une densité maximale de juin à septembre. Nos résultats montrent bien une activité de cette espèce durant cette période (de mai à octobre). D'autres auteurs ont rapporté des résultats qui soutiennent ces données comme ceux de Bouleknafet (2006). L'auteur a enregistré un pic d'abondance en mois de juin avec 13 spécimens de *Phlebotomus longicuspis*.
- *Phlebotomus perfiliewi* révèlent un pic d'abondance tardif pour l'espèce. Ce pic est enregistré en octobre avec une densité de 1,45 ph/m<sup>2</sup>. Nos résultats ne concordent pas avec ceux de Moulahem et *al.*, (1998), les auteurs enregistrent un pic d'abondance au mois d'août. Croset et *al.* (1970) en Tunisie, observent deux pics de piégeage, l'un en juin, l'autre en août-septembre.
- *Phlebotomus papatasi* représente deux exemplaires qui ont été capturés entre avril et juin. Ces individus dérivent de l'immersion des adultes issus des pontes de Septembre. Nos résultats concordent avec ceux de Guernaoui (2000) et de Boussaa et *al.*, (2005), les auteurs révèlent la présence de *Phlebotomus papatasi* avec une densité maximale de la fin du mois de juin à la fin du mois d'octobre. Dans les pays du Maghreb, *Phlebotomus papatasi* atteint son maximum de densité au cours de septembre (Chelbi et *al.*, 2007).

### 5.3 Fréquence des phlébotomes en fonction du sexe (sexe-ratio)

La population des Phlébotomes capturés est marquée globalement par des proportions de mâle (1016 spécimens mâles) plus importante que celle des femelles (524 spécimens femelles), le

rapport sexe-ratio est égales à 2 :1 soit (2 mâles pour une femelle). Du point de vu de la richesse spécifique, les 2 espèces du genre *Phlebotomus* qui présentent un sexe-ratio supérieur à 1 (dominance de mâles) sont: *Phlebotomus perniciosus* (7 :1) 7 mâles pour une femelle, et *Phlebotomus longicuspis* (2 :1) 2 mâles pour une femelle, les 2 autres espèces du genre *Phlebotomus* : *Phlebotomus perfiliewi*, et *Phlebotomus papatasi* présentent un rapport sexe-ratio nul car aucun spécimen femelle n'a été capturé. L'espèce *Sergentomyia minuta parroti* qui représente le genre *Sergentomyia* présente un rapport sexe-ratio inférieur à 1 (dominance des femelles). Des résultats similaires sont constatés dans les régions de Constantine, Mila, Batna, Jijel, et Skikda (Bounamous, 2010). Cet auteur révèle la prédominance des mâles pour les espèces *Phlebotomus papatasi*, et *Phlebotomus perniciosus*.

Dans des travaux de Dolmatova & Demina (1971) dans la région d'Agdam de la R.S.S d'Azerbaïdjan, 439 spécimens de phlébotomes ont été capturés dont 357 (81,3%) étaient des mâles, contre seulement 82 (18,7%) spécimens femelles. Selon ces auteurs le rapport des sexes chez les phlébotomes capturés, dépend des conditions de la capture. En effet, ces auteurs rapportent que l'utilisation des pièges lumineux attire d'avantage les femelles que les mâles. Nos résultats et ceux d'autres auteurs, sur le sexe ratio mettent en évidence la prédominance des mâles. Cela s'expliquerait par le fait que les pièges adhésifs utilisés pour nos récoltes seraient plus favorables aux captures des phlébotomes mâles. Ces derniers étant plus mobiles, la probabilité de les piéger en plus grand nombre s'explique alors.

#### **5.4 Incidence des facteurs écologiques analysés**

L'étude des facteurs écologiques dans le milieu naturel est d'une grande valeur écologique et épidémiologique (Zeroual, 2015), et afin de proposer une lutte anti-vectorielle efficace la connaissance de ces facteurs est très importante. La distribution, le développement et la densité des populations des phlébotomes peuvent être susceptiblement influencés par divers facteurs à savoir la température, l'hygrométrie, la pluviométrie, le vent, l'habitat et la présence de la hôte vertébré, et les barrières physiques (Young & Arias, 1992 ; Boussa & Boumezzough, 2014).

L'expansion des leishmanioses est liée aux facteurs climatiques (humidité, température ...etc) et à certain facteurs environnementaux tel l'altitude. Il n'en reste pas moins que la transmission est également conditionnée par ces facteurs, lesquels ont un impact direct sur la bioécologie du vecteur. Néanmoins, Desjeux (1999) expose d'autres facteurs de risque tels :



- Installation de populations dans des zones d'endémie du fait de problèmes démographiques ou de manque de terres agricoles;
- Mouvements de populations pour raison professionnelle ou autres;
- Développement de nouveaux projets agricoles ou industriels pouvant conduire des populations non immunisées dans des zones d'endémie,
- Urbanisation accélérée et/ou non planifiée;
- Détérioration du tissu économique et social dans les banlieues des villes où s'amassent des populations à faibles revenus en raison d'un important exode rural;
- Modifications de l'environnement par l'homme (construction de barrages et de systèmes d'irrigation, augmentation des déchets domestiques ou industriels rejetés).

Nos résultats sont analysés par le coefficient de détermination ( $R^2$ ) qui explique en pourcentage les variations de l'abondance des phlébotomes par celles des facteurs climatiques retenus. L'analyse de la température par ce coefficient montre une valeur de  $R^2 = 90,9\%$  bien au-dessus de la moyenne signifiant un lien statistique positif entre la température et l'abondance des phlébotomes. Ainsi l'accroissement de la température crée des conditions de reproduction idéales pour les phlébotomes. En effet, selon Abonnec (1972), la transmission de la maladie s'effectue à l'intervalle de température minimales comprises entre 9,5 et 22 C° et de température maximales entre 21 et 38 C°. Ce qui correspond aux températures enregistrées au cours de nos prospections.

L'hygrométrie (qui stimule l'oviposition) aussi doit être supérieur à 45% (Depaquet et *al.*, 2010), dans notre investigation sa moyenne est de 51% signifiant ainsi des conditions favorables pour le développement des phlébotomes. L'analyse par le coefficient de détermination  $R^2 = 56\%$  légèrement au-dessus de la moyenne montre un lien statistique positif entre l'hygrométrie et l'abondance des phlébotomes.

L'analyse de nos résultats par le coefficient de détermination  $R^2$  montre des valeurs au-dessous de la moyenne ( $R^2 = 2,9\%$  pour le vent) et ( $R^2 = 8,7\%$  pour la pluviométrie), le lien statistique entre les deux paramètres (vent et pluviométrie) et l'abondance des phlébotomes est alors négatif. En effet, le vent peut être l'un des facteurs limitants pour l'abondance des phlébotomes où la vitesse du vent serait 1m/s, aucun phlébotome ne pourrait se déplacer au-dessus de cette vitesse. Les résultats de la moyenne du vent enregistrés durant nos travaux étaient de 9,67 km/s, justifiant ainsi la relation linéaire faible entre ces deux variables (vitesse de vent et abondance des phlébotomes). L'impact de la pluviométrie sur l'abondance des

phlébotomes est indirect, car son augmentation crée plus de sites potentiels de reproduction des phlébotomes (Preneshni, 2011), on ne peut pas alors parler d'un lien direct entre ces deux variables.

### **5.5 Analyse de la diversité par l'indice de Shannon-Weaver et Equitabilité**

Selon Bigot et Bodo (1973) les indices de diversité sont élevés lorsque les conditions du milieu sont favorables pour l'ensemble des espèces qui y vivent, dans le cas contraire ces indices de diversité sont moindres. Ces données concordent avec nos résultats. En effet, nous avons enregistré des valeurs maximales faibles de l'indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H' = 0,661$  bits) et de l'équitabilité ( $E = 0,051$ ). Ces valeurs ( $H'$  et  $H$ ) tendent vers zéro, cela signifie une faible divergence. On peut expliquer ce résultat par le choix de nos gîtes d'échantillonnage qui semblent être peu diversifiés (mur de soutènement, mur d'étable, intérieur d'étables), ces gîtes seraient plus favorables pour l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* (Bouleknafet, 2006). La dominance de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* comparée aux autres espèces identifiées, vient réaffirmée la faible valeur de l'indice de l'équitabilité ( $E = 12\%$ ) qui exprime également une faible diversité de la faune phlébotomienne. Néanmoins, nos investigations auront permis de faire un inventaire de la faune phlébotomienne dans les localités prospectées, mais aussi rendre compte d'un éventuel rapport entre les cas de leishmanioses (cutanées, et viscérales) signalées dans ces localités, et la présence de vecteurs responsables de cette maladie soit : *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus perfiliewi* vecteurs de la leishmaniose viscérale, et *Phlebotomus papatasi* vecteur de la leishmaniose cutanée.

### **5.6 Exploitation statistique des résultats**

L'analyse des composantes principales (ACP) a permis d'observer les rapports entre les variables (stations d'étude) et le nombre d'observations (espèces récoltées). Du point de vue graphique, 3 stations d'études contribuent dans la formation de l'axe F1 il s'agit de : Didouche Mourad, Zighoud Youcef, et Beni H'midene, cet assemblage montre une ressemblance dans les effectifs de ces stations.

Seule la station de Chaabet Erssas contribue dans la formation de l'axe F2, elle est donc différente des autres du point de vue effectif.

Toujours du point de vu graphique, les observations ont mis la lumière sur 4 groupes : le groupe A représente l'espèce *Sergentomyia minuta parroti*, le groupe B représente l'espèce *Phlebotomus perniciosus*, le groupe C représente l'espèce *Phlebotomus longicuspis*, et le groupe D représente les deux espèces *Phlebotomus papatasi* et *Phlebotomus perfiliewi*. Effectivement dans nos résultats nous avons constaté que les 3 espèces *Phlebotomus longicuspis*, *Phlebotomus perniciosus*, et *Sergentomyia minuta parroti* sont observés dans toutes les stations d'études, alors que les 2 espèces *Phlebotomus papatasi* et *Phlebotomus perfiliewi* sont au moins absentes dans l'une de nos stations (*Phlebotomus papatasi* est absente dans Zighoud Youcef et Chaabet Erssas) (*Phlebotomus perfiliewi* est absente dans Chaabet Erssas).

Dans la région de Skikda, Bouleknafet (2006) rapporte les mêmes résultats concernant les deux espèces *Sergentomyia minuta parroti* et *Phlebotomus perniciosus*, l'auteur a rencontré ces deux espèces dans toutes les stations d'étude. L'analyse des résultats de l'auteur par composantes principales (ACP), montre que ces deux espèces forment respectivement les groupes A et B. Nos gîtes prospectés et celui de l'auteur cité précédemment semblent offrir des conditions favorables aux développements des espèces *Sergentomyia minuta parroti* et *Phlebotomus perniciosus*.

L'espèce *Phlebotomus longicuspis* est aussi signalée dans toutes nos stations avec cependant moins d'effectif, elle forme le groupe C. Ces constatations concordent avec ceux de Bouleknafet (2006), qui a rencontré l'espèce *Phlebotomus longicuspis* dans toutes ces stations avec moins d'effectif. Les espèces *Phlebotomus perfiliewi* et *Phlebotomus papatasi* sont les moins ressentées dans notre investigation, elles représentent le groupe D et sont signalées dans respectivement 3 et 2 stations d'étude. Les 3 stations des Didouche Mourad, Zighoud Youcef, et Beni H'midene semblent offrir des conditions optimales pour les espèces de Phlébotomes rencontrées par leurs différents types de gîtes prospectés. La station de Chaabet Erssas où un seul gîte a été prospecté (mur de soutènement) ne semble pas offrir de bonnes conditions pour les espèces discernées.

Les caractères gîtes internes et gîtes externes sont mis en évidence dans l'analyse factorielle de correspondance (AFC), afin d'observer les espèces caractéristiques de chaque assemblage. La carte factorielle obtenue a permis d'observer 5 assemblages : (ZY1- *Phlebotomus perfiliewi*), (DM5, ZY5, ZY2, ZY4- *Phlebotomus longicuspis*), (DM6, BH3, BH4, BH5- *Phlebotomus perniciosus*), (CR, DM1, DM3, DM4, DM2, ZY3, BH1, BH2- *Sergentomyia*

*minuta parroti*), (DM6, BH3- *Phlebotomus papatasi*). On peut remarqué que l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* est signalée dans le plus grands nombre de gîtes (8 gîtes), elle confirme alors son statut de phlébotome le plus abondant (Belazzoug et al., 1982b). L'espèce *Phlebotomus perniciosus* connu pour son caractère endophile (Rossi et al., 2008), et anthropo-zophile (Parrot, 1993) est liée à 4 gîtes de type interne (DM6, BH3, BH4, BH5). *Phlebotomus longicuspis* qui est connue pour être strictement endophile (Parrot, 1936), est signalé dans 3 gîtes externes (DM5, ZY5, ZY2) et seulement un gîte interne (ZY4). On peut donc parler de caractère d'exophilie pour l'espèce *Phlebotomus longicuspis*. Les espèces *Phlebotomus perfiliewi* et *Phlebotomus papatasi* son liées respectivement à 1 et 2 gîtes, leur présence peut être qualifiée de rare. Aussi, il est difficile de leur attribuer le caractère endophile ou exophile.

# Conclusion et Perspectives

## 6. Conclusion et perspectives

Cette étude s'est déroulée d'avril 2013 à octobre 2013. Un total de 1540 phlébotomes est collecté, soit 12,33 phlébotomes par m<sup>2</sup>. Leur identification a montré la présence de 5 espèces réparties en 2 genres : *Sergentomyia* avec 1 seule espèce, *Sergentomyia minuta parroti* (Adler et Theodor, 1927) et *Phlebotomus* avec 3 espèces *P. perniciosus* (Newstead, 1911), *Phlebotomus perfiliewi* (Parrot, 1930), *Phlebotomus longicuspis* (Nitzulesku, 1931), appartenant toutes trois au sous genre *Larrousius*.

L'enquête faunistique dans la région de Constantine révèle une faible diversité par rapport aux 24 espèces connues en Algérie. Pour l'ensemble du peuplement, il existe une faible variation de densité globale entre les gîtes. Le genre *Sergentomyia* représente 52,55 % des captures le genre *Phlebotomus* représenté par 47,45 %.

*Sergentomyia minuta parroti* et *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus longicuspis* sont les espèces les plus constantes durant toute la durée de nos prospections et celles rencontrées dans la majorité des stations prospectées.

La richesse totale observée dans chacun des gîtes varie entre 1 à 4 espèces. La valeur la plus élevée soit 4 espèces est enregistrée dans les gîtes DM2, DM4, DM5, DM6, ZY1, BH3 et BH5. Les gîtes DM3, ZY2, ZY3, ZY4, BH1, CR sont représentées par 3 espèces et DM1 par 2 espèces. Le seul gîte où l'on a récolté qu'une seule espèce est BH2 (gîte externe rural avec absence d'animaux).

L'analyse des fluctuations saisonnières des espèces inventoriées montre deux pics de densité totale des phlébotomes : un pic d'automne et un pic d'été.

Le peuplement phlébotomien de la zone prospectée met en évidence une abondance relativement importante de l'espèce *Phlebotomus perniciosus* vecteur de la leishmaniose viscérale.

Dans des travaux ultérieurs il serait intéressant d'élargir la zone de prospection en s'appuyant sur les données épidémiologiques des leishmanioses, d'étudier les particularités écologiques des différentes espèces, d'observer les déplacements des phlébotomes des biotopes naturels vers les habitats humains, d'étudier leur réceptivité par rapport aux leishmanies.

D'après nos résultats, on peut dire que les gîtes prospectés sont influencés par des facteurs de la diversité. Aussi, le gîte le plus riche est DM3 (gîte interne urbain avec présence d'animaux), par contre le gîte le moins riche est BH2 (gîte externe rural avec absence

d'animaux). Il est donc évident que la richesse des phlébotomes est plus importante dans les zones hautement occupées, peuplées et habitées que celles situées dans des zones isolées.

L'analyse par l'ACP et l'AFC sur la distribution des différentes espèces des phlébotomes en fonction des gîtes de captures, fait ressortir que sur les 4 stations prospectées 3 semblent offrir des conditions favorables au développement des phlébotomes il s'agit de Didouche Mourad, Zighoud Youcef, et Beni H'midene. L'aspect de gîte interne et gîte externe retenus pour analyser nos résultats, a permis de mettre la lumière sur les préférences trophiques de chaque espèce inventoriée.

Afin d'établir un plan de lutte contre ces maladies endémiques, l'inventaire et la distribution spatio-temporelle des phlébotomes s'avèrent importante.

L'enquête entomologique dans la wilaya de Constantine durant la période de 2013 et 2014 a permis de mettre en évidence la présence des espèces *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus perfiliewi*, *Phlebotomus longicuspis* les vecteurs approuvés de la leishmaniose viscérale due à *L.infantum* (Belazzoug et al., 1986), ainsi que l'espèce *Phlebotomus papatasi* qui est impliquée dans la transmission des leishmanioses cutanées due à *Leishmania major* (Léger et Depaquit, 2001).

Dans des travaux futurs nous estimons que des études épidémiologiques approfondies sur la maladie de la leishmaniose dans la région de Constantine, ainsi qu'un sondage de cas réels enregistrés dans cette région pourraient être une démarche importante afin de proposer une lutte efficace contre cette maladie. Il serait aussi utile d'envisager de nouvelles voies d'approche (Enzymologie et Biologie moléculaire) pour mieux appréhender les cas de leishmaniose détectés.

# Références Bibliographiques



## 7. Références Bibliographiques

**Abonnenc E., 1972.** Les phlébotomes de la région Ethiopienne (Diptera : Psychodidae). *Mem; O.R .S. T. O. M, Ser. Ent. Med. Parasitol.*, 289p.

**Addadi K., Dedet J.P., 1976.** Epidemiologie des leishmanioses en Algerie.6. Recensement des cas de leishmaniosesviscerales infantiles entre 1965 et 1974. *Bull. Soc. Pathol. Exo*, 69: 68 – 75.

**Adler S., Theodor O., 1927.** On a collection of *Phlebotomus sp.* of the *minutus* group. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 21-68.

**Adler S., Theodor O., Parrot L., 1929.** *Rev. Zool. Bot. Afr.* 73p.

**Adler S., Theodor O., 1935.** Investigation on Mediterranean Kala azar. III. Observations on Mediterranean sandflies. *Proc. R. Soc.* 116, 505-515.

**Adler S., Theodor O., Witenberg G., 1938.** Investigation on Mediterranean Kala-azar. XI. A study of leishmaniasis in Canea (Crete). *Proc. R. Soc. Lond. (B)*, 125, 491-515.

**Aoun K., Bouratbine A., 2014.** Cutaneous leishmaniasis in North Africa. *Parasite*, 21-14.

**Alkan C., Allal-Ikhlef A.B., Alwassouf S., Baklouti A., Piorkowski G., de Lamballeriex., IzriA., Charrel R.N., 2015.** Virus isolation, genetic characterization and seroprevalence of Toscana virus in Algeria. *European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, CMI*, 21, 1040.e1–1040.e9.

**Artemiev M. M., 1991.** A classification of the subfamily Phlebotominae. In: Maroli, M. (Ed), *Proceedings of the First International Symposium on Phlebotomine Sandflies. Parassitologia* 33 (Suppl.1), 69–77.

**Ashford R.W., 2000.** The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *Int. J. Parasitol.* 30, 1269-1281.

**Azizi K., Rassi Y., Javadian E., Motazedian MH., Rafizadeh S., Yaghoobi Ershadi MR., Mohebali M., 2006.** *Phlebotomus (Paraphlebotomus) alexandri*: a probable vector of *Leishmania infantum* in Iran. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, 100, No. 1, 63–68.

**Bachi F., 2006.** Aspect épidémiologiques et cliniques des leishmanioses en Algérie. *La Lettre de l'Infectiologue* -Tome XXI (n°1): 9-15.

**Ba Y., Trouillet J., Thonnon J., Fontenille D., 1998.** Phlébotomes du Sénégal (Diptera: Psychodidae): peuplement et dynamique des populations de la région de Mont-Rolland. *Parasite*, 5, 143-150.

**Bailly-Choumara H., Abonnenc E., Pastre J., 1971.** Contribution à l'étude des phlébotomes du Maroc (Diptera : Psychodidae). Données faunistiques et écologiques. Cah. ORSTOM, Ser. Ent. Med. Parasitol., 9, 431-460.

**Belazzoug S., 1982a.** Une épidémie de leishmaniose cutanée dans la région de M'sila (Algérie). *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*. 75, 497-504.

**Belazzoug S., Mahzoul D., Addadi K., Dedet J.P., 1982b.** *Sergentomyia minuta parroti* (Adler et Theodor, 1927) en Algérie (Diptera:Psychodidae). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 57, 621-630.

**Belazzoug S., 1983.** Isolation of *Leishmania major* Yakimoff & Schokhor, 1914 from *Psammomys obesus* Gretschmar, 1828 (Rodentia Gerbillidae) in Algeria. *Trans. R.Soc.Trop. Med. Hyg*, 77: 876.

**Belazzoug S., 1984.** La leishmaniose en Algérie à travers l'identification isoenzymatique des souches. *Coll. Inter. Tax. Phy. des Leishmania*, Montpellier : 397-400.

**Belazzoug S., Addadi K., Mokrani T., Hafirassou N., Hamriouri B., Belkaid M., 1985.** La leishmaniose viscérale en Algérie. Etude des cas hospitalisés entre 1975 et 1984. *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale* 65, 329-335.

**Belazzoug S., Mahzoul D., Rioux J-A., 1986.** Les phlébotomes (Diptera- Psychodidae) de M'sila et Bou-Saada. *Arch. Inst. Pasteur Algérie*. 55, 117-124.

**Belazzoug S., Mahzoul D., Rioux J-A., 1986d.** Les phlébotomes (Diptera: Psychodidae) de M'sila et Bou-Saada. *Arch. Inst. Past. Alger*, 55, 117-124.

**Belazzoug M., 1987.** La leishmaniose canine en Algérie. *Maghreb Veterinaire*, 3, 11-13.

**Belazzoug S., 1991.** The sandflies of Algeria. *Parasitologia* 33 (Suppl), 85- 87.

- Belazzoug S., 1992.** Leishmaniasis in Mediterranean countries. *Vet. Parasitol.* 44, 15-19.
- Belkaïd M., Harrat Z., 1997.** La leishmaniose en Algérie. Mise au point. *Rev. Méd. Phar.* ; 43-46.
- Benabdennbi I., 1998a.** Contribution à l'étude de la biodiversité chez les *Larroussi* (Diptera:Psychodidae) du bassin méditerranéen. Apports de l'analyse isoenzymatique.Thèse Université Strasbourg I. 152p.
- Benabdennbi I., Pesson B., Cadi-soussi M., Morillas Marquez F., 1999.** Morphological and isoenzymatic differentiation of sympatric populations of *P.perniciosus* and *P.longicuspis* (Diptera: Psychodidae) in northern Morocco.*J. Med. Ent.* **36**, 116–120.
- Ben Ismail R., Helal H., Bach Hamba D., Ben Rachid M.S., 1987.** Infestation naturelle de *Phlebotomus papatasi* dans un foyer de leishmaniose cutaneezoonotique en Tunisie.*Bull. Soc. Path. Exot.* **80**, 613-614.
- Ben Ismail R., Ben Rachid M.S., 1989.** Epidemiologie des leishmanioses en Tunisie, in: Maladies tropicales transmissibles.AUPELF-UREF, Paris, 73-80.
- Berchi S., Rioux J.A., Belmonte A., Russo J., 1986.** Un phlébotome nouveau pour l'Algérie, *Phlebotomus (Praphlebotomus) kazeruni* Theodor et Mesghali, 1964. *Ann. Parasit. Hum. Comp.* **61**(4): 507-508.
- Berchi S., 1990.**Ecologie des phlébotomes (Diptera, Psychodidae) de l'Est algérien.Mem. Mag. Ent. Appl. Univ. Constantine, 116pp.
- Berchi S., 1993.** Les phlébotomes (Insecta, Diptera, Psychodidae), vecteurs de leishmanioses dans l' Est algérien. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **118** (3), 341-349.
- Berchi S., Bounamous A., Louadi K., Pesson B., 2007.** Différenciation morphologique de deux espèces sympatriques : *Phlebotomusperniciosus* Newstead 1911 et *P. longicuspis*Nitzulescu 1930 (Diptera: Psychodidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* **43**, 201-203.

- Berdjane-Brouk Z., Charrel R.N., Bitam I., Hamrioui B., Izri A. 2011:** Record of *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* Grassi, 1908 and *Phlebotomus (Larrousius) chadlii* Rioux, Juminer & Gibily, 1966 female in Algeria. *Parasite* 2011, **18**, 337-339.
- Berdjane-Brouk Z., R.N. Charrel, Hamrioui B., Izri A., 2012b.** First detection of *Leishmania infantum* DNA in *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu, 1930 from visceral leishmaniasis endemic focus in Algeria. *Parasitol. Res.* **111**: 419-422.
- Bigot L., Bodot P., 1973** -Contribution à l' étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera* III. Dynamique de la zoocenose d' invertébrés. *Vie Milieu*, **23**(2) Sér. C : 251-267.
- Biocca E., Coluzzi A., Costantini R., 1977.** Osservazioni sulla attuale distribuzione dei flebotomi italiani e su alcuni caratterimorfologici differenziali tra le specie del sottogenere *Phlebotomus (Larrousius)*. *Parassitologia*, **19**, 19–31.
- Boubidi S.C., Benallal K., Boudrissa A., Bouiba L., Bouchareb B., Garni R., Bourathbine A., Ravel C., Dvorak V., Votypka J., Volf P., Harrat Z., 2011.** *Phlebotomus sergenti* (Parrot, 1917) identified as *Leishmania killicki* host in Ghardaia, south Algeria. *Microbes and Infection*, **13**, 691-696.
- Boudrissa A., Cherif K., Kherrachi I., Benbetka S., Bouiba L., Boubidi S.C., Benikhlef R., Arrar L., Hamrioui B., Harrat Z., 2012.** Extension de *Leishmania major* au Nord de l'Algérie. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* **105**:30-35.
- Boukraa S., Boubidi S.C., Zimmer J.Y., Francis F., Haubruge E., Alibenali-Lounaci, Z. & Doumandji S., 2011.** Surveillance des populations de phlébotomes (Diptera: Psychodidae), vecteurs des agents responsables des leishmanioses dans la région du M'Zab-Ghardaïa (Algérie). *Entomologie faunistique.* **63** (3): 97-101.
- Boussaa S., Pesson B., Boumezzough A., 2007.** Phlebotomine sandflies Diptera: Psychodidae) of Marrakech city, Morocco. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 1018, 715-24.
- Boulkenafet F., 2006.** Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (*Diptera* : *Psychodidae*) et appréciation de la faune Culicidienne (*Diptera* : *Culicidae*) dans la région de Skikda. Mémoire de Magister. Université de Constantine, Algérie. 191p.
- Bounamous A., Boudabous R. Jouet D., Augot D., Ferté H., Babba H., Berchi S., Depaquit J., 2008.** Caractérisation moléculaire et morphologique de deux espèces affines

de *Paraphlebotomus*: *phlebotomus chabaudi* Croset, Abonnenc & Rioux, 1970 et *P.riouxi* Depaqui, Killck-Kendrick & Leger, 1998 (Diptera, Psychodidae). *Parasite*, **15**, 565-57.

**Bounamous A., 2010.** Biosystématique et caractérisation par la biologie moléculaire des phlébotomes de l'Est algérien. Thèse de Doctorat. Université de Constantine. 304 p.

**Boussaa S., 2008.** Epidémiologie des leishmanioses dans la région de Marrakech, Maroc Effet de l'urbanisation sur la répartition spatio-temporelle des phlébotomes et caractérisation moléculaire de leurs populations. Thèse de Doctorat. Université Louis Pasteur, Strasbourg I, France. 181p.

**Boussaa S., Boumezzough A., 2014.** Identification et caractérisation des gîtes larvaires de phlébotomes (Diptera: Psychodidae) à Marrakech (Maroc). *Entomologie Faunistique*. **67**: 193-201.

**Büttiker W., Lewis D-J., 1983.** Insect of Sudi Arabia some ecological aspects of Saudi Arabian Phlebotomie sandflies. Saudi Arabia, **5**, 479-528.

**Brunhes J, Hassain K, Rhaim A, Hervy J.P., 2000.** Les especes de l'Afrique mediterranneene: Especes presentes et repartition: (Diptera:Nematocera). *Bull. Ent. France*, Extrait: **105**, 195-204.

**Chaves L.F. & Pascual M ., 2006.** Climate cycles and forecasts of cutaneous leishmaniasis, a nonstationary vector-bornedisease, *PLoS Med.* **3**, p. e295.

**Chelbi I.M., Derbali Z., Al-Ahmadi B., Zaafour A., El Fahem A., Zhioua E., 2007.** Phenology of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) relative to the seasonal prevalence of zoonotic cutaneous leishmaniasis in central Tunisia. *J. Med. Entomol.*, **44**, 385-388.

**Croset H., 1969.** Ecologie et systématique des *Phlebotomini* (Diptera : Psychodidae) dans deux foyers français et tunisiens de leishmaniose viscérale. Essai d'interprétation épidémiologique. Thèse Sciences Montpellier, 516 p.

**Croset H., Abonnec E., Rioux J.A., 1970.** *Phlebotomus (Paraphlebotomus) chabaudi* n. sp. (Diptera : Psychodidae). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* **45**, 863-873.

**Croset H., Rioux J.A., Léger N., Houin R., Cadi-Soussi M., Benmansour N., Maistre M., 1977.** Les méthodes d'échantillonnages des populations de phlébotomes en région méditerranéenne. *Coll. Inter. C.N.R.S.*, 239 "Ecologie des leishmanioses ", 139-151.

**Croset H., Rioux J.A., Maistre M., Bayar N., 1978.** Les phlébotomes de Tunisie (Diptera, Phlebotomidae) Mise au point systématique, chorologique et éthologique. *Ann. Parasitol.* (Paris), **53**, (6), 711-749.

**Dagnelie, P., 2009.** De la régression simple et l'analyse de la variance aux modèles linéaires généralisés : Synthèse et chronologie. *Revue MODULAD, Numéro 39*. Belgique.

**Dancesco P., Dedet J-P., Ben Osman F., Chadli A., 1970.** Les phlebotomes captures dans des foyers de leishmaniose canine à Tunis. Role probable de *Phlebotomus perniciosus* et *Phlebotomus perfiliewi* dans la transmission. *Arch. Inst. Past. Tunis*, **47**, 65-88.

**Dajoz R., 1982.** Précis d'écologie Ed. Bordas Paris : 483p.

**Dedet J.P., Addadi K., Belazzoug S., 1984.** Les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) d'Algérie. *Cah. O.R.S.T.O. iVf., Sbr Ent. Méd. et Parasitol.*, Vol. XXII, n° 2: 99-127.

**Dedet J. P., 1999.** Les leishmanioses. Edition Ellipses, 253 p.

**Desjeux P., 1996.** Leishmaniasis: public health aspects and control. *Clin. Dermatol.* **14**, 417-423.

**Dereure J., Velez I.D., Pratlong F., Denial M., Lardi M., Moreno G., Serres E., Lanotte G., Rioux J.A., 1986.** La leishmaniose viscérale autochtone au Maroc méridional. Présence de *Leishmaniainfantum* MON-1 chez le Chien en zone présaharienne. In *Leishmania. Taxonomie et Phylogénese. Applications Eco-épidémiologiques*. Montpellier: I.M.E.E.E., pp. 421-425.

**Depaquit J., 1995.** Les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) de L'Ile de Rhodes (Grèce). Thèse doc. Université de Reims, France. 93p.

**Depaquit, J., 1997.** Revision du sous genre *Paraphlebotomus* (*Phlebotomus* : Phlebotominae: Diptera). Approches morphologique et moléculaire. Th: Univ.: Reims, Pharm. N° 211.

- Depaquit J., Leger N., Ferté H., Rioux J.A., Gantier J.C., Michaelides A., Economides P., 2001.** Les Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) de l'île de Chypre. III- Inventaire faunistique. *Parasite*, **8**: 11-20.
- Dolmatova A.V., Demina N.A., 1971.** Les Phlébotomes (Phlebotominae) et les maladies qu'ils transmettent. *Cah. ORSTOM Documentation tech.* No. **55**, p. 289.
- Frahtia-Benothmane K., 2015.** Detection moléculaire des leishmanies à partir du genre *Phlebotomus* (Diptera : Psychodidae) : tendance vers la régression de la leishmaniose à Constantine. Thèse de doctorat université des frères Mentouri Constantine. 141pp.
- Franca C., Parrot L., 1920.** Introduction à l'étude systématique des Diptères du genre *Phlebotomus*. *Bull. Soc. Path. Exot.* **13**, 695-708.
- Garcia, Segui Puntas M., 1991.** Estudi epidemiologic de la leishmania a l'illa de Menorca. *Rev. Cien. (IEB)*, **9**, 91-101.
- Garni R., Tran A., Guis H., Baldet T., Benallal K., Boubidi S.C., Harrat Z., 2014.** Remote sensing, land cover changes, and vector-borne diseases: Use of high spatial resolution satellite imagery to map the risk of occurrence of cutaneous leishmaniasis in Ghardaïa, Algeria. *Infect. Genet. Evol.* **28**, 725-735.
- Guernaoui S., 2000.** Contribution à l'étude des phlébotomes vecteurs potentiels des leishmanioses dans la région de Marrakech. Mem. D.E.S.A Univ. Cadi Ayad, Marrakech. Maroc.
- Ghosh K.N., Mukhopadhyay J.M., Guzman H., Tesh R.B. & Munsterman L.E. 1999.** Interspecific hybridization and genetic variability of *phlebotomus* sand flies. *Med. Vet. Entomol.* **13**, 78- 88.
- Hanafi H., Fryauff D. J., Govind B.M., Ibrahim M.O., Main A.J., 2007.** Bionomics of phlebotomine sandflies at a peacekeeping duty site in the North of Sinai, Egypt. *Acta Tropica.* **101**, 106-114.
- Handman E., 2001.** Leishmaniasis: Current Status of Vaccine Development. *Clinical Microbiology Reviews*, **14**(2): 229-243.

- Harrat Z., Izerouel S., Belkaid M., Tabet-Derraz O., 1993.** Fluctuations saisonnières des Phlébotomes de la région d'Alger et sa banlieue. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie* .T:59, 245-255.
- Harrat Z., Benkherrouf K., Taharboucht Z., Bendali I. S., Yah T., Hamrioui B., 1995a.** La leishmaniose canine urbaine. *Arch. Inst. Past. Alger*, 60, 157-165.
- Harrat, Z., 2006.** La leishmaniose canine en Algérie : Analyse épizootologique, écologique et étude du parasite. Thèse doctorale soutenue au centre universitaire d'El teref (Algérie). 154p.
- Harrat Z., Belkaid M., 2002.** Co-infection Leishmaniose viscerale -Sida en Algérie. – *Algérie Santé-7*, 37-38.
- Harrat Z., Belkaid M., 2003.** Les leishmanioses dans l'Algérois. Données épidémiologiques. *Bull. Soc. Pathol Première. Exot.*, 96, 3, 212-214.
- Harrat Z., Boubidi S. C., Pratlong F., Benikhlef R., Dedet J. P., Belkaid M., 2009.** Description de *Leishmania killicki* en Algérie. Premières Journées Algéro-Françaises de Parasitologie-Mycologie, Alger, 15-16 novembre 2006.
- Izri M.A., Belazzoug S., Boudjebba Y., Dereure J., Pratlong F., Delalbre-Belmonte A., Rioux J.A., 1990.** *Leishmania infantum* MON-1 isolé de *Phlebotomus perniciosus*, en Kabylie (Algérie). *Ann. Parasitol. Hum. Comp*, 65: 151-152.
- Izri M. A., Belazzoug S., 1993.** *Phlebotomus (Larrousius) perfiliewi* naturally infected with dermatotropic *Leishmaniainfantum* at Tenes, Algeria. *Tran. Royal. Soc. Trop. Med. Hyg*, 87, 399.
- Izri M.A., Marty P., Fauran P., Le Fichoux Y., Rousset J., 1994.** *Phlebotomus perfiliewi* Parrot, 1930 (Diptera: Psychodidae) dans le Sud-Est de la France. *Parasite* 1: 286.
- Izri A., Depaquit J., Parola P., 2006.** Phlébotomes et transmission d'agents pathogènes autour du bassin méditerranéen. *Médecine Tropicale*, n°66. 429-435.
- Jarry D.M., 1999.** Historique des leishmanioses et de leurs complexes pathogènes. In *Dedet J.P., Les Leishmanioses, Ellipses Ed., Paris*, 89-108.



**Janini R., Saliba E., Kamhawi S., 1995.** Species composition of sand flies and population dynamics of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) in the southern Jordan Valley, an endemic focus of cutaneous leishmaniasis. *J. Med. Entomol.* **32**, 822–826.

**Kherief-Naceraddine S., 2006.** Etude de la variabilité des températures extrêmes et pérennité des arbres urbains dans la région de Constantine. Mémoire de Magistère. Université Mentouri, Constantine. 180p.

**Khiari O., 1987.** Etude des phlébotomes (Diptera, Psychodidae) Constantine. Mém. DES en Biologie. Université de Constantine. Algérie. 46p.

**Killick-Kendrick R., Leaney A., Peters W., Rioux J.A., Bray R., 1985.** Zoonotic cutaneous leishmaniasis in Saudi Arabia: the incrimination of *Phlebotomus papatasi* as the vector in the Al Hassa oasis. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **79**, 252-255.

**Killick Kendrick R., 1990.** Phlebotomine vectors of leishmaniasis: Review. *Med. Vet. Entomol.*, **4**, 1-24.

**Killick-kendrik R., Maroli M., Killick-kendrik M., 1991b.** Bibliography of the colonization of Phlebotomine sandflies. *Parasitologia*, 33(Suppl.), 321-333.

**Killick-Kendrick R., 1999.** The biology and control of phlebotomine sand flies. *Clin. Dermatol.* **17**, 279–289.

**Lane R-P., 1986.** The Sandflies of Egypt (Diptera: Phlebotominae). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent.)*, **52**. 1-35.

**Lane R-P., Abdel-hafez S., Kamhawi S., 1988.** The distribution of phlebotomine sandflies in the principal ecological zones of Jordan. *Med. Vet. Entomol.* **2**, 237-246.

**Lane R.P., Crosskey R.W., 1993.** Medical Insects and Arachnids. Springer, Editions Chapman & Hall, 78-119.

**Léger N., Pesson B., Madulo-Leblond G., Abonnenc E., 1983.** Sur la différenciation des femelles du sous-genre *Larroussius* Nitzulescu, 1931 (Diptera: Phlebotomidae) de la région méditerranéenne. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* **58**, 611–623.

**Léger N., Nuwarisalti N., Abou- Fkhr E., Sadek R-A., Shebaklo Z., Lakkis M., 1995.** Les phlébotomes du Liban. I. Résultats de récoltes préliminaire (aout 1994). *Parasitol*, 2, 93-94.

**Léger N., Depaquit J., 1999.** Les phlébotomes. *In: J-P. Dedet (ed.), les leishmanioses*, Paris : Ellipses : 90-108.

**Léger N., Depaquit J., 2001.** Les phlébotomes et leur role dans la transmission des leishmanioses. *Rev. Fr. labo*, № 338, 41-48.

**Léger N., Depaquit J., 2002.** Systématique et Biogeographie des phlébotomes (Diptera : *Psychodidae*). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.)*, 38 (1-2), 163-175.

**Le Pont F., Bayazit Y., Konyar M., Demirhindi H., 1996.** Leishmaniose cutanée dans le foyer urbain de Sanliurfa (Turquie). *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 89, 274-275

**Lewis D-J., 1971.** Phlebotomid sandflies. *Bultin of the word health organization*, 44(4): 535-551.

**Lewis D-J., 1974.** The Phlebotomid sandflies of Yamen Arab Republic. *Tropen med. Parasitol.*, 25, 187-197.

**Lewis D-J., 1977.** Phlebotomine sand fly research *In: The Royal Society Tropical Medicine and Hygiene (Ed.), Medical Entomology Centenary, symposium proceedings*. Londre. 94-99.

**Lewis D-J., 1982.** A taxonomic review of genus *Phlebotomus* (Diptera: *Psychodidae*). *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Ent.)*, 45. 121-209.

**Madulo- Leblond., 1983.** Les Phlébotomes (Diptera: *Phlebotomidae*) des Iles Ioniennes. *Th. Doc., ES-Sc. Pharm. Univ. Reims. Fac. Pharm*, 218p.

**Mansour N-S., Fryauff D-J., Modi B., Mikhail E-M., Youssef F., 1991.** Isolation and characterization of *Leishmania major* from *Phlebotomus papatasi* and military personnel in north Sinai, Egypt. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 85, 590-591.

- Martin-Sanchez J., Gramiccia M., Pesson B., Morillas Marquez F., 2000.** Genetic polymorphism in sympatric species of the genus *Phlebotomus* with special reference to *Phlebotomus perniciosus* and *Phlebotomus longicuspis* (Diptera: Phlebotomidae). *Parasite* **7**, 247-254.
- Mebarki A., 2005.** Hydrologie des bassins de l'Est algérien : ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de Doctorat. Université Mentouri, Constantine. 360p.
- Nassima Messai, Berchi S., Bouknaft F. & Louadi K. 2011.** Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology*, **63** (3), 203-206
- Mihoubi I, Picot S, Hafirassou N, de Monbrison F., 2008.** Cutaneous leishmaniasis caused by *Leishmania tropica* in Algeria. *Trans. Royal. Soc. Trop. Med. Hyg*; **102**, 1157-1159.
- Monbrison F, Mihoubi I, Picot S., 2007.** Real-time PCR assay for the identification of cutaneous Leishmania parasite species in Constantine region of Algeria. *Acta Tropica*, **102** : 79–83.
- Morillas Marquez F., Sanchis Marin M.C., Martin Sanchez J., Acedo Sanchez C., 1991.** On *Phlebotomus perniciosus* Newstead, 1911 (Diptera: Phlebotomidae) in the province of Almeria in Southeastern Spain. *Parasitologia* **33** (Suppl 1): 437-444.
- Morsy T-A., Merdan A-L., Shoukry A., El Said A., Saud S., Wahba M-M., 1992.** Experimental efficiency of *Phlebotomus papatasi* in maintaining development of four species of *Leishmania*. *J. Egypt. Soc. Parasitol.*, **22**, 241-251.
- Moulaheem T., Fendri A., Harrat Z., Benmezdad A., Aissaoui K., Ahraou S. Addadi K., 1998.** Contribution à l'étude des phlébotomes de Constantine : espèces capturées dans un appartement urbain. *Courte note N° 1952. Entomologie médicale*. **91**(4):344-5.
- Newstead R., 1911.** The pappataci flies (*Phlebotomus*) of Maltese Islands. *Bull. Ent. Res.*, **2**, 47-78.

**Niang A-A., Geoffroy B., Angel G., Trouillet J., Killik-Kendrick R., Hervy J-P., Brunhes J., 2000.** Les phlébotomes de l'Afrique de l'Ouest. *Logiciel d'identification et d'enseignement, IRD edition.*

**Nitzulescu., 1930.** *Phlebotomus langeroni* n. sp. Et *P. (L.) langeroni* var. *longicuspis* n. var. de Douar-Shott(Tunisie). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* **8**, 547—553.

**Ait-Oudhia K., Lami P., Lesceu S., Harrat Z., Hamrioui B., Dedet J. P., 2009.** Increase in the prevalence of canine leishmaniasis in urban Algiers (Algeria) following the 2003 earthquake. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* : **103**(8): 679-692.

**Ouellette M., Olivier M., Sato S., Papadopoulou B., 2003.** Le parasite *Leishmania* à l'ère de la post-génomique. *Revue Medicine/Sciences* ; **19**(10): 900-909.

**Palit A., Bhattacharya S. K., Kundu S. N., 2005.** Host preference of *Phlebotomus argentipes* and *Phlebotomus papatasi* in different biotopes of West Bengal, India. *International Journal of Environmental Health Research* : **15**(6) :449-454.

**Parrot L., 1930.** Notes sur les phlébotomes IV- *Phlebotomus perfiliewi* n.sp. *Arch. Inst. Past. Alger*, **8**, 383-385.

**Parrot L., 1933a.** Notes sur les phlébotomes, VI- Sur une variété Nord Africaine de *Phlebotomus squamipleuris* Newstead. *Arch. Inst. Past. Alger*, **11**, 603-605.

**Parrot L., 1934.** Notes sur les phlébotomes .XII. Les éléments de diagnose spécifique des diptères du genre *Phlebotomus* (Psychodidae). *Arch. Inst. Past Alger*, **12**, 393-398.

**Parrot L., 1936.** Notes sur les phlébotomes. XX. Sur *Phlebotomus langeroni* var. *longicuspis* Nitzulescu, 1930. *Arch. Inst. Past Alger*, **14**, 137-143.

**Parrot L., Donatien A., Plantureux E., 1941b.** Sur l'infection naturelle des phlébotomes par la leishmaniose générale de l'homme et du chien en Algérie. *Arch. Inst Past Algerie*, **19**, 209-217.

**Parrot, L., Donatien, A., 1952.** Autres observations sur l'infection naturelle des Phlébotomes par la Leishmaniose générale de l'homme et du chien en Algérie. *Arch. Inst. Past. Alger*, **30**, 146-152.

**Parrot L., Clastrier J., 1956.** Notes sur les phlébotomes LXIX –Phlébotome de Biskra. *Ach. Inst. Past. Alger*, **34**, 513-517.

**Pesson B., Ready J.S., Benabdennbi I., Martin-Sanchez J., Esseghir S., Cadi-Soussi M., Morillas-Maequez F., Ready P.D., 2004.** Sandflies of the *Phlebotomus perniciosus* complex: mitochondrial introgression and a new sibling species of *P. longicuspis* in the Moroccan Rif. *Med.Vete. Ent*, **8**: 25-37.

**Petrisceva, P.A., 1935.** *Fauna, biología y ecología, de los flebotomos de Turlyvnenia.*  
En: Parásitos, vectores y animales venenosos, (en ruso). Aniversario del Dr. E. Pawlovskii, Moscú. 202-259.

**Pinto M.C, Campbell-Lendrum D.H., Lozovei A.L., Teodoro U., Davies C.R., 2001.** Phlebotomine sandfly responses to carbon dioxide and human odour in the field. *Med.Vet. Entomol.***15**, 132-139.

**Ready. P.D., 2013.** Biology of disease agents. *Annu. Rev. Entomol.* **58**, 227-250.

**Rioux J-A., Coluzzi M., Bain O., Baubouy J.P., 1964.** Presence de *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921 en Italie du Nord. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* **57**, 966-971.

**Rioux J-A., Golvan Y-J., Croset H., Houin R., Juminer B., Bain O., Tour S., 1967.** Ecologie des leishmanioses dans le Sud de France. Echantillonnage. Ethologie. *Ann, Parasitol. Humm. Comp*, **42**: 561-603.

**Rioux J.A., Croset H., Juminer B., 1969.** Présence en Tunisie de *Phlebotomus alexandri* (Sinton, 1928) *Sergentomyia clydei* (Sinton, 1928) et *Sergentomyia dryfussi* (Parrot, 1933). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* **44**, 825-826.

**Rioux J.A., Croset H., Léger N., 1974a.** Présence en Espagne de *Phlebotomus alexandri* Sinton, 1928 (*Diptera: Psychodidae*). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **49**. 126-128.

**Rioux J.P., Lanotte G., Pratlong F., 1986a.** *Leishmania killicki* n.sp. (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), in: *Leishmania Taxonomie et phylogenese. Applications eco epidemiologique*, Rioux J.A. (Coll. Int. CNRS/INSERM, 1984, Ed. IMEEE, Montpellier, 139-142.

**Rioux J.A., Akalay O., Perieres J., Dereure J., Mahjour J., Le Houérou H.N., Léger N., Desjeux P., Gallego M., Saddiki A., Barkia A., Nachi H., 1997.** L'évolution écoépidémiologique du risque leishmanien au Sahara atlantique marocain. Intérêt heuristique de la relation phlébotomes - bioclimats. *Ecol. Mediterr.* **23**, 73-92.

**Rispail P., Dereure J., Jarry D., 2002.** Risk Zones of Human Leishmaniasis in the Western Mediterranean Basin. Correlations between Vector Sand Flies, *Mem. Inst. Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro*, Vol. 97(4): 477-483.

**Robert L.S., Janovy J.Jr., 2000.** *Foundations of Parasitology*. 6th Ed. McGraw Hill: Boston, Massachusetts, p. 607-627.

**Rodhain F., Perez C., 1985.** *Precis d'entomologie medicale et veterinaire. Ed. Maloine. Paris.* Chapitre 5. p. 157-175.

**Rodhain F., 2000.** Impacts sur la sante: le cas des maladies a vecteurs. In : Impacts potentiels du changement climatique en France au XXIe siecle, Mission interministerielle de l'effet de serre, *Ministere de l'aménagement du territoire et de l'environnement*, Paris, 122-127.

**Rossi E., Bongiorno G., Ciolli E., Di Muccio T., Scalone A., Gramiccia M., Gradoni L., Maroli M., 2008.** Seasonal phenology, host-blood feeding preferences and natural *Leishmania* infection of *Phlebotomus perniciosus* (Diptera, Psychodidae) in a high-endemic focus of canine leishmaniasis in Rome province, Italy. *Acta Trop.* **105**, 158-165.

**Russo J., Rioux J.A., Lambert M., Rispail P., Belmonte A., Berchi S., 1991.** Chorologie des phlébotomes de l'Est Algérien (Diptera: Psychodidae). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* **66**: 247-251.

**Safyanova V-N., 1977.** The particularities of structure and existence of zoonotic cutaneous leishmaniasis foci in the south of the URSS. In *Ecologie des leishmanioses. Colloques internationaux du CNRS.* Paris: CNRS, **239**, 257-259.

- Saliba E-K., Oumeish O-Y., Bishart Z., Al- Ouran R., 1997.** The endemicity of *Leishmania tropica* (Zymodeme MON-137) in the Eira- Yarqa area of Salt District, Jordan. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **91**, 453-459.
- Schlein Y., Warburg A., Schnur L.F., Gunders A. E., 1982.** Leishmaniasis in the Jordan Vally. II. Sandflies and transmission in the central endemic area. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg*, **76**, 582-586.
- Shatova C-M., Shlga M-A., Safyanova B-M., Avakjan A-A., 1984.** Comparative electron microscope study of *Leishmania major* and *L. tropica* at the experimental infection of sandfly *P. papatasi*. *Parasitologia*, **18**, 154-158.
- Simié T., 1951.** La faune de Yougoslavie. VIIe partie- l'étendue des espèces de Phlébotomes et leur proportion dans les différentes régions du pays. *Bull. Acad. Serb. Sci.Méd.*, **3**, 125-132.
- Sergent Et. & Gueidon E., 1923.** Chronique du bouton d'orient en Algérie, le "clou de Mila". – *Arch. Inst. Pasteur Algérie*, **1**, 1-3.
- Svobodova M., Sadlova J., Chang K.P, Volf P., 2003.** Distribution and feeding preference of the sandflies *Phlebotomus sergenti* and *P.Papatasi* in a cutaneous leishmaniasis focus in Sanliurfa, Turkey. *Am. J. Trop. Med. Hyg*, **68**, 6-9.
- Wasserberg G., Yarom I., Warburg A., 2003.** Seasonal abundance patterns of the sand fly *Phlebotomus papatasi* in climatically distinct foci of cutaneous leishmaniasis in Israeli deserts. *Med. Vet. Ent.* **17**, 452-456.
- W.H.O., 2000.** *Leishmania* and V.I.H. co-infection. *Lepr. Rev.* **71**, 104-5.
- Yaghoobi-Ershadi M.R., Javadian E., Tahuildar-Bidruni G.H., 1995.** *Leishmania major* MON-26 isolated from naturally infected *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) in Isfahan Province, Iran. *Acta Trop.* **59**(4) : 279-82.
- Yasarol S., 1980.** Distribution of sandflies species in some of Turkey. Cambridge. Angleterre. Proc. Third European Multicolloquium parasitology, Communication №83.

**Young D. & Arias J., 1992.** Phlebotomine sand flies in the Americas. Washington, *DC Pan American Health Organization.*

**Zhioua E., Kaabi B., Chelbi I., 2007.** Entomological investigations following the spread of visceral leishmaniasis in Tunisia. *Journal of Vector Ecology*, Vol. 32, no. 2:1-4.



# Annexes

## 8. Annexes

### ANNEXE I

Clés d'identification d'espèces des Phlébotomes.

1- Cibarium inerme, soies des tergites abdominaux II et VI uniformément dressées. Style porteur de 4 ou 5 épines insérées à des niveaux différents et dépourvu de soie caduque :

**Genre *Phlebotomus***.....2

Cibarium armé, soies des tergites abdominaux II à VI couchées ; chez le mâle, style porteur de 4 épines terminales :

**Genre *Sergentomyia***.....12

#### Détermination des espèces du genre *Phlebotomus* mâles

2- Style à 4 épines .....2

-Sous-genre *Paraphlebotomus* .....5

-Style à 5 épines.....3

3- Style long à 5 épines courtes et spatulées, dont trois sont terminales ; paramère trilobé, lobe latéral armé de deux épines terminales :

-Sous-genre *Phlebotomus* .....4

Style trapu à 5 épines, dont 2 terminales, lobe latéral inerme :

-Sous-genre *Larroussi* .....7

4- Epine médiane du style plus rapprochée de l'épine basale que des épines terminales ; touffe de 12 soies longues et bien différenciées à l'apex du coxite ; petit tubercule basal du coxite portant plus de 6 soies :

***Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi*** (Scopoli, 1786)

-Epine médiane du style à mi-distance entre l'épine basale et le groupe des épines terminales, ou plus près de ce dernier ; touffe de 6 ou 7 soies longues à l'apex du coxite ; petit tubercule basal du coxite portant 6 soies :

***Phlebotomus (Phlebotomus) bergeroti*** (Parrot, 1934)

5- Valve pénienne en lame aigüe, transparente, non recourbée à l'apex :

***Phlebotomus (Paraphlebotomus) chabaudi*** (Croset, Abonnenc et Rioux, 1970)

-Valve pénienne recourbée en « bec de rapace » à l'apex.....6

6- Une seule épine terminale sur le style ; lobe latéral plus court ou égal au coxite ; à la base du coxite, présence d'un lobe court, trapu et nettement dilaté à l'extrémité :

***Phlebotomus (Paraphlebotomus) alexandri*** (Sinton, 1928)

Deux épines terminales sur le style ; lobe latéral plus long que le coxite : à la base du coxite, lobe de taille moyenne, peu élargi à l'apex, à soies courtes :

***Phlebotomus (Paraphlebotomus) sergenti*** (Parrot, 1917)

7- Valve pénienne bifide à l'apex :

***Phlebotomus (Larroussius) perniciosus*** (Newstead, 1911)

-Valve pénienne simple à l'apex.....8

8- Valve pénienne pointue à l'apex.....9

-Valve pénienne arrondie à l'apex.....10

9- Valve pénienne régulièrement effilée, se terminant par une pointe longue, légèrement asymétrique :

***Phlebotomus (Larroussius) longicuspis*** (Nitzulescu, 1930)

-Valve pénienne tronquée en biseau, se terminant par une pointe très courte, nettement asymétrique :

***Phlebotomus (Larroussius) langeroni*** (Nitzulescu, 1930)

10- Bord dorsal de la valve pénienne porteur de 4 à 6 dents ; valve arquée et spatulée à l'apex:

***Phlebotomus (Larroussius) perfiliewi*** (Parrot, 1930)

-Valve pénienne renflée en battant de cloche.....11

11- Coxite pourvu d'un placard de 30 à 45 soies :

***Phlebotomus (Larroussius) ariasi*** (Tonnoir, 1921)

-Coxite pourvu d'un placard de 60 à 80 soies :

***Phlebotomus (Larroussius) chadlii*** (Rioux, Juminer et Gibily, 1966)

12- Valve pénienne épaisse, digitiforme, arrondie à l'apex :

**Genre *Sergentomyia***.....12

- Sous-genre ***Sergentomyia***.....13

-Valve du pénis triangulaire, en cône à apex pointu.....16

13- Style 5 à 7 fois plus long que large, soie non caduque très courte et insérée tout près des épines terminales :

***Sergentomyia (Sergentomyia) fallax*** (Parrot, 1921)

-Style plus court et trapu.....14

14- Soie non caduque du style assez éloignée des épines terminales.....15

Soie non caduque du style très proche des épines terminales ; les quatre épines du style sont souvent disposées en deux groupes bien séparés ; cibarium armé de deux rangées de dents très courtes et aigues :

***Sergentomyia (Sergentomyia) schwetzi*** (Adler, Theodor et Parrot, 1929)

15- Cibarium armé de dents disposées sur une ligne droite ou légèrement concave en arrière :

***Sergentomyia (Sergentomyia) minuta parroti*** (Adler et Theodor, 1927)

-Cibarium armé de dents disposées sur un arc profondément concave en arrière ; tache cibariale pourvue d'un prolongement antérieur :

***Sergentomyia (Sergentomyia) antennata*** (Newstead, 1912)

16- Valve pénienne en forme de cône très allongé.....17

-Valve pénienne en forme de cône court.....19

17- Dents cibariales très aigues à pointes obliquement dirigées vers le centre, 12 à 14 dents :

***Sergentomyia (Sintonius) tiberiadis*** (Adler, Theodor et Lourie, 1930)

-Dents cibariales mousses.....18

18- Cibarium armé de 20 dents mousses disposées sur une ligne légèrement convexe vers l'arrière, soie non caduque insérée au voisinage immédiat de l'apex du style :

***Sergentomyia (Grassomyia) dreyfussi*** (Parrot, 1931)

-Cibarium armé de 30 à 35 petites dents monomorphes, rangées en palissade régulière suivant un arc de cercle légèrement concave vers l'arrière :

***Sergentomyia (Parrotomyia) eremetis***

19- Cibarium armé de 25 à 35 petites dents disposées par groupes de 4 ou 6 et d'une rangée antérieure de denticules punctiformes :

***Sergentomyia (Sintonius) clydei*** (Parrot, 1928)

-Cibarium armé de deux ou trois dents courtes et fortes et d'une série de denticules fins disposés sans ordre :

***Sergentomyia (Sintonius) christophersi***

## Annexe II

**Tableau 15** : Récapitulatif des captures journalières d'espèces de Phlébotomes (richesse totale, richesse spécifique, abondance relative, densité/m<sup>2</sup>).

| Date       | T°    | H   | <i>Phlebotomus perniciosus</i> | <i>Phlebotomus longicuspis</i> | <i>Phlebotomus papatasi</i> | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> | <i>Sergentomyia minuta parroti</i> | Pièges récupérés | Total | Total % | Sp/m <sup>2</sup> |
|------------|-------|-----|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------|-------|---------|-------------------|
| 26/04/2013 | 14,6° | 67% | 32                             | 0                              | 0                           | 0                             | 38                                 | 80               | 70    | 4,6     | 21,87             |
| 11/05/2013 | 12,6° | 71% | 12                             | 0                              | 0                           | 0                             | 28                                 | 50               | 40    | 2,6     | 20                |
| 08/06/2013 | 20,4° | 53% | 20                             | 2                              | 0                           | 0                             | 32                                 | 62               | 54    | 3,5     | 21,77             |
| 29/06/2013 | 17,3° | 52% | 14                             | 0                              | 0                           | 0                             | 27                                 | 34               | 41    | 2,7     | 30,14             |
| 13/07/2013 | 27,2° | 40% | 32                             | 0                              | 0                           | 0                             | 38                                 | 76               | 70    | 4,6     | 23,02             |
| 27/07/2013 | 32,1° | 29% | 48                             | 10                             | 0                           | 3                             | 57                                 | 97               | 118   | 7,7     | 30,41             |
| 10/08/2013 | 21,4° | 60% | 18                             | 4                              | 0                           | 0                             | 32                                 | 48               | 54    | 3,5     | 28,12             |
| 24/08/2013 | 25,8° | 40% | 34                             | 2                              | 0                           | 2                             | 29                                 | 50               | 67    | 4,3     | 33,5              |
| 07/09/2013 | 25,3° | 61% | 27                             | 1                              | 0                           | 0                             | 16                                 | 42               | 44    | 2,8     | 26,19             |
| 21/09/2013 | 17,7° | 72% | 23                             | 0                              | 0                           | 0                             | 22                                 | 36               | 45    | 2,9     | 31,25             |
| 05/10/2013 | 23,8° | 60% | 29                             | 2                              | 0                           | 0                             | 25                                 | 70               | 56    | 3,6     | 20                |
| 19/10/2013 | 22,1° | 45% | 31                             | 0                              | 0                           | 0                             | 26                                 | 67               | 57    | 3,7     | 21,26             |
| 05/04/2014 | 10,3° | 73% | 12                             | 0                              | 0                           | 0                             | 28                                 | 46               | 40    | 2,6     | 21,73             |
| 19/04/2014 | 16,2° | 54% | 14                             | 1                              | 0                           | 5                             | 33                                 | 84               | 53    | 3,4     | 15,77             |
| 03/05/2014 | 10,4° | 74% | 12                             | 0                              | 0                           | 0                             | 10                                 | 36               | 22    | 1,4     | 15,27             |
| 17/05/2014 | 15,3° | 52% | 16                             | 0                              | 0                           | 0                             | 25                                 | 68               | 41    | 2,7     | 15,07             |
| 07/06/2014 | 25,8° | 34% | 28                             | 5                              | 0                           | 0                             | 38                                 | 53               | 71    | 4,7     | 33,49             |
| 21/06/2014 | 26,2° | 43% | 20                             | 7                              | 0                           | 0                             | 36                                 | 75               | 63    | 4,1     | 21                |
| 05/07/2014 | 24,1° | 41% | 31                             | 2                              | 0                           | 0                             | 32                                 | 41               | 65    | 4,2     | 39,63             |
| 19/07/2014 | 30°   | 25% | 52                             | 10                             | 1                           | 2                             | 65                                 | 85               | 130   | 8,4     | 38,23             |
| 09/08/2014 | 28,9° | 32% | 32                             | 6                              | 0                           | 3                             | 34                                 | 74               | 75    | 4,9     | 25,33             |
| 23/08/2014 | 26,1° | 41% | 24                             | 2                              | 0                           | 0                             | 29                                 | 66               | 55    | 3,6     | 20,83             |
| 06/09/2014 | 23,3° | 51% | 27                             | 3                              | 0                           | 0                             | 34                                 | 58               | 64    | 4,1     | 27,58             |
| 20/09/2014 | 28,3° | 34% | 28                             | 5                              | 1                           | 0                             | 42                                 | 74               | 76    | 4,9     | 25,67             |
| 04/10/2014 | 16,4° | 86% | 14                             | 0                              | 0                           | 0                             | 18                                 | 34               | 32    | 2,1     | 23,52             |
| 18/10/2014 | 20,4° | 44% | 22                             | 0                              | 0                           | 0                             | 15                                 | 49               | 37    | 2,4     | 18,87             |
| Total      |       |     | 652                            | 62                             | 2                           | 15                            | 809                                |                  | 1540  | 100     | 649,52            |

### Annexe III

**Tableau 16 :** Récapitulatif des l'inventaire journalier des espèces capturées dans la localité de Didouche Mourad à Constantine.

| Date       | <i>Phlebotomus perniciosus</i> | pp/m <sup>2</sup> | <i>Phlebotomus longicuspis</i> | pl/m <sup>2</sup> | <i>Phlebotomus papatasi</i> | pp/m <sup>2</sup> | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> | ppe/m <sup>2</sup> | <i>Sergentomyia minuta parroti</i> | sm/m <sup>2</sup> | Total sp | Pièges récupérés | Ph/m <sup>2</sup> | pièges m <sup>2</sup> |
|------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------|----------|------------------|-------------------|-----------------------|
| 26/04/2013 | 17                             | 20,24             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 16                                 | 19,05             | 53,24    | 21               | 39,29             | 0,84                  |
| 11/05/2013 | 6                              | 15                | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 10                                 | 25                | 31       | 10               | 40                | 0,4                   |
| 08/06/2013 | 11                             | 22,92             | 1                              | 2,08              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 14                                 | 29,17             | 51       | 12               | 54,17             | 0,48                  |
| 29/06/2013 | 10                             | 27,78             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 11                                 | 30,56             | 48,78    | 9                | 58,33             | 0,36                  |
| 13/07/2013 | 18                             | 20,45             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 16                                 | 18,18             | 54,45    | 22               | 38,64             | 0,88                  |
| 27/07/2013 | 31                             | 27,68             | 7                              | 6,25              | 0                           | 0                 | 3                             | 2,68               | 30                                 | 26,79             | 107,61   | 28               | 63,39             | 1,12                  |
| 10/08/2013 | 9                              | 18,75             | 2                              | 4,17              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 12                                 | 25                | 45,92    | 12               | 47,92             | 0,48                  |
| 24/08/2013 | 19                             | 26,39             | 1                              | 1,39              | 0                           | 0                 | 2                             | 2,78               | 11                                 | 15,28             | 63,56    | 18               | 45,83             | 0,72                  |
| 07/09/2013 | 13                             | 25,00             | 1                              | 1,92              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 9                                  | 17,31             | 49,92    | 13               | 44,23             | 0,52                  |
| 21/09/2013 | 14                             | 31,82             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 10                                 | 22,73             | 55,82    | 11               | 54,55             | 0,44                  |
| 05/10/2013 | 22                             | 23,91             | 1                              | 1,09              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 12                                 | 13,04             | 60       | 23               | 38,04             | 0,92                  |
| 19/10/2013 | 18                             | 21,43             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 10                                 | 11,90             | 49,43    | 21               | 33,33             | 0,84                  |
| 05/04/2014 | 5                              | 8,33              | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 14                                 | 23,33             | 27,33    | 15               | 31,67             | 0,6                   |
| 19/04/2014 | 7                              | 9,21              | 1                              | 1,32              | 0                           | 0                 | 2                             | 2,63               | 15                                 | 19,74             | 38,16    | 19               | 32,89             | 0,76                  |
| 03/05/2014 | 6                              | 11,54             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 5                                  | 9,62              | 22,54    | 13               | 21,15             | 0,52                  |
| 17/05/2014 | 7                              | 7,61              | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 9                                  | 9,78              | 23,61    | 23               | 17,39             | 0,92                  |
| 07/06/2014 | 20                             | 33,33             | 2                              | 3,33              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 14                                 | 23,33             | 72,67    | 15               | 60                | 0,6                   |
| 21/06/2014 | 13                             | 11,61             | 3                              | 2,68              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 13                                 | 11,61             | 43,29    | 28               | 25,89             | 1,12                  |
| 05/07/2014 | 20                             | 41,67             | 2                              | 4,17              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 14                                 | 29,17             | 81,83    | 12               | 75                | 0,48                  |
| 19/07/2014 | 36                             | 42,86             | 5                              | 5,95              | 1                           | 1,19              | 1                             | 1,19               | 32                                 | 38,10             | 126,19   | 21               | 89,29             | 0,84                  |
| 09/08/2014 | 21                             | 19,44             | 3                              | 2,78              | 0                           | 0                 | 1                             | 0,93               | 17                                 | 15,74             | 65,15    | 27               | 38,89             | 1,08                  |
| 23/08/2014 | 18                             | 22,5              | 1                              | 1,25              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 21                                 | 26,25             | 63,75    | 20               | 50                | 0,8                   |
| 06/09/2014 | 22                             | 32,35             | 1                              | 1,47              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 26                                 | 38,24             | 82,82    | 17               | 72,06             | 0,68                  |
| 20/09/2014 | 18                             | 20,45             | 1                              | 1,14              | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 31                                 | 35,23             | 71,59    | 22               | 56,82             | 0,88                  |
| 04/10/2014 | 9                              | 18,75             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 11                                 | 22,92             | 38,75    | 12               | 41,67             | 0,48                  |
| 18/10/2014 | 12                             | 21,43             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                 | 0                             | 0                  | 9                                  | 16,07             | 42,43    | 14               | 37,5              | 0,56                  |

## Annexe IV

**Tableau 17** : Récapitulatif des l'inventaire journalier des espèces capturées dans la localité de Zighoud Youcef à Constantine.

| Date       | <i>Phlebotomus perniciosus</i> | pp/m <sup>2</sup> | <i>Phlebotomus longicuspis</i> | Pl/m <sup>2</sup> | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> | pper/m <sup>2</sup> | <i>Sergentomyia minuta parroti</i> | sm/m <sup>2</sup> | total sp | Pièges récupérés | Phm/m <sup>2</sup> | pièges/m <sup>2</sup> |
|------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------|----------|------------------|--------------------|-----------------------|
| 26/04/2013 | 2                              | 4,17              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 2                                  | 4,17              | 8,17     | 12               | 8,33               | 0,48                  |
| 11/05/2013 | 2                              | 2,27              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 4                                  | 4,55              | 8,27     | 22               | 6,82               | 0,88                  |
| 08/06/2013 | 3                              | 4,17              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 6                                  | 8,33              | 13,17    | 18               | 12,50              | 0,72                  |
| 29/06/2013 | 1                              | 2,27              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 3                                  | 6,82              | 6,27     | 11               | 9,09               | 0,44                  |
| 13/07/2013 | 4                              | 4,35              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 4                                  | 4,35              | 12,35    | 23               | 8,70               | 0,92                  |
| 27/07/2013 | 3                              | 3,41              | 1                              | 1,14              | 0                             | 0                   | 2                                  | 2,27              | 10,55    | 22               | 6,82               | 0,88                  |
| 10/08/2013 | 2                              | 6,25              | 1                              | 3,13              | 0                             | 0                   | 3                                  | 9,38              | 15,38    | 8                | 18,75              | 0,32                  |
| 24/08/2013 | 2                              | 4,17              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 2                                  | 4,17              | 8,17     | 12               | 8,33               | 0,48                  |
| 07/09/2013 | 5                              | 17,86             | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 0                                  | 0                 | 22,86    | 7                | 17,86              | 0,28                  |
| 21/09/2013 | 1                              | 2,78              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 1                                  | 2,78              | 4,78     | 9                | 5,56               | 0,36                  |
| 05/10/2013 | 1                              | 1,47              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 2                                  | 2,94              | 4,47     | 17               | 4,41               | 0,68                  |
| 19/10/2013 | 3                              | 3,95              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 3                                  | 3,95              | 9,95     | 19               | 7,89               | 0,76                  |
| 05/04/2014 | 2                              | 3,33              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 1                                  | 1,67              | 6,33     | 15               | 5                  | 0,6                   |
| 19/04/2014 | 1                              | 0,96              | 0                              | 0                 | 2                             | 1,92                | 1                                  | 0,96              | 6,88     | 26               | 3,85               | 1,04                  |
| 03/05/2014 | 1                              | 3,57              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 1                                  | 3,57              | 5,57     | 7                | 7,14               | 0,28                  |
| 17/05/2014 | 3                              | 4,41              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 3                                  | 4,41              | 10,41    | 17               | 8,82               | 0,68                  |
| 07/06/2014 | 2                              | 5                 | 1                              | 2,5               | 0                             | 0                   | 3                                  | 7,5               | 13,5     | 10               | 15                 | 0,4                   |
| 21/06/2014 | 1                              | 1,14              | 2                              | 2,27              | 0                             | 0                   | 2                                  | 2,27              | 8,41     | 22               | 5,68               | 0,88                  |
| 05/07/2014 | 1                              | 3,125             | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 1                                  | 3,125             | 5,13     | 8                | 6,25               | 0,32                  |
| 19/07/2014 | 2                              | 1,72              | 2                              | 1,72              | 1                             | 0,86                | 5                                  | 4,31              | 14,31    | 29               | 8,62               | 1,16                  |
| 09/08/2014 | 1                              | 1,39              | 3                              | 4,17              | 1                             | 1,39                | 1                                  | 1,39              | 12,94    | 18               | 8,33               | 0,72                  |
| 23/08/2014 | 2                              | 2                 | 1                              | 1                 | 0                             | 0                   | 0                                  | 0                 | 6        | 25               | 3                  | 1                     |
| 06/09/2014 | 2                              | 3,85              | 2                              | 3,85              | 0                             | 0                   | 1                                  | 1,92              | 12,69    | 13               | 9,62               | 0,52                  |
| 20/09/2014 | 3                              | 3,95              | 4                              | 5,26              | 0                             | 0                   | 1                                  | 1,32              | 17,21    | 19               | 10,53              | 0,76                  |
| 04/10/2014 | 1                              | 5                 | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 1                                  | 5                 | 7        | 5                | 10                 | 0,2                   |
| 18/10/2014 | 1                              | 4,17              | 0                              | 0                 | 0                             | 0                   | 0                                  | 0                 | 5,17     | 6                | 4,17               | 0,24                  |

## Annexe V

**Tableau 18 : Récapitulatif de l'inventaire journalier des espèces capturées dans la localité de Beni H'midene à Constantine.**

| Date       | <i>Phlebotomus perniciosus</i> | pp/<br>m <sup>2</sup> | <i>Phlebotomus longicuspis</i> | pl/m <sup>2</sup> | <i>Phlebotomus papatasi</i> | ppa/<br>m <sup>2</sup> | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> | pper/<br>m <sup>2</sup> | <i>Sergentomyia minuta parroti</i> | sm/m <sup>2</sup> | total<br>sp | Pièges<br>récupérés | Ph/m <sup>2</sup> | piège/m <sup>2</sup> |
|------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| 26/04/2013 | 12                             | 12                    | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 13                                 | 13                | 37          | 25                  | 25                | 1                    |
| 11/05/2013 | 3                              | 9,38                  | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 8                                  | 25                | 20,38       | 8                   | 34,38             | 0,32                 |
| 08/06/2013 | 5                              | 7,81                  | 1                              | 1,56              | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 7                                  | 10,94             | 22,38       | 16                  | 20,31             | 0,64                 |
| 29/06/2013 | 2                              | 6,25                  | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 8                                  | 25                | 16,25       | 8                   | 31,25             | 0,32                 |
| 13/07/2013 | 8                              | 10,5<br>3             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 10                                 | 13,16             | 28,53       | 19                  | 23,68             | 0,76                 |
| 27/07/2013 | 13                             | 13,5<br>4             | 1                              | 1,04              | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 15                                 | 15,63             | 43,58       | 24                  | 30,21             | 0,96                 |
| 10/08/2013 | 6                              | 9,38                  | 1                              | 1,56              | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 10                                 | 15,63             | 27,94       | 16                  | 26,56             | 0,64                 |
| 24/08/2013 | 11                             | 19,6<br>4             | 1                              | 1,79              | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 10                                 | 17,86             | 43,43       | 14                  | 39,29             | 0,56                 |
| 07/09/2013 | 8                              | 12,5                  | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 5                                  | 7,81              | 25,5        | 16                  | 20,31             | 0,64                 |
| 21/09/2013 | 7                              | 25                    | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 8                                  | 28,57             | 40          | 7                   | 53,57             | 0,28                 |
| 05/10/2013 | 6                              | 6,82                  | 1                              | 1,14              | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 8                                  | 9,09              | 22,95       | 22                  | 17,05             | 0,88                 |
| 19/10/2013 | 8                              | 14,2<br>9             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 10                                 | 17,86             | 32,29       | 14                  | 32,14             | 0,56                 |
| 05/04/2014 | 4                              | 10                    | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 10                                 | 25                | 24          | 10                  | 35                | 0,4                  |
| 19/04/2014 | 5                              | 4,63                  | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 1                             | 0,93                    | 12                                 | 11,11             | 23,56       | 27                  | 16,67             | 1,08                 |
| 03/05/2014 | 4                              | 8,33                  | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 2                                  | 4,17              | 14,33       | 12                  | 12,5              | 0,48                 |
| 17/05/2014 | 5                              | 10,4<br>2             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 8                                  | 16,67             | 23,42       | 12                  | 27,08             | 0,48                 |
| 07/06/2014 | 5                              | 6,94                  | 2                              | 2,78              | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 14                                 | 19,44             | 30,72       | 18                  | 29,17             | 0,72                 |
| 21/06/2014 | 5                              | 6,94                  | 1                              | 1,39              | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 12                                 | 16,67             | 26,33       | 18                  | 25                | 0,72                 |
| 05/07/2014 | 9                              | 15                    | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 13                                 | 21,67             | 37          | 15                  | 36,67             | 0,6                  |
| 19/07/2014 | 13                             | 14,1<br>3             | 3                              | 3,26              | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 22                                 | 23,91             | 55,39       | 23                  | 41,30             | 0,92                 |
| 09/08/2014 | 9                              | 11,8<br>4             | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 1                             | 1,32                    | 10                                 | 13,16             | 33,16       | 19                  | 26,32             | 0,76                 |
| 23/08/2014 | 4                              | 5,56                  | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 6                                  | 8,33              | 15,56       | 18                  | 13,89             | 0,72                 |
| 06/09/2014 | 2                              | 3,13                  | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 0                             | 0                       | 5                                  | 7,81              | 10,13       | 16                  | 10,94             | 0,64                 |
| 20/09/2014 | 5                              | 7,35                  | 0                              | 0                 | 1                           | 1,47                   | 0                             | 0                       | 9                                  | 13,24             | 23,82       | 17                  | 22,06             | 0,68                 |
| 04/10/2014 | 3                              | 15                    | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 1                             | 5                       | 1                                  | 5                 | 25          | 5                   | 25                | 0,2                  |
| 18/10/2014 | 8                              | 50                    | 0                              | 0                 | 0                           | 0                      | 2                             | 12,5                    | 1                                  | 6,25              | 73,5        | 4                   | 68,75             | 0,16                 |



## Annexe VI

**Tableau 19** : Récapitulatif de l'inventaire journalier des espèces capturées dans la localité de Chaabet Erssae à Constantine.

| Date       | <i>Phlebotomus perniciosus</i> | pp/m <sup>2</sup> | <i>Phlebotomus longicuspis</i> | pl/m <sup>2</sup> | <i>Sergentomyia minuta parroti</i> | sm/m <sup>2</sup> | total sp | Pièges récupérés | Ph/m <sup>2</sup> | pièges/m <sup>2</sup> |
|------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|----------|------------------|-------------------|-----------------------|
| 26/04/2013 | 1                              | 1,14              | 0                              | 0                 | 7                                  | 7,95              | 9,14     | 22               | 9,09              | 0,88                  |
| 11/05/2013 | 1                              | 2,5               | 0                              | 0                 | 6                                  | 15                | 9,5      | 10               | 17,5              | 0,4                   |
| 08/06/2013 | 1                              | 1,79              | 0                              | 0                 | 5                                  | 8,93              | 7,79     | 14               | 10,7<br>1         | 0,56                  |
| 29/06/2013 | 1                              | 4,17              | 0                              | 0                 | 5                                  | 20,83             | 10,17    | 6                | 25                | 0,24                  |
| 13/07/2013 | 2                              | 4,17              | 0                              | 0                 | 8                                  | 16,67             | 14,17    | 12               | 20,8<br>3         | 0,48                  |
| 27/07/2013 | 1                              | 1,09              | 1                              | 1,09              | 10                                 | 10,87             | 14,17    | 23               | 13,0<br>4         | 0,92                  |
| 10/08/2013 | 1                              | 2,08              | 0                              | 0                 | 7                                  | 14,58             | 10,08    | 12               | 16,6<br>7         | 0,48                  |
| 24/08/2013 | 2                              | 8,33              | 0                              | 0                 | 6                                  | 25                | 16,33    | 6                | 33,3<br>3         | 0,24                  |
| 07/09/2013 | 1                              | 4,17              | 0                              | 0                 | 2                                  | 8,33              | 7,17     | 6                | 12,5              | 0,24                  |
| 21/09/2013 | 1                              | 2,78              | 0                              | 0                 | 3                                  | 8,33              | 6,78     | 9                | 11,1<br>1         | 0,36                  |
| 05/10/2013 | 0                              | 0                 | 0                              | 0                 | 3                                  | 9,38              | 3        | 8                | 9,38              | 0,32                  |
| 19/10/2013 | 2                              | 3,85              | 0                              | 0                 | 3                                  | 5,77              | 8,85     | 13               | 9,62              | 0,52                  |
| 05/04/2014 | 1                              | 4,17              | 0                              | 0                 | 3                                  | 12,5              | 8,17     | 6                | 16,6<br>7         | 0,24                  |
| 19/04/2014 | 1                              | 2,08              | 0                              | 0                 | 5                                  | 10,42             | 8,08     | 12               | 12,5              | 0,48                  |
| 03/05/2014 | 1                              | 6,25              | 0                              | 0                 | 2                                  | 12,5              | 9,25     | 4                | 18,7<br>5         | 0,16                  |
| 17/05/2014 | 1                              | 1,56              | 0                              | 0                 | 5                                  | 7,81              | 7,56     | 16               | 9,37<br>5         | 0,64                  |
| 07/06/2014 | 1                              | 2,5               | 0                              | 0                 | 7                                  | 17,5              | 10,5     | 10               | 20                | 0,4                   |
| 21/06/2014 | 1                              | 3,57              | 1                              | 3,57              | 9                                  | 32,14             | 18,143   | 7                | 39,2<br>9         | 0,28                  |
| 05/07/2014 | 1                              | 4,17              | 0                              | 0                 | 4                                  | 16,67             | 9,167    | 6                | 20,8<br>3         | 0,24                  |
| 19/07/2014 | 1                              | 2,08              | 0                              | 0                 | 6                                  | 12,5              | 9,083    | 12               | 14,5<br>8         | 0,48                  |
| 09/08/2014 | 1                              | 2,5               | 0                              | 0                 | 6                                  | 15                | 9,5      | 10               | 17,5              | 0,4                   |
| 23/08/2014 | 0                              | 0                 | 0                              | 0                 | 2                                  | 16,67             | 2        | 3                | 16,6<br>7         | 0,12                  |
| 06/09/2014 | 1                              | 2,08              | 0                              | 0                 | 2                                  | 4,17              | 5,08     | 12               | 6,25              | 0,48                  |
| 20/09/2014 | 2                              | 3,13              | 0                              | 0                 | 1                                  | 1,56              | 6,13     | 16               | 4,69              | 0,64                  |
| 04/10/2014 | 0                              | 0                 | 5                              | 12,5              | 34                                 | 85                | 51,5     | 10               | 97,5              | 0,4                   |
| 18/10/2014 | 0                              | 0                 | 4                              | 7,69              | 49                                 | 94,23             | 60,69    | 13               | 101,<br>92        | 0,52                  |

## Annexe VII

**Tableau 20** : Calcule des soies médianes (30 spécimens) pour le complexe *Phlebotomus perniciosus*- *Phlebotomus longicuspis*.

| <i>P.perniciosus</i> | <i>P.longicuspis</i> |
|----------------------|----------------------|
| 17                   | 20                   |
| 15                   | 19                   |
| 17                   | 18                   |
| 15                   | 20                   |
| 16                   | 18                   |
| 12                   | 19                   |
| 14                   | 22                   |
| 16                   | 24                   |
| 16                   | 26                   |
| 15                   | 21                   |
| 9                    | 22                   |
| 16                   | 27                   |
| 14                   | 20                   |
| 13                   | 25                   |
| 15                   | 24                   |
| 13                   | 26                   |
| 16                   | 27                   |
| 14                   | 23                   |
| 16                   | 21                   |
| 15                   | 26                   |
| 16                   | 24                   |
| 14                   | 22                   |
| 15                   | 29                   |
| 16                   | 26                   |
| 13                   | 19                   |
| 15                   | 22                   |
| 15                   | 28                   |
| 14                   | 27                   |
| 14                   | 20                   |
| 14                   | 23                   |

# Résumés

## 9. Résumés

Les Phlébotomes (Diptera, Psychodidae) sont les seuls vecteurs connus des protozoaires du genre *Leishmania* responsables des leishmanioses cutanées et viscérales. En Algérie, ces infections constituent un réel problème de santé publique et une surveillance de l'évolution de ces vecteurs reste nécessaire afin d'envisager des stratégies de lutttes adéquates. Le service de parasitologie du Centre Hospitalier Universitaire de Constantine (Algérie) nous a signalé plusieurs cas de leishmanioses dans les régions que nous avons prospectées. C'est dans cette optique, que nous avons mené une étude sur la biodiversité et la chorologie de la faune phlébotomienne dans la région de Constantine. Pour l'échantillonnage, nous avons adopté la technique des pièges adhésifs déposés dans diverses stations. Les résultats de l'étude morpho-taxonomique des phlébotomes collectés montrent la présence des deux genres de Phlébotomes: *Sergentomyia* et *Phlebotomus*. Les espèces identifiées sont au nombre de 5. Il s'agit de *Sergentomyia minuta parroti* RONDANI, 1843 (52,55%), *Phlebotomus perniciosus* NEWSTEAD, 1911 (42,33%), *Phlebotomus longicuspis* NITZULESCU 1930, (4,02%), *Phlebotomus perfiliewi* PARROT, 1930 (0,97%) et *Phlebotomus papatasi* SCOPOLI, 1786 (0,13%). Cet inventaire montre la présence de deux espèces du sous genre *Larroussius* (*P. perfiliewi* et *P. perniciosus*) vecteurs prouvés de *Leishmania infantum* responsable de la leishmaniose viscérale. Quant à l'espèce *P. papatasi* est vectrice de *Leishmania major* responsable de la leishmaniose cutanée.

## الملخص :

حشرة الفليبتوميا (ذوات الجناحين، فراشيات المظهر) هي الناقلات الوحيدة للبروتوزوا من جنس الليشمانيا المسؤلة عن داء الليشمانيا الجلدي و الحشوي. في الجزائر، هذه الإصابات هي مشكلة صحية عامة رئيسية ورصد تطور هذه النواقل لا تزال ضرورية للنظر في استراتيجيات مناسبة للتخلص من هذا الداء. أفادنا قسم الطفيليات في المركز الاستشفاءى الجامعي بقسنطينة (الجزائر) عن حدوث عدة حالات من داء الليشمانيات في المناطق التي قمنا بمسحها. استنادا الى هذه المعلومات، أجرينا دراسة حول التنوع البيولوجي وعلم الألفاظ لحشرات الفليبتوميان في منطقة قسنطينة. لأخذ العينات، اعتمدنا تقنية الفخاخ لاصقة المودعة في مختلف المحطات. وتشير نتائج الدراسة المورفولوجية والتصنيفية لهذه الحشرات و التي تعرف ايضا بذباب الرمل عن وجود نوعين من الاجناس: *Sergentomyia Phlebotomus* . الأنواع التي تم تحديدها في رقم 5. وهي كالاتي *perniciosus* RONDANI, 1843 (52,55%), *Phlebotomus Sergentomyia minuta parroti* NITZULESCU 1930, (4,02%), *longicuspis* NEWSTEAD, 1911 (42,33%), *Phlebotomus papatasi* PARROT, 1930 (0,97%) et *Phlebotomus perfiliewi* *Phlebotomus* الجرد وجود نوعين من جنس (*Larrousius (P. perfiliewiet P. perniciosus)* و هي ناقلات لداء الليشمانيات الحشوي. و ايضا *P. papatasi* هو الناقل الرئيسي المسؤول عن داء الليشمانيات الجلدي.

كلمات البحث: ذباب الرمل ، جرد ، قسنطينة ، داء الليشمانيات

## Summary:

Phlebotomine (Diptera, Psychodidae) are the only known vectors of *Leishmania* protozoa responsible for cutaneous and visceral leishmaniasis. In Algeria, these infections constitute a real public health problem and monitoring of the evolution of these vectors is still necessary in order to envisage appropriate strategies of struggle. The parasitology service of the University Hospital Center of Constantine (Algeria) has reported several cases of leishmaniasis in the areas we prospected. With this in mind, we conducted a study on the biodiversity and chorology of Phlebotomian fauna in the Constantine region. For sampling, we adopted the technique of adhesive traps deposited in various stations. The results of the morpho-taxonomic study of the sandflies collected show the presence of both types of sandflies: *Sergentomyia* and *Phlebotomus*. The number of the species identified is five. Those are *Sergentomyia minuta parroti* RONDANI, 1843 (52.55%), *Phlebotomus perniciosus* NEWSTEAD, 1911 (42.33%), *Phlebotomus ongicuspis* NITZULESCU, 1930 (4.02%), *Phlebotomus perfiliewi* PARROT, 1930 (0.97%) and *Phlebotomus papatasi* SCOPOLI, 1786 (0.13%). This inventory shows the presence of two species of subgenus *Larroussius* (*P. perfiliewi* and *P. perniciosus*) proven vectors of *Leishmania infantum* responsible for visceral leishmaniasis. *P. papatasi* is the *Leishmania major* vector responsible for cutaneous leishmaniasis.

**Key words :** Phlebotomine, inventory, Constantine, Leishmaniasis.



E-ISSN: 2320-7078

P-ISSN: 2349-6800

JEZS 2018; 6(2): 2820-2826

© 2018 JEZS

Received: 10-01-2018

Accepted: 11-02-2018

**Esma Ramdane**

Laboratoire de  
Biosystématique & Écologie des  
Arthropodes, Université des  
frères Mentouri, Constantine,  
Algérie

**Sélîma Berchi**

1) Laboratoire de  
Biosystématique & Écologie des  
Arthropodes, Université des  
frères Mentouri, Constantine,  
Algérie.  
2) École Nationale Supérieure de  
Biotechnologie, Constantine,  
Algérie

## Study on the distribution of phlebotomine (Diptera, Psychodidae) responsible for human leishmaniasis based on biotopein type from the region of Constantine, Algeria

**Esma Ramdane and Sélîma Berchi**

### Abstract

The present investigation took place in the region of Constantine in northeast of Algeria, during the period from April 2013 to October 2013 and from April 2014 to October 2014; she was conducted to study the biodiversity and chorology of Phlebotomian fauna in this region. For the sampling process, we adopted the technique of the adhesive traps deposited in various stations, where we explored internal biotopes (farms) and external ones (retaining walls). The results of the morpho-taxonomic study on the collected sand flies showed the presence of both types of sand flies: *Sergentomyia* and *Phlebotomus*. The identified species were 5 in the internal biotopes and 4 in the external biotopes. These are *Sergentomyia minuta parroti* Rondani 1843 (53.16%), *Phlebotomus perniciosus* Newstead 1911 (43.46%), *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu 1930 (2.84%), *Phlebotomus perfiliewi* Parrot 1930 (0.37%) and *Phlebotomus papatasi* Scopoli, 1786 (0.18%) identified in the internal biotopes. While in the external biotopes, the species identified were: *Sergentomyia minuta parroti* Rondani 1843 (51.01%), *Phlebotomus perniciosus* Newstead 1911 (39.60%), *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu 1930 (6.94%), *Phlebotomus perfiliewi* Parrot 1930 (2.46%). This inventory shows the presence of two species of subgenus *Larrousius* (*Phlebotomus perfiliewi* and *Phlebotomus perniciosus*); proven vectors of *Leishmania infantum* responsible for visceral leishmaniasis. The species *Phlebotomus papatasi*, vector of *Leishmania major* responsible for cutaneous leishmaniasis is also present.

**Keywords:** Phlebotomine, inventory, Constantine, Leishmaniasis

### Introduction

Leishmaniasis (an environmental disease) <sup>[1]</sup> is reported throughout the country <sup>[2]</sup>. Their known vectors are phlebotomines, which is also responsible for the transmission of certain diseases <sup>[3, 4]</sup>. Algeria is amongst the countries most affected by leishmaniasis, which turns out to be a real public health issue. The disease is endemic in three clinical forms: visceral leishmaniasis (VL), sporadic cutaneous leishmaniasis (SCL) found in the north and zoonotic cutaneous leishmaniasis (ZCL) <sup>[5]</sup>.

Visceral leishmaniasis (VL) is very abundant in the north of the country <sup>[6]</sup>. It is mostly present in the humid and sub-humid stage but is also found in the arid and semi-arid soils (M'sila, Batna, Biskra). However, the most affected areas are Jijel, Mila, Constantine, and Skikda. This lesion of visceral leishmaniasis is caused mainly by *Leishmania infantum* whose known source is the dog <sup>[7]</sup>, and the main vector is *Phlebotomus perniciosus* <sup>[8]</sup>.

Algeria is a fertile ground for the spread of two forms of cutaneous and visceral diseases due to its large rural population and its different bioclimatic stages; ranging from the Mediterranean climate in the North, sub-humid and semi-arid zones to the Saharan climate in the South <sup>[9, 10, 11]</sup>. To better understand the diversity of sand flies in the region of Constantine and to make a comparison between the biotopes (internal and external ones), the present study was intended to establish initially an inventory of Phlebotomine from the stations prospected in this study for a better appreciation of the information collected from the University Hospital of Constantine regarding the cases of visceral and cutaneous leishmaniasis.

## 2. Material and methods

### 2.1 The Study Area

The present entomological survey lasted 14 months during the period from April 2013 to October 2013 and from April 2014 to October 2014.

### Correspondence

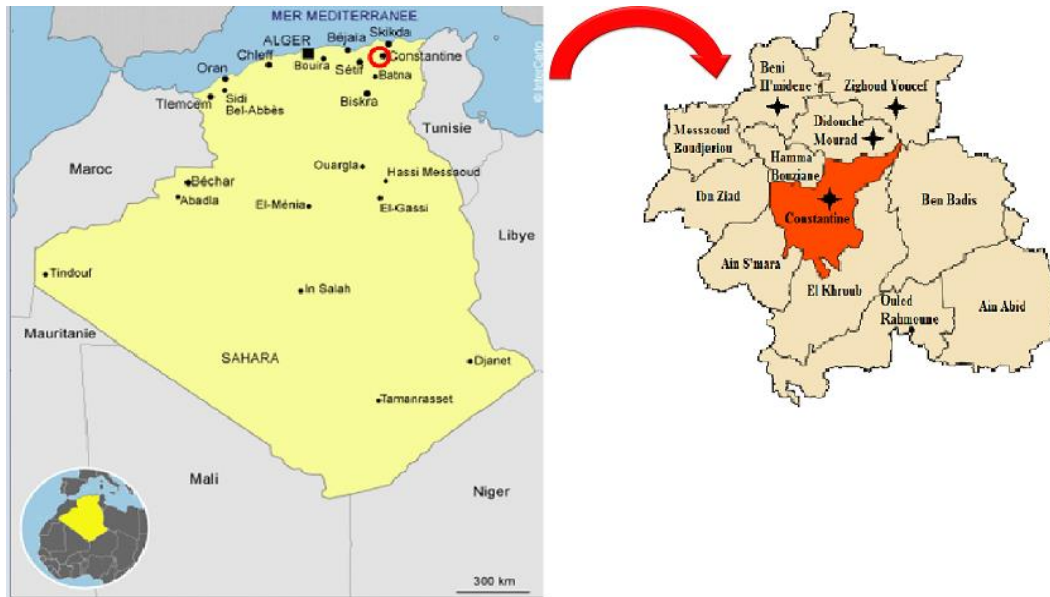
**Esma Ramdane**

Laboratoire de  
Biosystématique & Écologie des  
Arthropodes, Université des  
frères Mentouri, Constantine,  
Algérie

These periods correspond to the activity of sandflies. The sampling took place in Constantine located eastern Algeria (36° 36'N, 06° 62 E, 660 m). It covers an area of 2287 km<sup>2</sup> and extends over a rocky plateau at 649 meters above sea level. It is limited on the north by the state of Skikda, on the west by the state of Mila, on the east by the state of Guelma and on the south by the state of Oum-El-Bouaghi. The state of Constantine enjoys a Mediterranean climate and is subject to

a semi-arid climate with cool winters.

This study was carried out in four places located in the center and on the suburbs of the city of Constantine; these suburbs are Didouche Mourad (DM), Zighoud Youcef (ZY) and Beni H'midene (BH), located to the north of the city towards the state of Skikda, and Chaabet Erssas (CR) station located downtown. Seventeen sites were surveyed during the present investigation.



**Fig 1:** Location of the sampling sites.

Didouche Mourad (23° 62 'N 6° 38' E), is a municipality located to the North East of Constantine on a height of 498m and an area of 115, 70 Km<sup>2</sup>. Six biotopes are prospected in this locality; four internal biotopes are farms (DM1, DM2, DM3, DM6) which house domestic animals, surrounded by plants and waste water points, and two external biotopes as isolated retaining walls (DM2, DM5) located along the roadside.

Zighoud Youcef (36° 3'N 6° 42' E) is a Municipality located 20 km north eastern the chief town of the state. It is built on an altitude of 560 meters. Five biotopes are prospected in this locality. Three biotopes of them are external biotopes in the form of retaining walls alongside the road (ZY1, ZY2, ZY5). They are surrounded by vegetation, homes, and water points. There are also two internal biotopes which are farms located on the heights of Zighoud Youcef (ZY3, ZY4) near the houses. These farms are home to cattle and sheep farms, and a strong presence of guard dogs.

Beni H'midene (36° 30'N 6° 32' E) is a municipality located to the north-west of Constantine ranging over an altitude of 450 m. Five biotopes are explored in this locality, namely four internal biotopes represented by farms built of stone (BH1, BH3, BH4, BH5). They are located near homes and domestic animals and an external biotope represented by a retaining wall (BH2) isolated on the heights of the locality.

Chaabet Erssas (36° 17 ' 6° 37' E) is located downtown Constantine, on an altitude of 649 m. Only one outer shelter has been prospected; it is a retaining wall (CR) located near the university campus. The presence of intense vegetation and stray dogs is reported.

The traps were established identically for the three stations of Didouche Mourad, Zighoud Youcef, and Beni H'midene inside the farms and between the interstices of the retaining walls. For Chaabet Erssas station the traps were deposited in the interstices of the retaining wall only.

## 2.2 Acquisition of biological data

The adhesive trap technique [12], known since the work of epidemiologists [13] has been used in this prospection. This method is probably best suited to the qualitative and quantitative inventory of sand flies in the Mediterranean region [3, 14]. The adhesive trap known to be non-selective consists of a paper with particular surface (20 cm × 20 cm) soaked with castor oil. These traps are rolled in cones and placed vertically in the eventual biotopes of sand flies [15]. The biotopes are most often represented by the interstices of the retaining walls, the cracks of the stone walls and the interior walls of the stables sheltering domestic animals (sheep, cattle, chickens, and dogs).

In order to compare the densities of the sand flies between the sites surveyed in the stations, we proceeded to the regular collection of all the information about the trapping sites (altitude, orientation, temperature, and hygrometry). The used traps are recovered after two days in hot weather, and after a week in cooler weather.

A total of 26 visits, with an average of two visits per month have been done. The traps were set at a rate of 30/station, i.e. 1.2 m<sup>2</sup> of paper surface per station and 4.8 m<sup>2</sup> per visit. A total of 124.8 m<sup>2</sup> of paper surface was deposited. In the laboratory, samples of Phlebotomines are collected with a brush soaked in ethyl alcohol at 70° to take off the samples of the oil-soaked paper without damaging them. The collected sand flies are placed in 10% potassium hydroxide for 4 to 8 hours to lighten them. Then they are rinsed with distilled water in 6 successive baths before placing them in Marc-Andre's liquid for 1 hour. Several successive 20-minute baths of alcohol at 70°, 90°, 95° and 100° respectively are then required to remove debris.

Using a binocular loupe, the dehydrated samples are mounted between slide and coverslip in a drop of Canada balsam diluted in xylene. For the mounting technique, the sand flies



are placed in lateral position, the head separated from the rest of the body. The head must be ventral facing in the upper position for the genus *Sergentomyia*, and in the lower position for the genus *Phlebotomus*. This position makes the observation of the cibarial and pharyngeal armatures easier. The legs are carefully spread on the ventral side and the wings on the dorsal side. The genital armatures in male and female individuals must be correctly oriented in order to highlight the elements of the diagnosis.

For identification, we focused on the determination keys of sand flies of Algeria [9, 3], whose main criteria are the forms of the pharynx, the cibariales teeth, the spermathecae as well as the male genital armatures such as edeage, coxite, and style.

## 2.3 Data Processing

### 2.3.1 Structural and Organizational Parameters of the Identified Populations and Stands of Phlebotominae

For the exploitation of the obtained results, the characteristics of phlebotomine fauna by ecological indices have been determined. These aspects allow to know the quality of sampling, the efficiency of the trapping method and also to estimate the abundance and the dispersion of the species. The comparison of the composition of the phlebotomy populations between the biotopes in the studied stations is also discussed.

- Total wealth: corresponds to the total number of the studied population.
- Species Wealth: number of species in the stand [16].
- The relative frequency (RF) or relative abundance: percentage of individuals of a species (ni) in relation to the total number of identified individuals (N) of a

population [17].

### 2.3.2 Statistical analysis

Correspondence Factor Analysis (CFA) is a method that allows studying the association between two qualitative variables. This method is based on inertia. The purpose of Correspondence Factor Analysis is to represent a maximum of the total inertia on the first factorial axis, a maximum of the residual inertia on the second axis, and so on until the last dimension. The number of dimensions of the representation space appears to be less than or equal to  $\min(m_1, m_2) - 1$ . Charts constitute the ultimate goal of Correspondence Factor Analysis, because they allow a much faster interpretation of the results. The principle of these methods is to leave without prior assumption on the data and to describe them by analyzing the hierarchy of the information present in the data. To do so, the factor analyzes study the inertia of the scatter plot having for coordinates the values present on the rows of the data table.

## 3. Results

### 3.1 Faunistic Inventory of Sand flies

During the present study, we chose to explore two types of Phlebotomines lodgings: internal ones represented by farms containing domestic animals and located not far from dwellings, and external ones represented by roadside retaining walls, often surrounded by vegetation and water sources. Table 1 represents a summary of the abundance of species encountered in every prospected biotope.

**Table 1:** Summary of the species abundance by study lodging.

| Biotope | Species | Kind of biotope | <i>Phlebotomus perniciosus</i> | <i>Phlebotomus longicuspis</i> | <i>Phlebotomus papatasi</i> | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> | <i>Sergentomyia minuta parroti</i> |
|---------|---------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| DM1     |         | internal        | 3                              | 0                              | 0                           | 0                             | 7                                  |
| DM2     |         | external        | 13                             | 2                              | 0                           | 2                             | 41                                 |
| DM3     |         | internal        | 120                            | 2                              | 0                           | 0                             | 180                                |
| DM4     |         | internal        | 62                             | 7                              | 0                           | 2                             | 119                                |
| DM5     |         | external        | 100                            | 17                             | 0                           | 6                             | 34                                 |
| DM6     |         | internal        | 104                            | 4                              | 1                           | 0                             | 11                                 |
| ZY1     |         | external        | 7                              | 2                              | 0                           | 2                             | 9                                  |
| ZY2     |         | external        | 13                             | 3                              | 0                           | 0                             | 3                                  |
| ZY3     |         | internal        | 2                              | 2                              | 0                           | 0                             | 29                                 |
| ZY4     |         | internal        | 14                             | 5                              | 0                           | 0                             | 8                                  |
| ZY5     |         | external        | 16                             | 5                              | 0                           | 1                             | 4                                  |
| BH1     |         | internal        | 1                              | 0                              | 0                           | 1                             | 73                                 |
| BH2     |         | external        | 0                              | 0                              | 0                           | 0                             | 11                                 |
| BH3     |         | internal        | 44                             | 5                              | 1                           | 0                             | 42                                 |
| BH4     |         | internal        | 56                             | 3                              | 0                           | 0                             | 56                                 |
| BH5     |         | internal        | 69                             | 3                              | 0                           | 1                             | 56                                 |
| CR      |         | external        | 28                             | 2                              | 0                           | 0                             | 126                                |

DM : Didouche Mourad, ZY : Zighoud Youcef, BH : Beni H'miden, CR : Chaabet Erssas.

### 3.2 Species wealth

The results of the morphotaxonomic study on the 1540 harvested sand flies in the two types of internal and external biotopes showed the presence of two genera: *Sergentomyia* and *Phlebotomus*. In the internal biotope the genus *Sergentomyia* represents 52.16%, while the genus *Phlebotomus* represents 46.84% of the total harvests. 5 species have been identified in this type of biotope: *Sergentomyia minuta parroti* with a rate of 53.16% followed by *Phlebotomus perniciosus* with a rate of 43.46%, the dominance of these two species showed that others species were less abundant with *Phlebotomus longicuspis* (2.84%), *Phlebotomus perfiliewi* (0.37%), and *Phlebotomus papatasi*

(0.16%).

In the external biotope, the genus *Sergentomyia* represents 51.01%, and the genus *Phlebotomus* represents 48.99% of the total harvests. In contrast to the first type of biotopes, only 4 species were found: *Sergentomyia minuta parroti* with 51.01%, *Phlebotomus perniciosus* with 39.60%, the other two species are present with low values *Phlebotomus longicuspis* (6.94%), and *Phlebotomus perfiliewi* (2.46%) while the species *Phlebotomus Papatasi* is completely absent.

Figures 2 and 3, illustrate the relative frequencies of the species encountered in the two types of biotopes studied internally and externally.

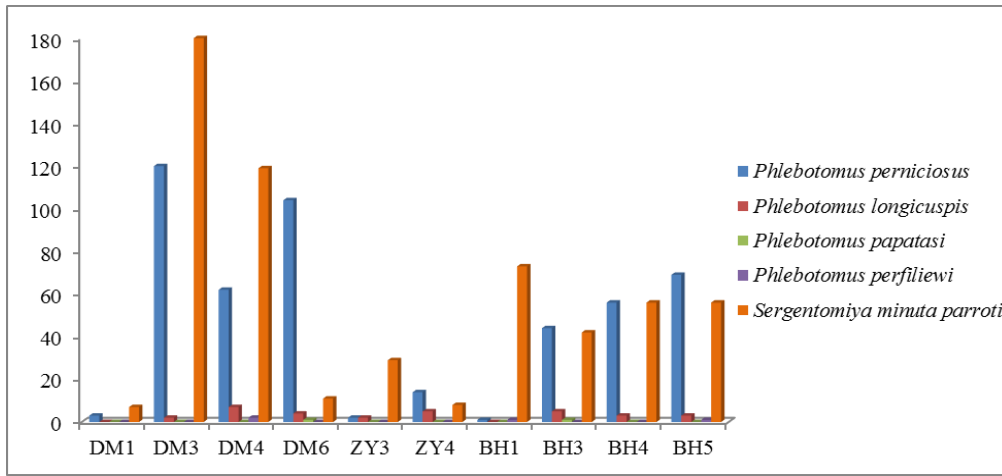


Fig 2: Species wealth of the studied internal biotopes.

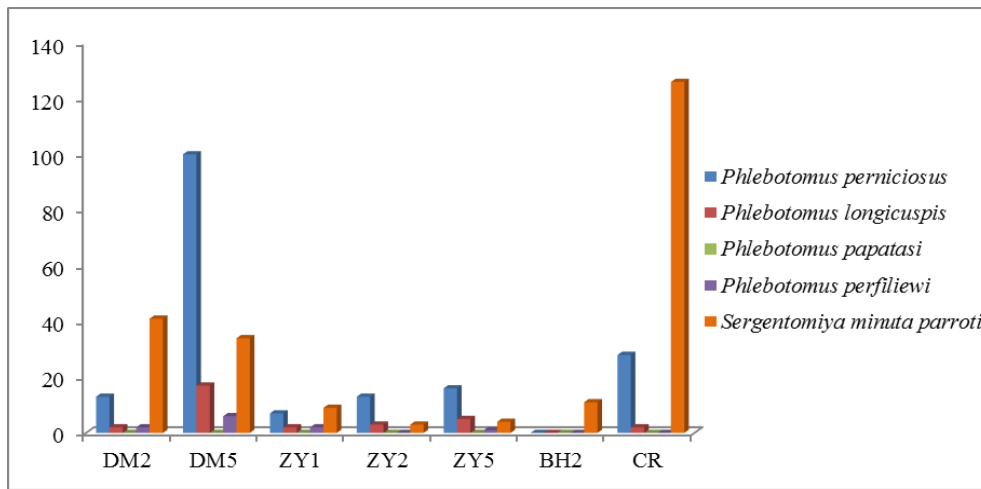


Fig 3: species wealth of the studied external biotopes.

### 3.3 Correspondence Factor Analysis (CFA)

The data set corresponds to a matrix of 56 samplings and 5 species that had been subject to a correspondence factor analysis (CFA), with the aim of highlighting different assemblages of sand flies as well as the special species of each assemblage. The CFA provides 76.59%, 16.61%, and 4.88% respectively of the cloud inertia for the three factorial axes.

These results indicated the predominant influence of the nature of surveyed biotopes (internal biotope, external biotope) on the Phlebotominae fauna. The interpretation of the principal axes (biotopes) can be performed indirectly according to the species with a strong relative contribution to the eigenvalues of each axis. Given their nature and their chorology the examination of the factorial maps related to the axes 1-3 (Fig. 4) leads to discriminate 5 assemblages well separated from each other.

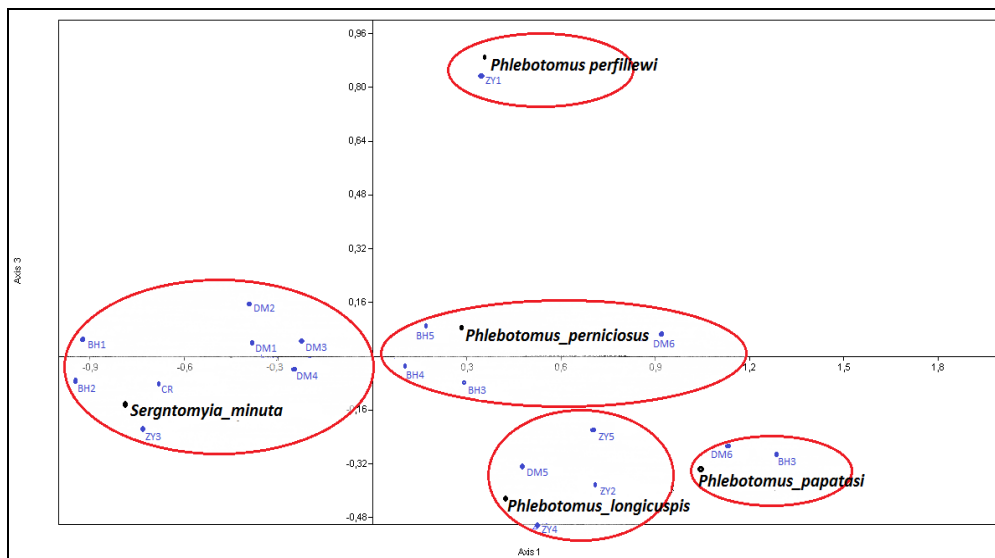


Fig 4: Presentation of the species in the F1-F3 plane of the Correspondence Factorial Analysis

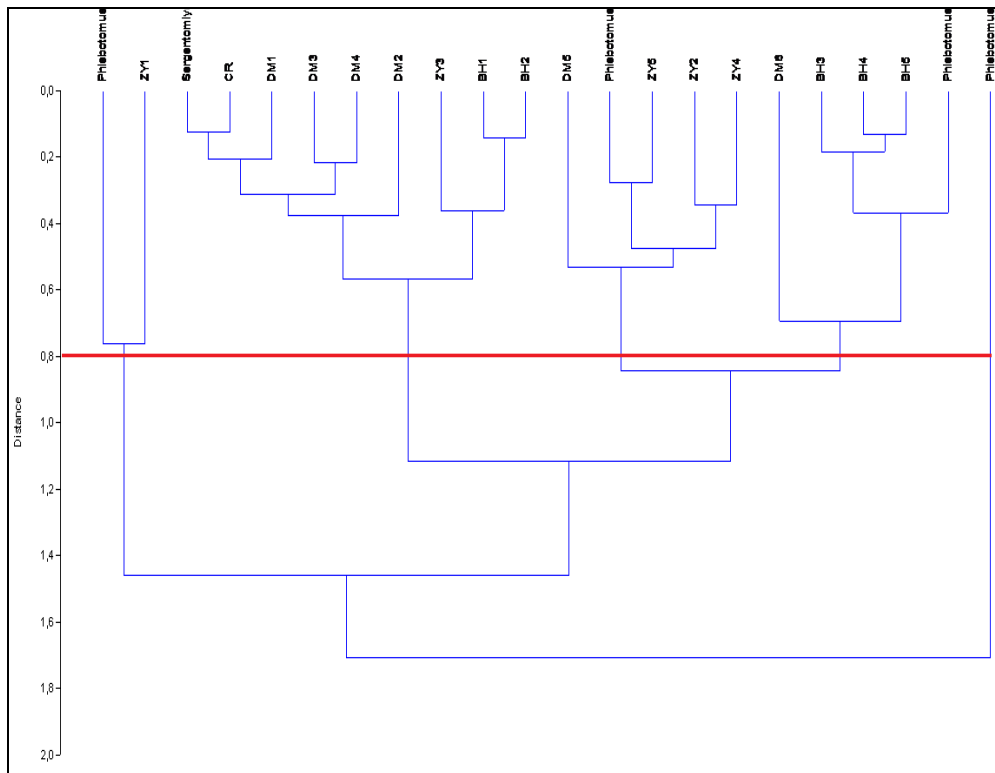
### 3.3.1 Ascending Hierarchical Clustering (AHC)

The contribution of the assemblages was largely facilitated by the ascending hierarchical clustering calculated from the Euclidean distances between the species and the records according to the first 3 scores of the AFC (Fig. 5).

The hierarchical clustering leads to describe the total number of assemblies that was 5, and their composition which comes

as follows:

1. ZY1- *Phlebotomus perfiliewi*
2. DM5, ZY5, ZY2, ZY4- *Phlebotomus longicuspis*
3. DM6, BH3, BH4, BH5- *Phlebotomus perniciosus*
4. CR, DM1, DM3, DM4, DM2, ZY3, BH1, BH2- *Sergentomyia minuta parroti*
5. DM6, BH3- *Phlebotomus papatasi*



**Fig 5:** Representation of the ascending hierarchical clustering (AHC) of phlebotominae assemblages.

## 4. Discussion

During the present investigations, 1540 sandflies were captured in the period from April 2013 to October 2013 and from April 2014 to October 2014. These periods correspond to the activity of adult sandflies in temperate zones [18]. This population of sandflies is characterized by low species wealth. In fact, 5 of the 23 species of sand flies known in Algeria [10] have been surveyed. This low species wealth is already reported in Constantine by [19], in urban areas and [20]; the authors report the presence of 4 and 6 species respectively. In the region of Mila, [21] reports the presence of 4 species, while in the region of Skikda, [22] reports the presence of 5 species. It is noteworthy that the absence of certain species is explained by the fact that the traps have not been placed in their natural habitats [23] on the one hand and that species are subject to bioclimatic stages other than those in this study on the other hand [24].

This study reveals the presence of the two genera of *Phlebotominae* known in Algeria: *Sergentomyia* and *Phlebotomus*, in both types of internal and external biotopes. It also reveals the presence of 5 species in the internal biotopes: *Sergentomyia minuta parroti* (53.16%), *Phlebotomus perniciosus* (43.46%), *Phlebotomus longicuspis* (2.84%), *Phlebotomus perfiliewi* (0.37%) and *Phlebotomus papatasi* (0.18%). In the external biotopes, four species exist: *Sergentomyia minuta parroti* (51.01%), *Phlebotomus perniciosus* (39.60%), *Phlebotomus longicuspis* (6.94%), *Phlebotomus perfiliewi* (2.46%). The present study revealed the absence of the species *Phlebotomus papatasi* in this type of biotopes.

The species *Phlebotomus perniciosus* characterizes, particularly, eastern Algeria, but is found in all bioclimatic stages with a relatively high frequency in humid areas [15]. *Phlebotomus perniciosus* is considered to be the known vector of human visceral leishmaniasis due to *leishmania infantum*. In the Mediterranean basin, this species stings both humans and dogs [25]. For the genus *Phlebotomus* the species *Phlebotomus perniciosus* is the most abundant in both types of internal and external biotopes with respective rates of 43.46% and 39.60%. This same finding is reported by [26]. These authors report 77% of the total catches making it the best represented species of the studied population. This result also reveals a slight increase in the abundance rate of this species in the internal biotopes; this is mainly due to its endophilic and anthrozoophilic nature [27]. But its presence in almost all of our prospected biotopes (stables, houses, and retaining walls) leads us to suppose an exophilic character of the species *Phlebotomus perniciosus*.

*Phlebotomus longicuspis* is reported in the Algerian Tell [25], on the Saharan stage [15] but more particularly on the highlands in the arid and per arid stages, in addition to rural and wild areas [9]. *Phlebotomus longicuspis* is the second species surveyed in the genus *Phlebotomus* with close values in the internal biotopes (2.84%) and the external ones (6.94%). In spite of its endophilic character, one can speak of a preference for the external biotopes as well.

*Phlebotomus perfiliewi* is a species absent in arid zones [7, 15], but well present in semi-arid bioclimatic stages [28], and especially in Constantine where it reaches its maximum development threshold in August [19]. This species is present

in both types of biotopes during our investigation, but it is 2.46% more abundant in the internal biotopes compared to the external ones 0.37%. The same findings were revealed during the investigations conducted by <sup>[19]</sup> inside an urban apartment. The obtained results reveal a very high rate of 75.7% of *Phlebotomus perfiliewi*. The same thing applies to CDC catches taken inside the stables by <sup>[22]</sup> who reported 57.69% of *Phlebotomus perfiliewi*. Similarly, the endophilic character of this species confirmed to be more abundant inside than outside <sup>[22]</sup>.

*Phlebotomus papatasi* is the known vector of zoonotic cutaneous leishmaniasis due to *leishmania major* <sup>[29, 30]</sup> and is particularly abundant throughout the north Saharan steppe <sup>[9]</sup>. This exceptional presence can be explained by the movement of sandfly populations and ecological changes <sup>[31]</sup>. In this study *Phlebotomus papatasi* species was only found in the internal biotopes with a low rate of 0.18%. It is also noteworthy that the external biotopes do not provide a favorable environment for the development of this anthropophilic and endophilic species <sup>[32]</sup>. Results reported by <sup>[22]</sup> with 0.04% of catches, <sup>[33]</sup> with 0.04% of catches also and <sup>[20]</sup> with 2.2% of catches, confirm the rarity of *Phlebotomus papatasi* on the semi-arid floor and even exceptionally in the sub-humid stage <sup>[34]</sup>.

*Sergentomyia minuta parroti*, known to be the most abundant sandfly in Algeria <sup>[32]</sup>, colonizing the most varied biotopes <sup>[35]</sup>. With high densities at sub-humid and humid stages <sup>[36, 37]</sup>, it is the most frequently encountered species in this investigation, whether in the internal or external biotopes with respective rates of 43.46% and 39.60% <sup>[22]</sup>, with a density of (69.82%) of the species *Sergentomyia minuta parroti* on the wet floor. According to <sup>[9]</sup>, these results can be explained by the fact that *Sergentomyia minuta parroti* is widely distributed in both urban and wilderness areas. Based on these findings, an endophilic and exophilic character of this species can be assumed.

In conclusion, it has been found that the characters of endophilia and exophilia play a very important role in the distribution of sandfly species of phlebotominae, but more biotopes should be explored to confirm this hypothesis.

## 5. Acknowledgement

Authors would like to Mrs. Sélina BERCHI for her invaluable help and her daily availability. Author are indebted to staff of the Laboratory of Biosystematics and Ecology of Arthropods for all the materials provided.

## 6. References

- Ashford RW. The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *Int. J Parasitol.* 2000; 30:1269-1281.
- Berchi S, Bounamous A, Louadi K, Pesson B. Différenciation morphologique de deux espèces sympatriques : *Phlebotomus perniciosus* Newstead 1911 et *P. longicuspis* Nitzulescu 1930 (Diptera: Psychodidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 2007 ; 43 :201-203.
- Abonnenc E. Les phlébotomes de la région Ethiopienne (Diptera : Psychodidae). *Mem; O.R .S. T. O. M, Ser. Ent. Med. Parasitol.* 1972, 289.
- Killick Kendrick R. Phlebotomine vectors of leishmaniasis: Review. *Med. Vet. Entomol.* 1990; 4:1-24.
- Harrat Z, Belkaid M. Co-infection Leishmaniose viscérale -Sida en Algérie. *Algérie Santé-7.* 2002, 37-38.
- Belazzoug S. La leishmaniose en Algérie à travers l'identification isoenzymatique des souches. *Coll. Inter.*

*Tax. Phy. des Leishmania*, Montpellier. 1984, 397-400.

- Bellazoug S. Les leishmanioses en Algérie. A propos de l'identification enzymatique de 32 souches d'origine humaine et animale. In: *Leishmania*. Taxonomie et phylogénèse. (Coll.int. CNRS/INSERM, 1984). Ed by Rioux J.A. Montpellier.: IMEEE, 1986, 1986b, 397-400.
- Izri MA, Belazzoug S, Boudjebba Y, Dereure J, Pratloug F, Delalbre-Belmonte A *et al.* *Leishmania infantum* MON-1 isole de *Phlebotomus perniciosus*, en Kabylie (Algérie). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 1990 ; 65:151-152.
- Dedet JP, Addadi K, Belazzoug S. Les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) d'Algérie. *Cah. O.R.S.T.O. rVf., SbrEnt. Méd. et Parasitol.*, n° 2. 1984; XXII:99-127.
- Belazzoug S. The sand flies of Algeria. *Parasitologia* (Suppl). 1991 ; 33:85-87.
- Izri MA, Marty P, Fauran P, Le Fichoux Y, Rousset J. *Phlebotomus perfiliewi* Parrot, 1930 (Diptera: Psychodidae) dans le Sud-Est de la France. *Parasite.* 1994 ; 1:286.
- Rioux JA, Croset H, Juminer B. Présence en Tunisie de *Phlebotomus alexandri* (Sinton, 1928) *Sergentomyia clydei* (Sinton, 1928) et *Sergentomyia dryfussi* (Parrot, 1933). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 1969; 44:825-826.
- Croset H, Rioux JA, Léger N, Houin R, Cadi-Soussi M, Benmansour N *et al.* Les méthodes d'échantillonnages des populations de phlébotomes en région méditerranéenne. *Coll. Inter. C.N.R.S., 239 Ecologie des leishmanioses.* 1977, 139-151.
- Madulo- Leblond. Les Phlébotomes (Diptera: Phlebotomidae) des Iles Ioniennes. *Th. Doc., ES-Sc. Pharm. Univ. Reims. Fac. Pharm,* 1983, 218.
- Berchi S. Les phlébotomes (Insecta, Diptera, Psychodidae), vecteurs de leishmanioses dans l'Est algérien. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 1993; 118(3):341-349.
- Ba Y, Trouillet J, Thonnon J, Fontenille D. Phlébotomes du Sénégal (Diptera: Psychodidae): peuplement et dynamique dépopulations de la région de Mont-Rolland. *Parasite.* 1998 ; 5:143-150.
- Dajoz R. *Précis d'écologie* Ed. Bordas Paris. 1982, 483.
- Rioux JA, Golvan YJ, Croset H, Houin R, Juminer B, Bain O *et al.* Ecologie des leishmanioses dans le Sud de France. Echantillonnage. *Ethologie. Ann, Paras. Humm. Comp.* 1967; 42:561-603.
- Moulaheem T, Fendri A, Harrat Z, Benmezdad A, Aissaoui K, Ahraou S *et al.* Contribution à l'étude des phlébotomes de Constantine: espèces capturées dans un Appartement urbain. *Courte note N° 1952. Entomologie médicale,* 1998.
- Frahtia- Benothmane K. Détection moléculaire des leishmanies à partir du genre *phlebotomus* (Diptera: Psychodidae): tendance vers la régression de la leishmaniose à Constantine. *Thèse de Doctorat. Université de Constantine* 2015 ; 1 :141.
- Messai N, Berchi S, Bouleknafet F, Louadi K. Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology* 2011, 2010, 2005; 63(3):203-206.
- Boulkenafet F. Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera : Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera : Culicidae) dans la région de Skikda. *Mémoire de Magister. Université de Constantine, Algérie.* 2006, 191.
- Croset H, Rioux JA, Maistre M, Bayar N. Les

- phlébotomes de Tunisie (Diptera, Phlebotomidae) Mise au point systématique, chorologique et éthologique. Ann. Parasitol. (Paris). 1978, 53(6):711-749.
24. Bounamous A, Boudabous R, Jouet D, Augot D, Ferté H, Babba H *et al.* Caractérisation moléculaire et morphologique de deux espèces affines de *Paraphlebotomus*: *phlebotomus chabaudi* Croset, Abonnenc & Rioux, 1970 et *P. riouxi* Depaqui, Killck-Kendrick & Leger, 1998 (Diptera, Psychodidae). Parasite. 2008; 15:565-57.
  25. Parrot L. Notes sur les phlébotomes, XX- Sur *Phlebotomus langeronivar. Longicuspis* Nitzulescu, 1930. Arch. Inst. Past. Alger. 1936; 14:137-143.
  26. Berdjane-Brouk Z, Charrel RN, Hamrioui B, Izri A. First detection of *Leishmania infantum* DNA in *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu, 1930 from visceral leishmaniasis endemic focus in Algeria. Parasitol. Res. 2012b; 111:419-422.
  27. Rossi E, Bongiorno G, Ciolli E, Di Muccio T, Scalone A, Gramiccia M *et al.* Seasonal phenology, host-bloodfeeding preferences and natural *Leishmania* infection of *Phlebotomus perniciosus* (Diptera, Psychodidae) in a high-endemic focus of canine leishmaniasis in Rome province, Italy. Acta Trop. 2008; 105:158-165.
  28. Russo J, Rioux JA, Lambert M, Rispal P, Belmonte A, Berchi S. Chorologie des phlébotomes de l'Est Algérien (Diptera: Psychodidae). Ann. Parasitol. Hum. Comp. 1991 ; 66:247-251.
  29. Depaquit J, Leger N, Ferté H, Rioux JA, Gantier JC, Michaelides A, Economides P. Les Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) de l'Ile de Chypre. III- Inventaire faunistique. Parasite. 2001; 8:11-20.
  30. Hanafi H, Fryauff DJ, Govind BM, Ibrahim MO, Main AJ. Bionomics of phlebotomines and flies at a peacekeeping duty site in the North of Sinai, Egypt. Acta Tropica. 2007; 101:106-114.
  31. Boudrissa A, Cherif K, Kherrachi I, Benbetka S, Bouiba L, Boubidi SC *et al.* Extension de *Leishmania major* au Nord de l'Algérie. Bull. Soc. Pathol. Exot. 2012; 105:30-35. DOI 10.1007/s13149-011-0199-4.
  32. Belazzoug S, Mahzoul D, Addadi K, Dedet JP. *Sergentomyia minuta* parroti (Adler et Theodor, 1927) en Algérie (Diptera: Psychodidae). Annales de Parasitologie Humaine et Comparée. 1982b; 57:621-630.
  33. Bounamous A. Biosystématique et caractérisation par la biologie moléculaire des phlébotomes de l'Est algérien. Thèse de Doctorat. Université de Constantine, 2010, 304.
  34. Ghosh KN, Mukhopadhyay JM, Guzman H, Tesh RB, Munsterman LE. Interspecific hybridization and genetic variability of *Phlebotomus* sand Flies. Med. Vet. Entomol. 1999; 13:78- 88.
  35. Rioux JA, Croset H, Léger N. Présence en Espagne de *Phlebotomus alixandri* Sinton, 1928 (Diptera, Psychodidae). Ann. Parasitol. Hum. Comp. 1974a; 49:126-128.
  36. Croset H. Ecologie et systématique des *Phlebotomus* (Diptera : Psychodidae) dans deux foyers français et tunisiens de leishmaniose viscérale. Essai d'interprétation épidémiologique. Thèse Sciences Montpellier. 1969, 516.
  37. Boussaa S, Pesson B, Boumezzough A. Phlebotomines and flies (Diptera: Psychodidae) of Marrakech city, Morocco. Ann. Trop. Med. Parasitol. 2007; 1018:715-24.

|             |      |                 |                            |
|-------------|------|-----------------|----------------------------|
| Entomofauna | 39/2 | Heft 4: 537-555 | Ansfelden, 31. August 2018 |
|-------------|------|-----------------|----------------------------|

## **Les phlébotomes (Diptera, Pshycodidae), vecteurs d'agents pathogènes responsables de la leishmaniose humaine dans la région de Constantine (Algérie)**

**Esma RAMDANE, Sélima BERCHI & Kamel LOUADI**

### **Abstract**

Phlebotomine (Diptera, Psychodidae) are the only known vectors of *Leishmania* protozoa responsible for cutaneous and visceral leishmaniasis. In Algeria, these infections constitute a real public health problem and monitoring of the evolution of these vectors is still necessary in order to envisage appropriate strategies of struggle. The parasitology service of the University Hospital Center of Constantine (Algeria) has reported several cases of leishmaniasis in the areas we surveyed. With this in mind, we conducted a study on the biodiversity and chorology of Phlebotomian fauna in the Constantine region. For sampling, we adopted the technique of adhesive traps deposited in various stations. The results of the morpho-taxonomic study of the sandflies collected show the presence of both types of sandflies: *Sergentomyia* and *Phlebotomus*. The species identified are five in number. They are *Sergentomyia minuta parroti* RONDANI, 1843 (52.55%), *Phlebotomus perniciosus* NEWSTEAD, 1911 (42.33%), *Phlebotomus longicuspis* NITZULESCU, 1930 (4.02%), *Phlebotomus perfiliewi* PARROT, 1930 (0.97%) and *Phlebotomus papatasi* SCOPOLI, 1786 (0.13%). This inventory shows the presence of two species of subgenus *Larroussius* (*P. perfiliewi* and *P. perniciosus*) proven vectors of *Leishmania infantum* responsible for visceral leishmaniasis. *P. papatasi* is the *Leishmania major* vector responsible for cutaneous leishmaniasis.

**K e y w o r d s :** Phlebotomine, inventory, Constantine, Leishmaniasis.

### **Zusammenfassung**

Phlebotomine (Diptera, Psychodidae) sind die einzigen bekannten Vektoren von *Leishmania*-Protozoen, die für die kutane und viszerale Leishmaniose verantwortlich zeichnen. In Algerien stellen diese Infektionen ein echtes Problem für die öffentliche Gesundheit dar und es ist weiterhin notwendig, die Entwicklung dieser Vektoren zu überwachen, um geeignete Gegenstrategien in Betracht zu ziehen. Der Parasitologiedienst des Universitätsklinikums Constantine (Algerien) hat in den von uns untersuchten Gebieten mehrere Fälle von Leishmaniose gemeldet. Vor diesem Hintergrund haben wir eine Studie über die Artenvielfalt und die Chorologie der Phlebotominen-Fauna in der Region Constantine durchgeführt. Für die Probenahme haben wir die

Technique der Klebefallen in verschiedenen Stationen übernommen. Die Ergebnisse der morphotaxonomischen Untersuchung der gesammelten Arten zeigen das Vorhandensein beider Gattungen von Sandfliegen: *Sergentomyia* und *Phlebotomus*. Es konnten die fünf Arten *Sergentomyia minuta parroti* RONDANI, 1843 (52,55%), *Phlebotomus perniciosus* NEWSTEAD, 1911 (42,33%), *Phlebotomus longicuspis* NITZULESCU, 1930 (4,02%), *Phlebotomus perfiliewi* PARROT, 1930 (0,97%) und *Phlebotomus papatasi* SCOPOLI, 1786 (0,13 %) identifiziert werden. Die Zusammensetzung zeigt das Vorhandensein von zwei Arten der Untergattung *Larroussius* (*P. perfiliewi* und *P. perniciosus*), die als Vektoren von *Leishmania infantum* für die viszerale Leishmaniose verantwortlich sind. *P. papatasi* ist der Hauptvektor von *Leishmania*, der für die kutane Leishmaniose verantwortlich ist.

## Résumé

Les Phlébotomes (Diptera, Psychodidae) sont les seuls vecteurs connus des protozoaires du genre *Leishmania* responsable des leishmanioses cutanées et viscérales. En Algérie, ces infections constituent un réel problème de santé publique et une surveillance de l'évolution de ces vecteurs reste nécessaire afin d'envisager des stratégies de lutttes adéquates. Le service de parasitologie du Centre Hospitalier Universitaire de Constantine (Algérie) nous a signalé plusieurs cas de leishmaniose dans les régions que nous avons prospectées. C'est dans cette optique, que nous avons mené une étude sur la biodiversité et la chorologie de la faune phlébotomiennes dans la région de Constantine. Pour l'échantillonnage, nous avons adopté la technique des pièges adhésifs déposés dans diverses stations. Les résultats de l'étude morpho-taxonomique des phlébotomes collectés montrent la présence des deux genres de Phlébotomes: *Sergentomyia* et *Phlebotomus*. Les espèces identifiées sont au nombre de 5. Il s'agit de *Sergentomyia minuta parroti* RONDANI, 1843 (52,55%), *Phlebotomus perniciosus* NEWSTEAD, 1911 (42,33%), *Phlebotomus longicuspis* NITZULESCU 1930, (4,02%), *Phlebotomus perfiliewi* PARROT, 1930 (0,97%) et *Phlebotomus papatasi* SCOPOLI, 1786 (0,13%). Cet inventaire montre la présence de deux espèces du sous genre *Larroussius* (*P. perfiliewi* et *P. perniciosus*) vecteurs prouvés de *Leishmania infantum* responsable de la leishmaniose viscérale. Quant à l'espèce *P. papatasi* est vectrice de *Leishmania major* responsable de la leishmaniose cutanée.

Mots clés: Phlébotomes, inventaire, Constantine, Leishmaniose.

## Introduction

Certaines espèces de phlébotomes ont un rôle vecteur et sont de ce fait, responsables de la transmission de certaines affections (ABONNENC 1972; KILLICK-KENDRICK 1990). Cependant la transmission des Leishmanies responsables de la leishmaniose (une maladie liée à l'environnement) (ASHFORD 2000), reste la principale affection que les phlébotomes transmettent à travers le monde.

L'Algérie est considérée parmi les pays les plus concernée par la leishmaniose, qui s'avère être un vrai problème de santé publique (HARRAT & BELKAID 2002). En effet, les leishmanioses sont signalées sur tout le territoire national (BERCHI & al. 2007).

Cette maladie sévit à l'état endémique sous trois formes cliniques: la leishmaniose viscérale (LV), la leishmaniose cutanée sporadique du nord (LCN) et la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) (HARRAT & BELKAID 2002).

La leishmaniose viscérale (LV) est très abondante au Nord du pays (BELAZZOUG 1984), elle est surtout présente dans l'étage humide et sub-humide mais se rencontre également à l'étage aride et semi-aride (M'sila, Batna, Biskra). Néanmoins les zones les plus touchées sont Jijel, Mila, Constantine, et Skikda, cette lésion de la leishmaniose viscérale est causée principalement par *Leishmania infantum* dont le réservoir connu est le chien (BELAZZOUG 1986), et le principal vecteur est *Phlebotomus perniciosus* (IZRI et al. 1990).

En Algérie deux formes de leishmanioses cutanées sévissent à l'état endémique: la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) due à *Leishmania major*, répandue dans les régions steppiques et sahariennes et la leishmaniose cutanée du nord (LCN) due à *Leishmania tropica*. Cette dernière, est connue sous le nom de clou de Mila (SERGENT & gueidon 1923), elle se présente généralement au niveau du visage sous forme de lésions nodulaire souvent unique, et très riche en parasites. Son évolution chronique s'étale entre 6 et 12 mois. Un seul vecteur est connu, il s'agit de *Phlebotomus perfiliewi*, qui a été naturellement affecté par le parasite *Leishmania tropica* dans la localité de Ténès (foyer actif de la leishmaniose cutanée du Nord (IZRI & BELAZZOUG 1993).

L'Algérie représente un terrain favorable à la propagation des deux formes de la maladie cutanée et viscérale, d'une part par sa forte population rurale, et d'autre part par ses différents étages bioclimatiques; allant du climat méditerranéen au Nord, des zones sub-humides et semi aride, jusqu'au climat Saharien au Sud (DEDET et al. 1984; BELAZZOUG 1991; BERCHI 1990, IZRI et al. 1994).

Pour mieux appréhender la diversité des Phlébotomes dans la région de Constantine, nous envisageons dans cette étude, d'établir dans un premier temps un inventaire des Phlébotomes à partir des stations prospectées. Dans un deuxième temps, nous évaluerons leur distribution spatio-temporelle dans ces stations afin de mieux apprécier les informations recueillies sur les cas de leishmaniose viscérale et cutanée enregistré au niveau du Centre Hospitalier Universitaire de Constantine.

## Matériel et Méthodes

### Région d'étude

Notre prospection entomologique s'est étendue sur une durée de 14 mois, durant la période allant d'avril 2013 à octobre 2013 et, d'avril 2014 à octobre 2014. Ces périodes correspondent à l'activité des phlébotomes.

Nos échantillonnages se sont déroulés dans la wilaya de Constantine située à l'Est de l'Algérie (36°36'N, 06°62 E, 660 m). Elle couvre une superficie de 2287 km<sup>2</sup> et s'étend sur un plateau rocheux à 649 mètres d'altitude. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Skikda, à l'Ouest par la wilaya de Mila, à l'Est par la wilaya de Guelma et au Sud par la wilaya de Oum-El-Bouaghi. La wilaya de Constantine qui bénéficie d'un climat méditerranéen est soumise à un climat de type semi-aride à hivers frais, avec un micro climat sub-humide au Nord en allant vers la wilaya de Skikda. En conséquence, nos gîtes



d'investigation sont caractérisés par un climat: semi-aride et un micro climat sub-humide (BOUNAMOUS 2010).

Notre étude a eu lieu dans quatre localités situées au centre et à la périphérie de la ville de Constantine; il s'agit de Didouche Mourad, Zighoud Youcef et de Beni H'midene, situées au Nord de la ville en allant vers la wilaya de Skikda et caractérisées par un micro climat sub-humide. La station de Chaabet Erssas située au centre de la ville caractérisé par un climat semi- aride. Dix sept gîtes ont été prospectés durant notre investigation.

Didouche Mourad (23° 62' Nord 6° 38' Est), est une commune située au Nord Est de Constantine sur une hauteur de 498m et une superficie de 115,70 Km. Les gîtes prospectés dans cette localité sont au nombre de six; quatre fermes qui abritent des animaux domestiques, entourées de végétaux et de points d'eau usées, et de deux murs de soutènements isolés et situés en bordure de route.

Zighoud Youcef (36° 3' Nord 6° 42' Est), commune située à 20 km au Nord Est du chef-lieu de la wilaya. Elle est bâtie sur une altitude de 560 mètres. Les gîtes prospectés dans cette localité sont au nombre de cinq. Parmi eux, nous avons trois murs de soutènements en bordure de la route, entourés de végétations, d'habitations, et de points d'eau. Il y a également deux fermes situées sur les hauteurs de Zighoud Youcef, à proximité des habitations. Ces fermes abritent des élevages de bovins et d'ovins, et une forte présence de chiens de garde.

Beni H'midene (36° 30' Nord 6° 32' Est), commune située au Nord-Ouest de Constantine, elle s'étend sur une altitude de 450 m. Les gîtes prospectés dans cette localité sont au nombre de cinq à savoir quatre fermes construites en pierres et situées à proximité des habitations et d'animaux domestiques et un mur de soutènement isolé sur les hauteurs de la localité.

Chaabet Erssas (36° 17' Nord 6° 37' Est), est située au centre de la wilaya de Constantine, sur une altitude de 649 m. Son climat est de type semi-aride pour cette station, un seul gîte a été prospecté, il s'agit d'un mur de soutènement situé à proximité du campus universitaire. On signale la présence d'une végétation intense et de chiens errants.

Les pièges ont été déposés de façon identique pour les trois stations de Didouche Mourad, Zighoud Youcef, et Beni H'midene. Autrement dit, à l'intérieur et à l'extérieur des fermes et entre les interstices des murs de soutènements. Pour la station de Chaabet Erssas les pièges ont été déposés dans les interstices du mur de soutènement.

### **Acquisition des données biologiques**

Pour nos prospections, nous avons utilisé la technique du piège adhésif (RIOUX et al. 1969), connue depuis les travaux des épidémiologistes (CROSET et al. 1977). Cette méthode est sans doute la mieux adaptée à l'inventaire qualitatif et quantitatif des phlébotomes en région méditerranéenne (ABONNENC 1972; MADULO-LEBLOND 1983). Le piège adhésif connu comme étant non sélectif est constitué d'un papier de surface connu (20 cm × 20 cm) imbibé d'huile de ricin. Ces pièges sont roulés en cornets et placés verticalement dans les gîtes éventuels de phlébotomes (BERCHI 1990). Ces gîtes sont le plus souvent représentés par les interstices des murs de soutènement, les fissures des murs construit en pierre et les murs intérieur et extérieur des étables abritant des animaux domestiques (ovins, bovins, poules, et chiens).

Dans le but de comparer les densités des phlébotomes dans les stations étudiées, nous avons procédé au prélèvement régulier de toutes les informations concernant les gîtes de piégeage (altitude, orientation, température, hygrométrie). Nos pièges sont récupérés après deux jours en période chaude, et après une semaine en période moins chaude.

Nous avons effectué un total de 26 sorties, avec une moyenne de deux sorties par mois. Les pièges sont déposés au nombre de 30 pièges par station, soit 1,2 m<sup>2</sup> de surface de papier par station et 4,8 m<sup>2</sup> par sortie, en effet un total de 124,8 m<sup>2</sup> de surface de papier a été déposé.

Au laboratoire, les spécimens de Phlébotomes sont récupérés à l'aide d'un pinceau imbibé d'alcool éthylique à 70° pour permettre le décollage de ces spécimens du papier huilé sans les abimer. Les phlébotomes récupérés sont placés dans la potasse à 10% pendant 4h à 8h pour les éclaircir et rincés à l'eau distillée dans 6 bains successifs, ils sont ensuite mis dans le liquide de Marc-André pendant 1h. Plusieurs bains successifs de 20 minutes d'alcool à 70°, 90°, 95°, et 100° respectivement, sont ensuite nécessaires pour enlever les débris. A l'aide d'une loupe binoculaire, les spécimens déshydratés, sont montés entre lame et lamelle dans une goutte de baume de Canada diluée dans du xylène. Pour la technique de montage, les phlébotomes sont placés en position latérale, la tête séparée du reste du corps. La tête doit être orientée face ventrale en position supérieure pour le genre *Sergentomyia*, et en position inférieure pour le genre *Phlebotomus*. Cette position permet de rendre plus facile l'observation des armatures cibariale et pharyngienne. Les pattes sont soigneusement étalées sur le côté ventrale et les ailes du côté dorsal. L'armature génitale chez l'individu mâle doit être correctement orientée afin de mettre en évidence les éléments de la diagnose comme l'edeage, le coxite, et le style. Ainsi, doit être pour l'individu femelle pour permettre d'observer les spermathèques.

Pour l'identification nous nous sommes basés sur les clés de détermination des phlébotomes d'Algérie (DEDET et al. 1984 et ABONNEC 1972) dont les principaux critères sont les formes du pharynx, les dents cibariales, les spermathèques ainsi que l'armature des pièces génitales mâles.

## Traitement des données

### Paramètres de structure et d'organisation des populations et peuplements de phlébotomes recensés

Pour l'exploitation de nos résultats, nous avons déterminé les caractéristiques de la faune phlébotomienne par des indices écologiques. Ces aspects permettent de connaître la qualité d'échantillonnage, l'efficacité de la méthode de piégeage mais aussi d'estimer l'abondance et la dispersion des espèces. La comparaison de la composition des peuplements phlébotomiens dans les stations étudiées est également abordée.

- La richesse totale: correspond au nombre total du peuplement étudié.
- La richesse spécifique: nombre d'espèces que compte le peuplement (BA et al. 1998).
- Densités: nombre d'individus présents par unité de surface de papier huilé, elle est exprimée en nombre de Phlébotomes par m<sup>2</sup> (Ph / m<sup>2</sup>) (BA et al, 1998).

- La fréquence relative (**FR**) ou abondance relative pourcentage d'individus d'une espèce (**ni**) par rapport au total des individus recensés (**N**) d'un peuplement (DAJOZ 1982).
- Indice d'occurrence ou constance (**C**): rapport du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée (**Pi**) au nombre total de relevés (**P**) (DAJOZ 1982). Cet indice est exprimé en pourcentage.
- Indice de Shannon-Weaver: cet indice permet de rendre compte de la probabilité d'occurrence d'un évènement, si H' tend vers 0 la diversité est minimale et si H' tend vers 1 la diversité est maximale. Il est calculé par la formule suivante:

$$H' = - \sum P_i \log P_i \quad P_i: \text{la fréquence relative de l'espèce ou } P_i = n_i / N$$

$n_i$ : nombre d'individus d'une espèce donnée.  
 $N$ : nombre total d'individus.

L'équitabilité représente le rapport de l'indice de Shannon-Weaver H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement (H' max), cet indice varie entre 0 et 1. Si E tend vers 1 il marque une grande diversité, et si E tend vers 0 il marque une faible diversité. Il est calculé par la formule suivante:

$$E = \frac{H'}{H' \max} = \frac{-\sum P_i \log P_i}{\log_2 S}$$

$S$ : la richesse spécifique

L'indice de Simpson: il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés appartiennent à la même espèce, il est calculé par la formule suivante:

$$D = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad n_i: \text{nombre d'individus de l'espèce donnée.}$$

$N$ : nombre total d'individus.  
 $D = 0$  indique le maximum de diversité.  
 $D = 1$  indique le minimum de diversité.

L'indice de Hill: mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon-Weaver et de Simpson, il est calculé par la formule suivante:

$$Hill = 1/D / e^{H'} \quad 1/D: \text{l'inverse de l'indice de Simpson}$$

$e^{H'}$ : l'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

## Résultats

### Inventaire faunistique des phlébotomes

Sur 3120 papiers huilés posés, 1541 pièges seulement ont fonctionné soit une surface de 61,64 m<sup>2</sup>. 1540 phlébotomes ont été capturés avec une moyenne de densité globale de 0,49 phlébotomes par piège, soit 12,33 phlébotomes par m<sup>2</sup>.

Le tableau 1 démontre les résultats de l'étude morphotaxonomique des phlébotomes qui sont représentés par cinq espèces réparties en deux genres, *Sergentomyia* (52,55 %) et *Phlebotomus* (47,45%) et aux sous genres *Phlebotomus* (0,13 %), *Larrousius* (47,32 %), et *Sergentomyia* (52,55%).

**Tableau 1:** Richesses et abondance relative des espèces de Phlébotomes inventoriées dans chacune des stations d'étude

|                 | Espèces                  | Richesse totale | Abondances relatives (%) | densité /m <sup>2</sup> |
|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Didouche Mourad |                          | 402             | 26,10                    | 22,4                    |
|                 | <i>P. perniciosus</i>    | 32              | 2,07                     | 1,56                    |
|                 | <i>P. longicuspis</i>    | 1               | 0,06                     | 0,03                    |
|                 | <i>P. papatasi</i>       | 10              | 0,64                     | 0,34                    |
|                 | <i>P. perfiliwi</i>      | 392             | 25,45                    | 22,04                   |
|                 | <i>S. minuta parroti</i> |                 |                          |                         |
| Zighoud Youcef  | <i>P. perniciosus</i>    | 52              | 3,44                     | 3,87                    |
|                 | <i>P. longicuspis</i>    | 16              | 1,03                     | 0,96                    |
|                 | <i>P. papatasi</i>       | 0               | 0                        | 0                       |
|                 | <i>P. perfiliwi</i>      | 3               | 0,19                     | 0,16                    |
|                 | <i>S. minuta parroti</i> | 53              | 3,44                     | 3,05                    |
| Beni H'midene   | <i>P. perniciosus</i>    | 170             | 11,03                    | 12,16                   |
|                 | <i>P. longicuspis</i>    | 11              | 0,71                     | 0,55                    |
|                 | <i>P. papatasi</i>       | 1               | 0,06                     | 0,05                    |
|                 | <i>P. perfiliwi</i>      | 2               | 0,15                     | 0,75                    |
|                 | <i>S. minuta parroti</i> | 238             | 15,45                    | 15,07                   |
| Chaabet Erssas  | <i>P. perniciosus</i>    | 28              | 1,81                     | 2,69                    |
|                 | <i>P. longicuspis</i>    | 3               | 0,19                     | 0,95                    |
|                 | <i>P. papatasi</i>       | 0               | 0                        | 0                       |
|                 | <i>P. perfiliwi</i>      | 0               | 0                        | 0                       |
|                 | <i>S. minuta parroti</i> | 126             | 8,18                     | 18,85                   |

### Comparaison de la composition des peuplements phlébotomiens

Deux espèces *Phlebotomus perniciosus* et *Sergentomyia minuta parroti* dominent dans notre inventaire. En effet, l'espèce *Phlebotomus perniciosus* prédomine dans les stations de Didouche Mourad (22,4 p/m<sup>2</sup>) et Zighoud Youcef (3,87 p/m<sup>2</sup>), tandis que l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* prédomine dans les deux autres stations de Beni H'midene (15,07 p/m<sup>2</sup>) et Chaabet Erssas (18,85 p/m<sup>2</sup>).

L'espèce *Phlebotomus longicuspis* est présente dans toutes les stations et domine dans la station de Didouche Mourad (1,56 p/m<sup>2</sup>). L'espèce *Phlebotomus perfiliwi* et présente

dans trois stations seulement Didouche Mourad (0,34 p/m<sup>2</sup>), Zighoud Youcef (0,16 p/m<sup>2</sup>), et Beni H'midene (0,75 p/m<sup>2</sup>). L'espèce *Phlebotomus papatasi* est présente dans deux stations seulement Didouche Mourad et Beni H'midene, avec un exemplaire dans chacune soit une densité de (0,03 p/m<sup>2</sup>) (fig. 1).

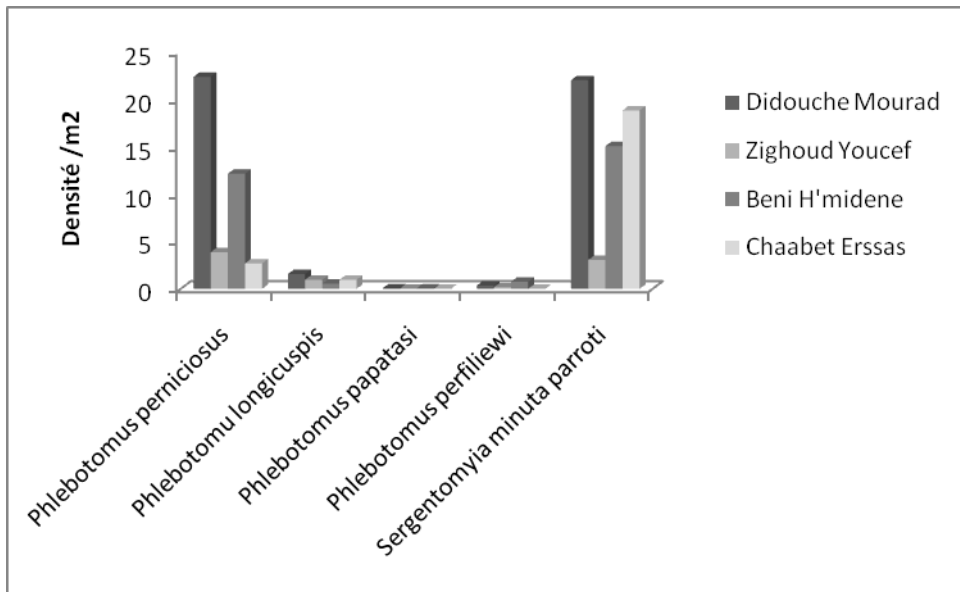


Fig. 1: Evolution des densités des phlébotomes récoltés dans les différentes stations.

### Variation temporelle des espèces de phlébotomes

Notre échantillonnage s'est déroulé durant les saisons printanière, estivale, et automnale. Nous avons pu constater que les abondances les plus importantes ont été enregistrées pendant la saison automnale; il s'agit de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* 19,27 ph/m<sup>2</sup>, et l'espèce *Phlebotomus perfiliewi* 1,45 ph/m<sup>2</sup> pour le mois d'octobre; et l'espèce *Phlebotomus perniciosus* 12,38 ph/m<sup>2</sup> durant le mois de septembre.

Les deux autres espèces ont enregistré une abondance maximale durant la saison printanière; il s'agit de l'espèce *Phlebotomus papatasi* 0,18 ph/m<sup>2</sup> signalée entre avril et juin, et l'espèce *Phlebotomus longicuspis* 2,68 ph/m<sup>2</sup> signalée durant le mois d'avril. La figure 2 nous montre les fluctuations de l'abondance de ces espèces.

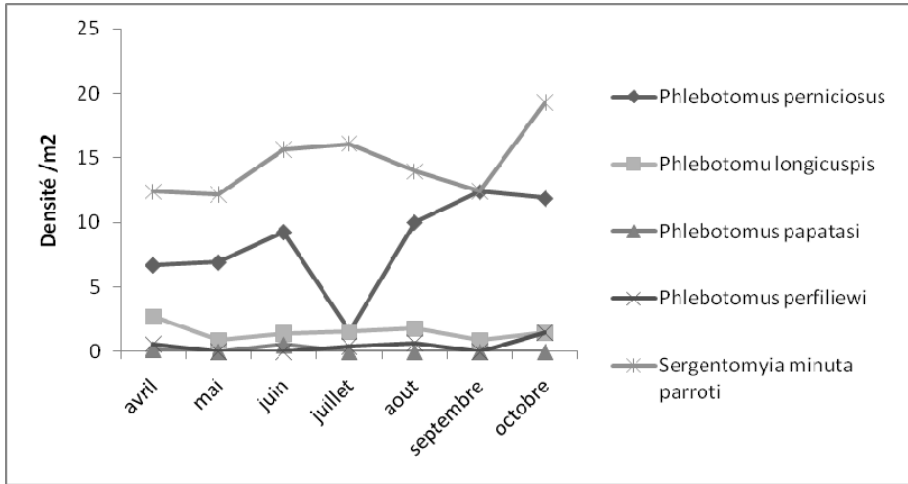
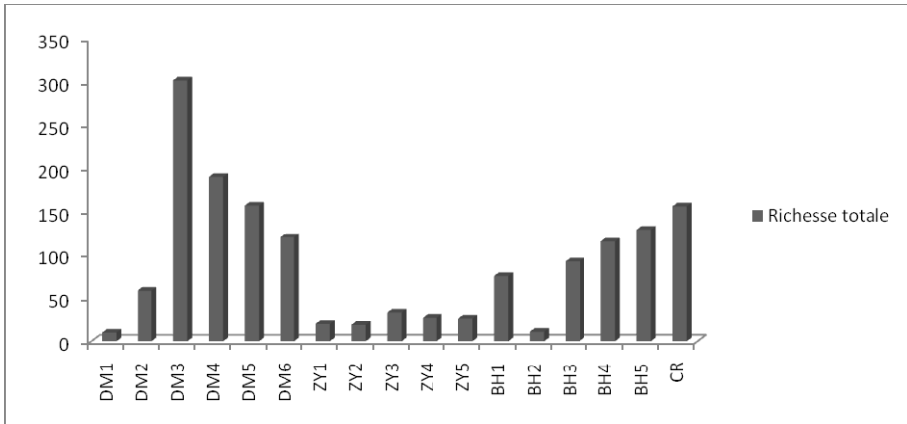


Fig. 2: Fluctuations saisonnière des espèces rencontrées dans les gîtes s'étude.

## Analyse des phlébotomes par des indices écologiques

### La richesse totale

La figure 3 représente la richesse totale des gîtes étudiés, on remarque que la station de Didouche Mourad enregistre une richesse totale maximale de 302 spécimens dans le gîte Didouche Mourad 3, qui est une ferme en pierre abritant beaucoup d'animaux, et une valeur minimale de 10 spécimens dans le gîte Didouche Mourad 1, qui est également une ferme en pierre mais abondonnée et n'abritant pas d'animaux. La station de Zighoud Youcef marque un pic de sa richesse avec 33 spécimens dans le gîte Zighoud Youcef 3, représenté par une ferme qui abrite des animaux et des habitations, et une valeur minimale de 19 spécimens dans le gîte Zighoud Youcef 2, représenté par un mûr de soutènement en bordure de route. A Beni H'midene on note une richesse maximale de 129 spécimens dans le gîte Beni H'midene 5, qui est une ferme d'élevage et un ensemble d'habitations, alors que la richesse minimale de 11 spécimens est enregistrée dans le gîte Beni H'midene 2, qui est un mûr de soutènement en bordure de route. La station de Chaabet Erssas où on a prospecté un seul gîte; représenté par un mûr de soutènement; a enregistré une richesse totale de 156 spécimens (fig. 3).



**Fig. 3:** La richesse totale dans les gîte s étudiés.

DM: Didouche Mourad, ZY: Zighoud Youcef, BH: Beni H'midene, CR: Chaabet Ressas.

### La richesse spécifique

Le tableau 2 montre que les deux stations de Didouche Mourad et Beni H'midene ont une richesse spécifique maximale S égale à 5, tandis que la station de Zighoud Youcef présente une richesse spécifique S égale à 4. L'absence de l'espèce *Phlebotomus papatasi* est à signaler. La station de Chaabet Erssas représente la station où la richesse spécifique minimale S est égale à 3, car deux espèces sont absentes dans cette station. il s'agit de *Phlebotomus papatasi* et *Phlebotomus perfiliewi*.

**Tableau 2:** Distribution de la richesse spécifique dans les stations d'étude

| Stations<br>Espèces                | Didouche<br>Mourad | Zighoud<br>Youcef | Beni<br>H'midene | Chaabet<br>Erssas |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| <i>Phlebotomus perniciosus</i>     | +                  | +                 | +                | +                 |
| <i>Phlebotomus longicuspis</i>     | +                  | +                 | +                | +                 |
| <i>Phlebotomus papatasi</i>        | +                  |                   | +                |                   |
| <i>Phlebotomus perfiliewi</i>      | +                  | +                 | +                |                   |
| <i>Sergentomyia minuta parroti</i> | +                  | +                 | +                | +                 |

(+) espèce présente

### La fréquence d'occurrence

Le tableau 3 rapporte les fréquences d'occurrence des espèces de phlébotomes capturés dans nos stations d'études.

**Tab. 3:** Fréquences d'occurrence des phlébotomes dans les stations d'étude.

C (%): Fréquence d'occurrence; Cat: Catégories; A: accessoire; Ac: accidentelle; C: constante At.: accidentelle.

|                 | <i>Phlebotomus perniciosus</i> |      | <i>Phlebotomus longicuspis</i> |      | <i>Phlebotomus papatasi</i> |      | <i>Phlebotomus perfiliewi</i> |      | <i>Sergentomyia minuta parroti</i> |      |
|-----------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|-----------------------------|------|-------------------------------|------|------------------------------------|------|
|                 | const %                        | Cat. | const %                        | Cat. | const %                     | Cat. | const %                       | Cat. | const %                            | Cat. |
| Didouche Mourad | 26,10                          | Ac   | 2,08                           | At   | 0,06                        | At   | 0,65                          | At   | 25,45                              | Ac   |
| Zighoud Youcef  | 3,28                           | At   | 1,04                           | At   | 0                           | -    | 0,19                          | At   | 3,44                               | At   |
| Beni H'midene   | 11,04                          | At   | 0,71                           | At   | 0,06                        | At   | 0,13                          | At   | 15,45                              | At   |
| Chaabet Rerras  | 1,82                           | At   | 0,19                           | At   | 0                           | -    | 0                             | -    | 8,18                               | At   |

Ce tableau 3 met en évidence que la quasi-totalité des espèces sont accidentelle ( $F \leq 25\%$ ) et cela dans les trois stations d'étude représentées par Zighoud Youcef, Beni H'midene, Chaabet Erssas. Seule la station de Didouche Mourad comprend deux espèces accessoires ( $25\% \leq F \leq 50\%$ ) il s'agit de *Phlebotomus perniciosus* ( $F = 26,10\%$ ) et *Sergentomyia minuta parroti* ( $F = 25,45\%$ ).

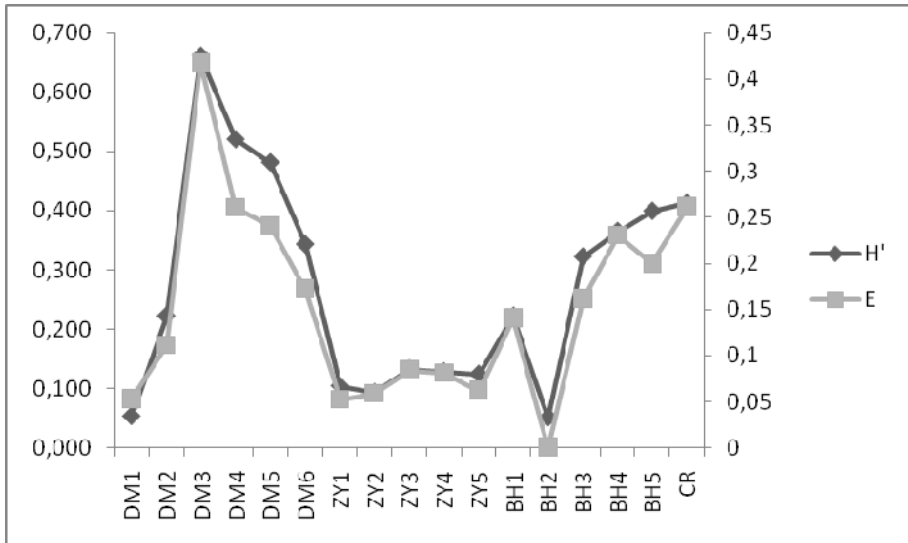
### Analyse statistique des données par les indices écologiques de structures

#### L'indice de diversité SHANNON-WEAVER et équitabilité

Les calculs des indices de peuplements pour chaque gîte (indice de Shannon-Weaver, et Equitabilité), sont représentés par la figure 4.

Cette figure exprime la diversité des phlébotomes par l'indice de diversité Shannon-Weaver ( $H'$ ) et l'équitabilité ( $E$ ). On remarque que les valeurs maximales de  $H' = 0,661$  bits et de  $E = 0,417$ ; exprimant ainsi une diversité maximale; sont enregistrées à Didouche Mourad 3 (ferme en vieux pierre abritant beaucoup d'animaux), et les valeurs minimales de  $H' = 0,051$  bits et de  $E = 0$ ; qui expriment une diversité minimale; sont enregistrées à Beni Hmidane 2 (mûr de soutènement sur la bordure de la route).





**Fig. 4:** Présentation des indices de diversité Shannon-Weaver et Equitabilité de chaque gîte étudié. DM: Didouche Mourad, ZY: Zighoud Youcef, BH: Beni H'midene, CR: Chaabet Ressas.

### L'indice de diversité de Simpson et de Hill

Les calculs de l'indice de diversité de Simpson et de Hill, apportent plus d'exactitude sur la diversité de la population de phlébotomes étudiée. Les valeurs de ces indices sont apportées par le tableau 5.

Les valeurs de l'indice de diversité de Simpson ( $D = 0,43$ ), et de Hill = 0,65 réaffirment une diversité minimale de la faune phlébotomienne.

**Tab. 5:** calculs de l'indice de diversité de Simpson et de Hill.

|                                    | Ni   | Ni (Ni-1) |
|------------------------------------|------|-----------|
| <i>Phlebotomus perniciosus</i>     | 652  | 365772    |
| <i>Phlebotomus longicuspis</i>     | 62   | 3782      |
| <i>Phlebotomus papatasi</i>        | 2    | 2         |
| <i>Phlebotomus perfilwi</i>        | 15   | 210       |
| <i>Sergentomyia minuta parroti</i> | 809  | 653672    |
| Total                              | 1540 | 1023438   |
| Simpson D                          |      | 0,431     |
| Hill                               |      | 0,647     |

## Discussion et conclusion

Lors de nos investigations, 1540 phlébotomes sont capturés durant la période d'avril 2013 à octobre 2013 et d'avril 2014 à octobre 2014. Ces périodes correspondent à l'activité des phlébotomes adultes dans les zones tempérées (RIOUX et al. 1967). Cette population de phlébotomes se caractérise par une faible richesse spécifique. En effet, nous avons inventorié 5 espèces sur les 23 espèces de phlébotomes connues en Algérie (BELAZZOUG 1991; BERCHI et al. 1986). 4 espèces de Phlébotomes ont été signalées à Constantine par MOULAHAM et al. (1998), et 6 espèces par FRAHTIA-BENOTHMANE (2015) dans la même région. Dans la région de Mila, MESSAI et al. (2011) rapporte la présence de 4 espèces, tandis que dans la région de Skikda, BOULEKNAFET (2006) rapporte la présence de 5 espèces.

Notons que l'absence de certaines espèces s'explique par le fait que les piégeages n'ont pas été placés dans leurs habitats naturels (CORSET et al. 1978) d'une part et que des espèces sont inféodées à des étages bioclimatiques autres que ceux de notre étude d'autre part.

Les espèces rencontrées appartiennent aux deux genres connus en Algérie soit: *Phlebotomus* (47,45%) et *Sergentomyia* (52,55%). Le genre *Phlebotomus* comprend les espèces *Phlebotomus perniciosus* (42,33%), *Phlebotomus longicuspis* (4,02%), *Phlebotomus perfiliewi* (0,97%), et *phlebotomus papatasi* (0,03%). Le genre *Sergentomyia* compte une seule espèce *Sergentomyia minuta* (52,55%). Cette population marque une légère baisse de l'abondance relative d'une année à une autre. En effet, 881 spécimens de phlébotomes ont été capturés en 2013 contre 824 spécimens en 2014.

L'inventaire des espèces de phlébotomes montre une densité moyenne qui permet de classer ces espèces. Ainsi l'espèce *Phlebotomus perniciosus*, vecteur probable de la leishmaniose viscérale dans le nord de l'Algérie (BELAZZOUG et al. 1986), occupe la première place avec 22,40 ph/m<sup>2</sup> suivi de *Sergentomyia minuta* 22,04 ph/m<sup>2</sup>, *Plebotomus longicuspis* 4,02 ph/m<sup>2</sup>, *Phlebotomus perfiliewi* 1,25 ph/m<sup>2</sup>, et enfin *Phlebotomus papatasi* avec 0,03 ph/m<sup>2</sup>.

*Phlebotomus perniciosus* est considérée comme le vecteur connu de la leishmaniose viscérale humaine due à *leishmania infantum*; dans le bassin méditerranéen, c'est une espèce qui pique autant l'homme que le chien (PARROT 1993). En général deux pics annuels de forte densité sont observés en Afrique du Nord: l'un observé en Juin, correspondrait à l'émergence des imagos provenant de la ponte d'automne, l'autre de la fin août à la fin Septembre, il est plus important et qui proviendrait de ponte de la génération précédente (PARROT 1930a; CROSET et al. 1970; BIOCCHA et al. 1977; GARCIA-SEGUI & PUNTAS 1991). En Algérie également, deux pics maximums sont également signalés l'un en Juin-Juillet et l'autre en octobre (DEDET et al. 1984; BERCHI 1993), ces travaux concordent parfaitement avec nos résultats. En effet, durant toute la durée de prospection un premier pic de densité est observé en juillet-août avec une densité moyenne de 9,63 ph/m<sup>2</sup>, et le deuxième à la fin septembre début octobre avec une densité moyenne de 12,12 ph/m<sup>2</sup>.

Pour le genre *Phlebotomus*, l'espèce *Phlebotomus perniciosus* qui est présente dans toutes nos stations, reste la plus abondante avec 42,33%. BERDJANE-BROUK et al. (2012b) ont fait la même constatation, ces auteurs ont enregistré une abondance importante de l'espèce *Phlebotomus perniciosus* avec 77% des captures totales faisant

d'elle l'espèce la mieux représentée de la population étudiée. Cette espèce est connue pour avoir une répartition géographique tellienne particulièrement constante en grande Kabylie (étage bioclimatique humide et sub-humide), et le constantinois (étage bioclimatique semi-aride) (BERCHI 1990). L'espèce *Phlebotomus perniciosus* caractérise, en particulier l'Est algérien, mais se rencontre dans tous les étages bioclimatiques avec une fréquence relativement élevée dans les zones humides (BERCHI 1993). L'abondance de cette espèce est due essentiellement à son caractère endophile et anthropozophile (ROSSI et al. 2008). Ces caractéristiques expliquent sa présence dans la quasi totalité de nos gîtes prospectés (étables, habitations, murs de soutènement). Par ailleurs, les espèces *Phlebotomus longicuspis* et *Phlebotomus perfiliewi* semblent cohabités avec *Phlebotomus perniciosus*, comme l'ont rapporté BOULKNAFET (2006) et BOUNAMOUS (2010). D'autres travaux signalent le même résultat notamment ceux de BERDJANE-BROUK et al. 2012b, où *Phlebotomus perniciosus* est toujours associé à *Phlebotomus longicuspis* et *Phlebotomus perfiliewi*.

*Sergentomyia minuta* connue pour être le phlébotome le plus abondant en Algérie (BELAZZOUG et al. 1982b), colonisant les biotopes les plus variés (RIOUX et al. 1974a), avec de fortes densités aux étages subhumides et humides (CROSET, 1969; BOUSSAA et al. 2007). C'est l'espèce la plus rencontrée avec 52,55 % de nos captures totales. Selon RUSSO et al. (1991) et BERCHI (1993) la densité de *Sergentomyia minuta* atteint son seuil maximal à l'étage semi-aride (68 Ph/m<sup>2</sup>), diminuant progressivement aux étages sub-humide (48,3 Ph/m<sup>2</sup>) et humide (23,7 Ph/m<sup>2</sup>) d'une part, aride (4,3 Ph/m<sup>2</sup>) et peraride (3,9 Ph/m<sup>2</sup>) d'autre part. D'autres travaux révèlent le même résultat, notamment ceux de BOULEKNAFET en 2006 où il a recensé (69,82%) de l'espèce *Sergentomyia minuta*. Le résultat de l'abondance relative de l'espèce *Sergentomyia minuta* soit 52,55% est en accord avec les auteurs cités précédemment. Selon DEDET et al. (1984) ce résultat s'explique par le fait que *Sergentomyia minuta* présente une vaste aire de répartition aussi bien en milieu urbain qu'en plein nature. A la vue de ces résultats, il ressort que nos stations offrent un milieu favorable pour le développement de cette espèce. Néanmoins c'est une espèce herpétophile qui ne joue aucun rôle dans la transmission de la leishmaniose (HARRAT 2006).

*Phlebotomus longicuspis* représente la deuxième espèce inventoriée pour le genre *Phlebotomus* avec 14% des captures totales. Cette espèce est concernée par une répartition géographique qui s'étend de la Lybie au Maroc en passant par l'Algérie, et de façon sporadique en Espagne (BENABDENEBI 1998a). En Algérie *Phlebotomus longicuspis* est signalée dans le tell algérien (PARROT 1936), à l'étage saharien (BERCHI 1993) mais plus particulièrement sur les hauts plateaux dans les étages arides et per-arides (CROSET et al. 1977), et en zones rurales et sauvages (DEDET et al. 1984). *Phlebotomus longicuspis* est soupçonnée d'être vectrice de la leishmaniose viscérale vu son abondance dans les zones arides au Maroc et en Tunisie (DEUREURE et al. 1986, RIOUX et al. 1997, ZHUIOUA et al. 2007). Selon BAILLY-CHOUMARA et al. (1971) *Phlebotomus longicuspis* est active de mai à octobre, avec une densité maximale de juin à septembre. Nos résultats révèlent la présence de *Phlebotomus longicuspis* en avril avec une abondance de 2,68 ph/m<sup>2</sup>. En Algérie, *Phlebotomus longicuspis* peut être incriminé dans la transmission de la leishmaniose viscérale tout comme l'espèce *Phlebotomus perniciosus* (BELAZZOUG 1984; IZRI et al. 1990; MOULAHAM et al. 1998; HARRAT et BELKAID 2003).

*Phlebotomus perfiliewi* représente seulement 0,97% de nos captures et s'avère être plutôt rare. Ces résultats réaffirment celles de BERDJANE-BROUK et al. 2011 dans la région algéroise où il a signalé seulement 0,8% de *Phlebotomus perfiliewi*. Même constatation dans les travaux de BOULEKNAFET (2006) où *Phlebotomus perfiliewi* représente un taux de 6,7% de ces captures par pièges adhésifs, et 9,18% des captures de BOUNAMOUS (2010). Quant aux investigations menées par MOULAHM et al. (1998) à l'intérieur d'un appartement urbain, les résultats obtenus révèlent un taux très élevé 75,7% de *Phlebotomus perfiliewi*. Il en est de même pour les captures par CDC effectués à l'intérieur des étables par BOULEKNAFET (2006); l'auteur rapporte 57,69% de *Phlebotomus perfiliewi*. A l'instar de ces résultats, le caractère endophile de cette espèce, plus présente à l'intérieur qu'à l'extérieur est confirmé (BOULEKNAFET 2006). *Phlebotomus perfiliewi* est aussi connue pour son caractère antropozoophile puisqu'elle est attirée par le bétail et les abris d'animaux, tout en restant bien présente dans les habitations humaines (IZRI et BELAZZOUG 1993).

*Phlebotomus perfiliewi* est une espèce absente dans les étages arides (BLEAZZOUG et al. 1986d, BERCHI 1993), mais bien présente dans les étages bioclimatiques semi-aride (RUSSO et al. 1991), et surtout dans le constantinois (MOULAHM et al. 1998). Lors de notre échantillonnage nous avons rencontré *Phlebotomus perfiliewi* dans trois stations d'études à savoir: Didouche Mourad, Zighoud Youcef, et Beni Hmidane qui sont caractérisées par la présence de fermes et de bétails, qui semblent offrir un habitat favorable pour cette espèce à caractère anthropozoophile. Quant à la quatrième station de Chaabet Erssas (campus universitaire), représentée par un seul gîte situé loin des étables et d'habitations, *Phlebotomus perfiliewi* n'est pas signalée. Dans notre étude la cohabitation des deux espèces *Phlebotomus perfiliewi* et *Phlebotomus perniciosus* est à noté; cela s'explique par leurs préférences communes pour les habitations humaines, mais aussi pour les étables d'animaux (espèces anthropozoophiles).

Selon MOULAHM et al. (1998), *Phlebotomus perfiliewi* atteindrait son seuil maximal de développement en août. Nos résultats révèlent que ce pic est atteint tardivement, en octobre avec une densité de 1,45 ph/m<sup>2</sup>, alors qu'au mois d'août la densité enregistrée de 0,63 ph/m<sup>2</sup> est légèrement inférieure au pic de densité habituel. Cela peut s'expliquer par le fait que quelques gîtes d'échantillonnages se trouvant à l'extérieur ont pu influé cette densité.

On compte deux exemplaires de l'espèce *Phlebotomus papatasi* soit 0,13% des captures totales. Nos gîtes de piégeages ne semblent pas offrir un milieu favorable pour le développement de cette espèce à caractère anthropophile et endophile (BELAZZOUG et al. 1986d). Cette espèce a une préférence pour l'intérieur des habitations (DEDET et al. 1984). Des résultats semblables aux nôtres sont rapportés par BOULEKNAFET (2006) avec 0,04% des captures, BOUNAMOUS (2010) avec également 0,04% des captures, et FRAHTIA-BENOTHMANE (2015) avec 2,2% des captures. Ces résultats viennent confirmer que *Phlebotomus papatasi* est peu présente à l'étage semi- aride et sub- humide.

*Phlebotomus papatasi* est le vecteur connu de la leishmaniose cutanée zoonotique due à *leishmania major* (DEPAQUIT et al. 2001; HANAFAI et al. 2007) et si nous l'avons capturé avec de faible densités, c'est que selon GHOSH et al. (1999) elle se rencontre rarement dans l'étage semi- aride et même exceptionnellement dans l'étage sub- humide.

En effet, *Phlebotomus papatasi* est particulièrement abondante dans toute la frange

steppique nord saharienne (DEDET et al. 1984). Cette présence exceptionnelle peut s'expliquer par le mouvement des populations des phlébotomes et les changements écologiques (BOUDRISSA et al. 2012). Le résultat négligeable de *Phlebotomus papatasi* peut s'expliquer aussi par l'altitude élevée de nos stations de piégeages (450 à 649 mètres) alors que cette espèce est surtout rencontrée dans les stations de basses altitudes, moins de 300 mètres (FRAHTIA-BENOTHMANE 2015). Dans nos résultats les deux exemplaires ont été capturés entre avril et juin, ce résultat coïncide avec les travaux de BOUNAMOUS (2010), où il a enregistré le pic de développement de *Phlebotomus papatasi* à la fin avril et début mai.

Selon BIGOT & BODO (1973) les indices de diversité sont élevés lorsque les conditions du milieu sont favorables pour l'ensemble des espèces qui y vivent, dans le cas contraire ces indices de diversité sont moindres; c'est ce qu'ont montré nos résultats. En effet, lors de notre présente étude les valeurs maximales de l'indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H' = 0,661$  bits) et de l'équitabilité ( $E = 0,051$ ) sont faibles et tendent vers zéro, cela signifie une faible divergence. On peut expliquer ce résultat par le choix de nos gîtes d'échantillonnage qui semblent être peu diversifiés (mur de soutènement, et étable), ces gîtes seraient plus favorable pour l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* (BOULEKNAFET, 2006). La dominance de l'espèce *Sergentomyia minuta parroti* comparée aux autres espèces identifiées, vient réaffirmée la faible valeur de l'indice de l'équitabilité ( $E = 12\%$ ) qui rapporte également une faible diversité de la faune phlébotomienne. D'autres gîtes auraient pu être prospectés tel que les abris de rongeurs et de serpents qui sont le réservoir de plusieurs espèces de phlébotomes. Néanmoins, nos investigations auront permis de faire un inventaire de la faune phlébotomienne dans les localités prospectées, mais aussi confirmer la relation entre les cas de leishmanioses signalées dans ces localités et la présence de vecteurs responsables de cette maladie.

### Références Bibliographiques

- ABONNENC E. (1972): Les phlebotomes de la region Ethiopienne (Diptera: Psychodidae). – Mem; O.R.S. T. O. M, Ser. Ent. Med. Prasitol., 289pp.
- ASHFORD R.W. (2000): The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. – Int. J. Parasitol. **30**: 1269-1281.
- BA Y., TROUILLET J., THONNON J. & D. FONTENILLE (1998): Phlébotomes du Sénégal (Diptera: Psychodidae): peuplement et dynamique des populations de la région de Mont-Rolland. – Parasite **5**: 143-150.
- BAILLY-CHOUMARA H., ABONNENC E. & J. PASTRE (1971): Contribution a l'étude des phlébotomes du Maroc (Diptera: Psychodidae). – Données faunistiques et écologiques. Cah. ORSTOM, Ser. Ent. Med. Parasitol. **9**: 431-460.
- BELAZZOU S. (1984): La leishmaniose en Algérie à travers l'identification isoenzymatique des souches. – Coll. Inter. Tax. Phy. des Leishmania, Montpellier: 397-400.
- BELAZZOU S. (1986b): Les leishmanioses en Algérie. A propos de l'identification enzymatique de 32 souches d'origine humaine et animale. – In: Leishmania. Taxonomie et phylogénèse. (Coll.int.CNRS/INSERM, 1984). Ed by Rioux J.A. Montpellier.: IMEEE,: 397-400.
- BELAZZOU S., MAHZOUL D. & J.A. RIOUX (1986d): Les phlebotomes (Diptera: Psychodidae) de M'sila et Bou-Saada. – Arch. Inst. Past. Alger, **55**, 117-124.
- BELAZZOU S. (1991): The sandflies of Algeria. – Parasitologia **33** (Suppl): 85-87.

- BENABDENBI I. (1998a): Contribution à l'étude de la biodiversité chez les *Larroussi* (Diptera: Psychodidae) du bassin méditerranéen. – Apports de l'analyse isoenzymatique. Thèse Université Strasbourg I. 152 p.
- BERCHI S., RIOUX J.A., BELMONTE A. & J. RUSSO (1986): Un phlébotome nouveau pour l'Algérie, *Phlebotomus (Praphlebotomus) kazeruni* Theodor et Mesghali, 1964. – Ann. Parasit. Hum. Comp. **61**(4): 507-508.
- BERCHI S. (1990): Ecologie des phlébotomes (Diptera, Psychodidae) de l'Est algérien. – Mem. Mag. Ent. Appl. Univ. Constantine, 116pp.
- BERCHI S. (1993): Les phlébotomes (Insecta, Diptera, Psychodidae), vecteurs de leishmanioses dans l'Est algérien. – Bull. Soc. Zool. Fr. **118** (3): 341-349.
- BERCHI S., BOUNAMOUS A., LOUADI K. & B. PESSON (2007): Différenciation morphologique de deux espèces sympatriques: *Phlebotomus perniciosus* Newstead 1911 et *P. longicuspis* Nitzulescu 1930 (Diptera: Psychodidae). – Ann. Soc. Entomol. Fr. **43**: 201-203.
- BERDJANE-BROUK Z., CHARREL R.N., BITAM I., HAMRIOUI B. & A. IZRI (2011): Record of *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* GRASSI, 1908 and *Phlebotomus (Larroussi) chadlii* RIOUX, JUMINER & GIBILY, 1966 female in Algeria. – Parasite **2011** (18): 337-339.
- BERDJANE-BROUK Z., R.N. CHARREL, HAMRIOUI B. & A. IZRI (2012b): First detection of *Leishmania infantum* DNA in *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu, 1930 from visceral leishmaniasis endemic focus in Algeria. – Parasitol. Res. **111**: 419-422.
- BIGOT L. & P. BODOT (1973): Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera* III. Dynamique de la zoocénose d'invertébrés. – Vie Milieu **23** (2) Sér. C: 251-267.
- BIOCCA E., COLUZZI A. & R. COSTANTINI (1977): Osservazioni sulla attuale distribuzione dei flebotomi italiani e su alcuni caratteri morfologici differenziali tra le specie del sottogenere *Phlebotomus (Larroussi)*. – Parassitologia **19**: 19-31.
- BOUDRISSA A., CHERIF K., KHERRACHI I., BENBETKA S., BOUIBA L., BOUBIDI S.C., BENIKHLEF R., ARRAR L., HAMRIOUI B. & Z. HARRAT (2012) : Extension de *Leishmania major* au Nord de l'Algérie. – Bull. Soc. Pathol. Exot. **105**:30-35. DOI 10.1007/s13149-011-0199-4.
- BOUSSAA S., PESSON B. & A. BOUMEZZOUGH (2007): Phlebotomine sandflies Diptera: Psychodidae) of Marrakech city, Morocco. – Ann. Trop. Med. Parasitol. **101** (8): 715-24.
- BOUSSAA S. (2008): Epidémiologie des leishmanioses dans la région de Marrakech, Maroc Effet de l'urbanisation sur la répartition spatio-temporelle des phlébotomes et caractérisation moléculaire de leurs populations. – Thèse de Doctorat. Université Louis Pasteur, Strasbourg I, France. 181pp.
- BOULKENAFET F. (2006): Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera: Culicidae) dans la région de Skikda. – Mémoire de Magister. Université de Constantine, Algérie. 191pp.
- BOUNAMOUS A. (2010): Biosystématique et caractérisation par la biologie moléculaire des phlébotomes de l'Est algérien. – Thèse de Doctorat. Université de Constantine. 304pp.
- CROSET H., ABONNEC E. & J.A. RIOUX (1970): *Phlebotomus (Paraphlebotomus) chabaudi* n.sp. (Diptera: Psychodidae). – Ann. Parasitol. Hum. Comp. **45**: 863-873.
- CROSET H., RIOUX J.A., LEGER N., HOUIN R., CADI-SOUSSI M., BENMANSOUR N. & M. MAISTRE (1977): Les méthodes d'échantillonnages des populations de phlébotomes en région méditerranéenne. – Coll. Inter. C.N.R.S., 239 "Ecologie des leishmanioses ", 139-151.
- CROSET H., RIOUX J.A., MAISTRE M. & N. BAYAR (1978): Les phlébotomes de Tunisie (Diptera, Phlebotomidae) Mise au point systématique, chorologique et éthologique. – Ann. Parasitol **53** (6): 711-749, Paris.
- DAJOZ R. (1982): Précis d'écologie Ed. Bordas Paris: 483pp.

- DEDET J.P., ADDADI K. & S. BELAZZOUG (1984): Les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) d'Algérie. – Cah. O.R.S.T.O. ivf, Sbri Ent. Méd. et Parasitol. **XXII** (2): 99-127.
- DEREURE J., VELEZ I.D., PRATLONG F., DENIAL M., LARDI M., MORENO G., SERRES E., LANOTTE G. & J.A. RIOUX (1986): La leishmaniose viscérale autochtone au Maroc méridional. Présence de *Leishmania infantum* MON-1 chez le Chien en zone présaharienne. – In: Leishmania. Taxonomie et Phylogénèse. Applications Eco-épidémiologiques. (Coll. CNRSI INSERM, 2-6 juillet 1984). Inst. Epidém., Montpellier : 421-425.
- DEPAQUIT J., LEGER N., FERTE H., RIOUX J.A., GANTIER J.C., MICHAELIDES A. & P. ECONOMIDES (2001) : Les Phlebotomes (Diptera: Psychodidae) de l'île de Chypre. III-Inventaire faunistique. – Parasite, **8**: 11-20.
- FRAHTIA-BENOTHMANE K. (2015) : Détection moléculaire des leishmanies à partir du genre *Phlebotomus* (diptera : psychodidae) : tendance vers la régression de la leishmaniose à Constantine. – Thèse de doctorat université des frères Mentouri Constantine. 141pp.
- GARCIA & M. SEGUI PUNTAS (1991): Estudi epidemiologic de la leishmania a l'illa de Menorca. – Rev. Cien. (IEB) **9**: 91-101.
- GHOSH K.N., MUKHOPADHYAY J.M., GUZMAN H., TESH R.B. & L.E. MUNSTERMAN (1999): Interspecific hybridization and genetic variability of phlebotomus sand Flies. – Med. Vet. Entomol. **13**: 78-88.
- HANAFI H., FRYAUFF D.J., GOVIND B.M., IBRAHIM M.O. & A.J. MAIN (2007): Bionomics of phlebotomine sandflies at a peacekeeping duty site in the North of Sinai, Egypt. – Acta Tropica **101**: 106-114.
- HARRAT Z. (2006): La leishmaniose canine en Algérie: Analyse épizootologique, écologique et étude du parasite. – Thèse doctorale soutenue au centre universitaire d'El teref (Algérie). 154pp.
- HARRAT Z. & M. BELKAID (2003): Les leishmanioses dans l'Algérois. Données épidémiologiques. – Bull. Soc. Pathol. Exot. **96** (3): 212-214.
- HARRAT Z. & M. BELKAID (2002): Co-infection Leishmaniose viscerale -Sida en Algérie. – Algérie Santé-7. 37-38.
- IZRI M.A., BELAZZOUG S., BOUDJEBLA Y., DEREURE J., PRATLONG F., DELALBRE-BELMONTE A. & J.A. RIOUX (1990): *Leishmania infantum* MON-1 isole de *Phlebotomus perniciosus*, en Kabylie (Algerie). – Ann. Parasitol. Hum. Comp **65**: 151-152.
- IZRI M.A. & S. BELAZZOUG (1993): *Phlebotomus (Larrousius) perfiliewi* naturally infected with dermatotropic *Leishmania infantum* at Tenes, Algeria. – Tran. Royal. Soc.Trop. Med. Hyg **87**: 399.
- IZRI M.A., MARTY P., FAURAN P., Le FICHOUX Y. & J. ROUSSET (1994): *Phlebotomus perfiliewi* PARROT, 1930 (Diptera: Psychodidae) dans le Sud-Est de la France. – Parasite **1**: 286.
- KILLICK KENDRICK R. (1990): Phlebotomine vectors of leishmaniasis: Review. – Med. Vet. Entomol. **4**: 1-24.
- MADULO-LEBLOND G. (1983): Les Phlebotomes (Diptera: Phlebotomidae) des Iles Ioniennes. Th. Doc., ES-Sc. Pharm. – Univ. Reims. Fac. Pharm, 218pp.
- MESSAI N., BERCHI S., BOULKNAFED F. & K. LOUADI (2011): Diversité biologique de Phlébotomes (Diptera : Psychodidae) de la région de Mila. – Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semi-arides.
- MOULAHEM T., FENDRI A., HARRAT Z., BENMEZDAD A., AISSAOUI K., AHRAOU S. & K. ADDADI (1998): *Phlebotomus* of Constantine: species captured in an urban apartment. – Bull. Soc. Pathol. Exot. **91** (4): 344-5.
- PARROT L. (1930a): Notes sur les phlébotomes IV- *Phlebotomus perfiliewi* n.sp. – Arch. Inst. Past. Alger **8**: 383-385.

- PARROT L. (1936): Notes sur les phlébotomes. XX. Sur *Phlebotomus langeroni* var. *longicuspis* NITZULESCU, 1930. – Arch. Inst. Past Alger **14**: 137-143.
- RIOUX J.-A., GOLVAN Y.-J., CROSET H., HOUIN R., JUMINER B., BAIN O. & S. TOUR (1967): Ecologie des leishmanioses dans le Sud de France. Echantillonnage. Ethologie. – Ann. Parasitol. Humm. Comp **42**: 561-603.
- RIOUX J.A., CROSET H. & B. JUMINER (1969): Présence en Tunisie de *Phlebotomus alexandri* (SINTON, 1928) *Sergentomyia clydei* (SINTON, 1928) et *Sergentomyia dryfussi* (PARROT, 1933). – Ann. Parasitol. Hum. Comp. **44**: 825-826.
- RIOUX J.A., CROSET H. & N. LÉGER (1974a). Presence en Espagne de *Phlebotomus alexandri* Sinton, 1928 (Diptera: Psychodidae). – Ann. Parasitol. Hum. Comp **49**: 126-128.
- RIOUX J.A., AKALAY O., PERIERES J., DEREURE J., MAHJOUR J., Le HOUÉROU H.N., LÉGER N., DESJEUX P., GALLEGRO M., SADDIKI A., BARKIA A. & H. NACHI (1997): L'évolution écoépidémiologique du risque leishmanien au Sahara atlantique marocain. Intérêt heuristique de la relation phlébotomes - bioclimats. – Ecol. Mediterr. **23**: 73-92.
- RUSO J., RIOUX J.A., LAMBERT M., RISPAL P., BELMONTE A. & S. BERCHI (1991): Chorologie des phlébotomes de l'Est Algérien (Diptera: Psychodidae). – Ann. Parasitol. Hum. Comp. **66**: 247-251.
- SERGEANT ET. & E. GUEIDON (1923): Chronique du bouton d'orient en Algérie, le "clou de Mila". – Arch. Inst. Pasteur Algérie, 1, 1-3.
- ZHIOUA E., KAABI B. & I. CHELBI (2007): Entomological investigations following the spread of visceral leishmaniasis in Tunisia. – Journal of Vector Ecology **32** (2): 1-4.

Authors' addresses:

Esmā RAMDANE  
Laboratoire de Biosystématique & Ecologie des Arthropodes  
Université des frères Mentouri, Constantine 1, Algérie  
E-mail: e.ramdane@gmail.com

SéliMA BERCHI  
Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie, Constantine, Algérie  
E-mail: selimaber@yahoo.fr

Kamel LOUADI  
Laboratoire de Biosystématique & Ecologie des Arthropodes  
Université des frères Mentouri, Constantine 1, Algérie  
E-mail: l\_louadi@hotmail.com



**Thème : Inventaire de la faune Phlébotomienne (*Diptera, Psychodidea*)  
vectrice de la maladie de la Leishmaniose humaine dans la région de  
Constantine.**

*Thèse de Doctorat 3 ème cycle LMD*  
*Option : Entomologie*

Les Phlébotomes (*Diptera, Psychodidae*) sont les seuls vecteurs connus des protozoaires du genre *Leishmania* responsables des leishmanioses cutanées et viscérales. En Algérie, ces infections constituent un réel problème de santé publique et une surveillance de l'évolution de ces vecteurs reste nécessaire afin d'envisager des stratégies de luttés adéquates. Le service de parasitologie du Centre Hospitalier Universitaire de Constantine (Algérie) nous a signalé plusieurs cas de leishmaniose dans les régions que nous avons prospectées. C'est dans cette optique, que nous avons mené une étude sur la biodiversité et la chorologie de la faune phlébotomienne dans la région de Constantine. Pour l'échantillonnage, nous avons adopté la technique des pièges adhésifs déposés dans diverses stations. Les résultats de l'étude morpho-taxonomique des phlébotomes collectés montrent la présence des deux genres de Phlébotomes: *Sergentomyia* et *Phlebotomus*. Les espèces identifiées sont au nombre de 5. Il s'agit de *Sergentomyia minuta parroti* RONDANI, 1843 (52,55%), *Phlebotomus perniciosus* NEWSTEAD, 1911 (42,33%), *Phlebotomus longicuspis* NITZULESCU 1930, (4,02%), *Phlebotomus perfiliewi* PARROT, 1930 (0,97%) et *Phlebotomus papatasi* SCOPOLI, 1786 (0,13%). Cet inventaire montre la présence de deux espèces du sous genre *Larroussi* (*P. perfiliewi* et *P. perniciosus*) vecteurs prouvés de *Leishmania infantum* responsable de la leishmaniose viscérale. Quant à l'espèce *P. papatasi* est vectrice de *Leishmania major* responsable de la leishmaniose cutanée.

**Mots clés: Phlébotomes, inventaire, Constantine, Leishmaniose.**

**Département de Biologie Animale  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Université Frères Mentouri Constantine**

**Laboratoire de recherche : Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes**

**Directrice de thèse : Mme BERCHI Sélima**