

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
Université 8 Mai 1945 Guelma



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et l'Univers  
Département : Ecologie et Génie de l'Environnement  
Laboratoire de domiciliation : Biologie, Eau et Environnement (LBEE)

# THÈSE

## En Vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat en Troisième Cycle

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie Filière : Ecologie et  
Environnement  
Spécialité : Eco-éthologie

Présentée par

**M. BENGAIID Yacine**

*Intitulée*

**Bioécologie des scorpions du genre *Buthacus* (Birula, 1908)  
dans le Sahara du centre algérien**

Soutenue le : 19/06/2025

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
Mme . LAOUABDIA SELLAMI Nadjette	Pr	Univ. de Guelma	Présidente
Mr. HOUHAMDI Moussa	Pr	Univ. de Guelma	Encadreur
Mr. SADINE Salah-Eddine	Pr	Univ.de Ghardaia	Co- encadreur
Mr. BENBRAHIM Fouzi	Pr	Univ.de Ghardaia	Examineur
Mr. ROUIBI Abdelhakim	MCA	Univ. de Guelma	Examineur
Mr. ATHAMNIA Mohamed	MCA	Univ.de Guelma	Examineur

Année Universitaire : 2024/2025

## شكر و تقدير

بداية نشكر الله تعالى الذي رزقنا الصحة والإرادة لبدء وإكمال هذه الأطروحة.

و أتوجه بالشكر إلى:

جميع أعضاء لجنة التحكيم للمشاركة في تقييم هذه الأطروحة.

أعرب امتناني بشكل خاص للبروفيسور **لعوادية سلاي نجاه** أستاذة بجامعة 8 ماي 1945 - قالمة

كونها رئيسةً للجنة التحكيم، لموافقتها على تحكيم هذا العمل.

وأتوجه بشكر خاص إلى البروفيسور **بن براهيم فوزي**، الأستاذ بجامعة غرداية والممتحن، لتفضله

بقبول تحكيم هذا العمل.

كما أعرب عن امتناني للدكتور **عثمانية محمد**، الأستاذ بجامعة 08 ماي 1945 بقالمة والممتحن، على

موافقته على تحكيم هذا العمل.

وكذلك الدكتور **روبي عبد الحكيم**، الأستاذ بجامعة 08 ماي 1945 بقالمة والممتحن، لقبوله القيام

بمهمة التحكيم.

كما أتقدم بالشكر لمشرفي في البحث، الأستاذ البروفيسور **موسى حوحامدي** من جامعة 08 ماي

1945 قالمة، على تفرغه ونصائحه القيمة، كلما واجهتني عقبة، كانت توجيهاته دائماً تفتح لي طريقاً

للحل.

وأشكر كذلك مشرفي الأستاذ البروفيسور صلاح الدين سعدين من جامعة غرداية، على نصائحه  
الثرية ومساعدته الوثائقية، من خلال مناقشاتنا قدم لي فهمًا أعمق للجوانب المختلفة للموضوع.  
وأقدر المرونة والانفتاح الذهني الذي تحلى به مشرفي البحث، إذ منحوني مساحة واسعة من  
الحرية لإنجاز هذا العمل البحثي بنجاح.

وأخيرًا، أقدم شكري العميق لكل من ساعدني، سواء عن قرب أو عن بعد، في إنجاز هذا العمل  
المتواضع.

## إهداء

أهدي هذا العمل البحثي المتواضع إلى :

والداي العزيزين اللذين قدما لي كل شيء دون حساب.

إلى إخوتي زيغم، فضيل، سليمان، إسماعيل، فضيلة وعائلاتهم.

إلى أسرتي الصغيرة: زوجتي وابني **محمد خبيب** .

إلى زملائي: أميمة، زينب، وخاصةً صديقي هارون الذي كان مصدر تحفيز وتشجيع دائم لي .

إلى أصدقائي: عصام ، عبدالسلام، جلول، أحمد، حمزة ، لؤي ، مصطفى، ابراهيم، عيسى و عبد

الرزاق و عبد المالك.

إلى جميع أساتذتي منذ سنوات دراستي الأولى (جامعة قاصدي مرباح ورقلة، جامعة غرداية،

جامعة 08 ماي 1945 قالمة) .وبشكل خاص: الدكتور فوزي بن إبراهيم، الذي كان نورًا منيرًا في

حياتي الجامعية.

**بن قايد ياسين.**

## Résumé

Cette étude vise à analyser l'écologie des scorpions du genre *Buthacus* dans différentes biotopes du Sahara du centre algérien. Cinq stations ont été choisies pour notre étude à savoir: Metlili, El Atteuf, Zelfana, Daya Ben Dahoua et Menia. Dans chaque station nous avons délimité trois biotopes distincts (erg, reg ensablé et milieu agricole). Les scorpions ont été collectés par capture directe de jour et de nuit à l'aide d'une lampe UV. Les efforts de ramassage ont permis de collecter 175 scorpions adultes appartenant au genre *Buthacus*, répartis en six espèces : *B. arenicola*, *B. birulai*, *B. elmenia*, *B. samiae*, *B. spinatus* et *B. deserticus*.

Les résultats indiquent que le Sahara central algérien abrite 50 % des espèces de *Buthacus* identifiées en Algérie et 16,66 % des espèces de ce genre au niveau mondial. L'erg d'El Atteuf est le plus riche en espèces (5), suivi du reg ensablé de Metlili et Zelfana (4 espèces), tandis que Menia et Daya Ben Dahoua présentent une diversité plus faible, avec 1 à 2 espèces par biotope. L'espèce *B. deserticus* est la plus abondante (36,57 %), suivie de *B. samiae* (25,57 %) et de *B. arenicola* (19,43 %). Les deux espèces *B. birulai* et *B. elmenia* sont faiblement représentées (4.57% et 2.29% respectivement).

L'indice de Shannon-Weaver révèle qu'El Atteuf a la plus grande diversité de scorpions (5 espèces), suivi de Metlili et Zelfana (4). La diversité est la plus élevée à El Atteuf et Zelfana (1,95) et la plus faible à Daya ben dahoua(0).

Concernant la phénologie, les mâles de *B. samiae*, *B. spinatus* et *B. deserticus* montrent une activité réduite en hiver, tandis que les femelles restent actives. Une forte activité se manifeste en été, suivie d'une préparation à la reproduction en automne. En termes de mise-bas, *B. arenicola* affiche un taux de survie des pullus de 87,5 %, *B. spinatus* de 60,9 % et *B. samiae* de 85,3 %. De plus, *B. samiae* a un nombre de pullus par mise-bas (54 %) supérieur à celui de *B. arenicola* et *B. spinatus* (environ 40 %).

Mots clés : Scorpion, Sahara du centre, Algérie, inventaire, phénologie, *Buthacus*

## Abstract

This study aims to analyze the ecology of scorpions of the genus *Buthacus* in different biotopes of the central Algerian Sahara. Five stations were chosen for our study: Metlili, El Atteuf, Zelfana, Daya Ben Dahoua, and Menia. At each station, we identified three distinct biotopes (erg, sandy reg, and agricultural environment). Scorpions were collected through direct capture during the day and night using a UV lamp. Collection efforts yielded 175 adult scorpions belonging to the genus *Buthacus*, distributed among six species: *B. arenicola*, *B. birulai*, *B. elmenia*, *B. samiae*, *B. spinatus*, and *B. deserticus*.

The results indicate that the central Algerian Sahara is home to 50% of the *Buthacus* species identified in Algeria and 16.66% of the species in this genus globally. The erg of El Atteuf is the richest in species (5), followed by the sandy reg of Metlili and Zelfana (4 species), while Menia and Daya Ben Dahoua show lower diversity, with 1 to 2 species per biotope. The species *B. deserticus* is the most abundant (36.57%), followed by *B. samiae* (25.57%) and *B. arenicola* (19.43%). *B. birulai* and *B. elmenia* are weakly represented (4.57% and 2.29% respectively).

The Shannon-Weaver index reveals that El Atteuf has the highest diversity of scorpions (5 species), followed by Metlili and Zelfana (4). The diversity is highest in El Atteuf and Zelfana (1.95) and lowest in Daya ben dahoua(0).

Regarding phenology, males of *B. samiae*, *B. spinatus*, and *B. deserticus* show reduced activity in winter, while females remain active. High activity is observed in summer, followed by reproductive preparation in autumn. In terms of birthing, *B. arenicola* has a survival rate of 87.5%, *B. spinatus* 60.9%, and *B. samiae* 85.3%. Moreover, *B. samiae* has a higher number of pullus per birthing (54%) compared to *B. arenicola* and *B. spinatus* (around 40%).

**Keywords:** Scorpion, central Sahara, Algeria, inventory, phenology, *Buthacus*

## الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل بيئة العقارب من نوع *Buthacus* في مواطن مختلفة من صحراء الجزائر الوسطى. تم اختيار خمس محطات لدراستنا: متليلي، العطف، زلفانة، ضاية بن ضحوة والمنيعية. في كل محطة، حددنا ثلاث مواطن مميزة (عرق، رق رملي، وبيئة زراعية). تم جمع العقارب من خلال التقاط مباشر خلال النهار وفي الليل باستخدام مصباح تحت الأشعة البنفسجية. أدت جهود الجمع إلى جمع 175 عقربًا بالغًا ينتمون إلى نوع *Buthacus*، موزعين على ستة أنواع هم: *B. arenicola*، *B. birulai*، *B. elmenia*، *B. samiae*، *B. spinatus* و *B. deserticus*.

تشير النتائج إلى أن صحراء الجزائر الوسطى تحتوي على 50% من جنس *Buthacus* المحددة في الجزائر و16.66% من الأنواع في هذا الجنس عالميًا. العرق في منطقة العطف هو الأكثر غنى بالأنواع (5)، يليه الرق الرملي في متليلي وزلفانة (4 أنواع)، بينما تظهر المنيعية وضاية بن ضحوة تنوعًا أقل، مع 1 إلى 2 نوع لكل موطن. النوع *B. deserticus* هو الأكثر وفرة (36.57%)، يليه *B. samiae* (25.57%) و *B. arenicola* (19.43%) بينما *B. birulai* و *B. elmenia* ممثلتان بنسب ضعيفة (4.57% و 2.29% على التوالي).

يظهر مؤشر شانون ويفر أن العطف لديه أكبر تنوع من العقارب (5 أنواع)، يليه متليلي وزلفانة (4). أعلى مستوى للتنوع هو في العطف وزلفانة (1.95) وأدنى مستوى في ضاية بن ضحوة (0).

فيما يتعلق بالفينولوجيا (دراسة الأحداث البيولوجية)، يظهر الذكور من *B. samiae* و *B. spinatus* و *B. deserticus* نشاطًا منخفضًا في الشتاء، بينما تبقى الإناث نشطة. يظهر نشاط مرتفع في الصيف، يليه استعداد للتكاثر في الخريف. بالنسبة للولادة، فإن *B. arenicola* لديها معدل بقاء للصغار بنسبة 87.5%، و *B. spinatus* 60.9% و *B. samiae* 85.3% علاوة على ذلك، فإن *B. samiae* لديها عدد من الصغار لكل ولادة (54%) أكبر من *B. arenicola* و *B. spinatus* حوالي 40%.

الكلمات المفتاحية: عقرب، الصحراء الوسطى، الجزائر، الجرد، الفينولوجيا، *Buthacus*.

## Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
<b>Tableau 1</b>	Comparaison de la morphologie des espèces de genre <i>Buthacus</i> dans le monde.	<b>7</b>
<b>Tableau 2</b>	Taux d'endémisme dans les pays d'Afrique qui sont diversifiés des espèces <i>Buthacus</i> .	<b>8</b>
<b>Tableau 3</b>	Différentes espèces de <i>Buthacus</i> signalées en Algérie.	<b>9</b>
<b>Tableau 4</b>	Superficies des communes de la Wilaya de Ghardaïa.	<b>12</b>
<b>Tableau 5</b>	Températures mensuelles maximales, minimales et moyennes de la région de GHARDAIA entre 2014 et 2023.	<b>16</b>
<b>Tableau 6</b>	précipitation mensuelles de la région de GHARDAIA entre 2014 et 2023.	<b>18</b>
<b>Tableau 7</b>	humidité relative de la région de GHARDAIA entre 2014 et 2023.	<b>19</b>
<b>Tableau 8</b>	Variation de vents mensuels de la région de GHARDAIA entre 2014 et 2023.	<b>20</b>
<b>Tableau 9</b>	les données nécessaires pour tracer le climagme d'Emberger.	<b>22</b>
<b>Tableau 10</b>	Coordonnées géographique des différentes stations retenues.	<b>25</b>
<b>Tableau 11</b>	Répartition des scorpions selon les différentes régions.	<b>33</b>
<b>Tableau 12</b>	Liste des espèces inventoriées du genre <i>Buthacus</i> .	<b>35</b>
<b>Tableau 13</b>	Richesse spécifique total dans les biotopes de cinq régions du genre <i>Buthacus</i> .	<b>41</b>
<b>Tableau 14</b>	Richesse spécifique totale (S), indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), diversité maximale (H' max) et équirépartition (E) de scorpions du genre <i>Buthacus</i> dans différents biotopes des cinq régions de Ghardaïa.	<b>50</b>
<b>Tableau 15</b>	Statistiques récapitulatives des comparaisons par paires du test de Tukey de l'indice de la diversité H' entre les différentes régions.	<b>51</b>
<b>Tableau 16</b>	Statistiques récapitulatives des comparaisons par paires du test de Tukey de l'indice de la diversité H' max entre les différentes régions.	<b>52</b>
<b>Tableau 17</b>	Statistiques récapitulatives des comparaisons par paires du test de Tukey de l'indice d'équirépartition (E) entre les différentes régions.	<b>53</b>
<b>Tableau 18</b>	Espèce proie pour tester la préférence alimentaire des espèces <i>Buthacus</i>	<b>65</b>

## Liste des figures

N°	Intitulé	Page
<b>Figure 1</b>	Déférences de granules entre les deux groupes des <i>Buthacus</i> .ge: granules accessoires externes gi: granules accessoires internes	<b>4</b>
<b>Figure 2</b>	Carte géographique de la région de Ghardaïa représentant les zones d'étude.	<b>13</b>
<b>Figure 3</b>	présentation graphique de la température moyenne pendant 2014-2023.	<b>15</b>
<b>Figure 4</b>	présentation graphique de la précipitation moyenne pendant 2014-2023.	<b>16</b>
<b>Figure 5</b>	présentation de l'humidité dans la région d'étude entre 2014 et 2023.	<b>17</b>
<b>Figure 6</b>	présentation graphique de la variation de la vitesse de vent pendant 2014-2023.	<b>18</b>
<b>Figure 7</b>	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (1998 - 2018).	<b>19</b>
<b>Figure 8</b>	Climagramme d'Emberger pour la région de Ghardaïa (2023).	<b>21</b>
<b>Figure 9</b>	Différents Biotopes de la zone d'étude. A : reg ensablé a Zelfana, B : Erg a El Atteuf, C : Milieu agricole a Metlili	<b>23</b>
<b>Figure 10</b>	Répartition des scorpions selon les régions	<b>33</b>
<b>Figure 11</b>	Répartition des scorpions selon les biotopes dans les régions d'étude	<b>34</b>
<b>Figure 12</b>	<i>Buthacus arenicola</i>	<b>36</b>
<b>Figure 13</b>	<i>Buthacus birulai</i>	<b>36</b>
<b>Figure 14</b>	<i>Buthacus samiae</i>	<b>37</b>
<b>Figure 15</b>	<i>Buthacus spinatus</i> en état juvénile	<b>38</b>
<b>Figure 16</b>	Cinquième anneaux de la queue et le telson de <i>B.spinatus</i>	<b>38</b>
<b>Figure 17</b>	<i>Buthacus elmenia</i>	<b>39</b>
<b>Figure 18</b>	Nombre des granules des doigts fixées des pédipalpes de <i>B,elmenia</i>	<b>39</b>
<b>Figure 19</b>	<i>Buthacus elmenia</i>	<b>40</b>
<b>Figure 20</b>	Forme et nombre des granules des doigts fixées des pédipalpes.01 : <i>B.diserticus</i> ♂, 02 : <i>B,diserticus</i> ♀.	<b>40</b>
<b>Figure 21</b>	Répartition de scorpions selon les biotopes dans les différentes régions d'étude	<b>42</b>
<b>Figure 22</b>	Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les cinq régions	<b>43</b>
<b>Figure 23</b>	Abondance relative des espèces dans les différents biotopes de la zone d'étude	<b>44</b>
<b>Figure 24</b>	Abondance relative des espèces de scorpions recensées par région	<b>45</b>
<b>Figure 25</b>	Abondance relative des espèces de scorpions par biotope dans la région de Metlili	<b>46</b>
<b>Figure 26</b>	Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les différents biotopes dans la région d'El Atteuf.	<b>47</b>
<b>Figure 27</b>	Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les différents biotopes de région de Zelfana.	<b>48</b>
<b>Figure 28</b>	Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les différents biotopes dans la région de Menia.	<b>49</b>
<b>Figure 29</b>	Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les différents biotopes dans la région de Daya ben dahoua.	<b>50</b>
<b>Figure 30</b>	Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') du genre <i>Buthacus</i> dans les biotopes des régions d'étude.	<b>51</b>
<b>Figure 31</b>	Indice de diversité maximale (H' max) du genre <i>Buthacus</i> dans les biotopes des régions d'étude.	<b>53</b>
<b>Figure 32</b>	Indice de diversité maximale (H' max) du genre <i>Buthacus</i> dans les biotopes des régions d'étude.	<b>54</b>
<b>Figure 33</b>	Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région de Metlili.	<b>55</b>

<b>Figure 34</b>	Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région d'El Atteuf	<b>56</b>
<b>Figure 35</b>	Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région de Zelfana	<b>57</b>
<b>Figure 36</b>	Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région de Menia	<b>57</b>
<b>Figure 37</b>	Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région de Daya ben dahoua.	<b>58</b>
<b>Figure 38</b>	Analyse des composants principaux selon les biotopes dans les cinq régions	<b>59</b>
<b>Figure 39</b>	Phénologie de <i>Buthacus samiae</i>	<b>60</b>
<b>Figure 40</b>	Phénologie de <i>Buthacus spinatus</i>	<b>61</b>
<b>Figure 41</b>	Phénologie de <i>Buthacus deserticus</i> .	<b>62</b>
<b>Figure 42</b>	Suivie des pullus de <i>B.arenicola</i> , <i>B.samiae</i> et <i>B.spinatus</i> jusqu'à le première stade	<b>64</b>
<b>Figure 43</b>	Le mi-bas chez de <i>B.arenicola</i> , <i>B.samiae</i> et <i>B.spinatus</i> .	<b>65</b>
<b>Figure 44</b>	Boite a moustache montre les temps de fixation et d'attaque de <i>B.arenicola</i> , <i>B,samiae</i> et <i>B, deserticus</i>	<b>66</b>
<b>Figure 45</b>	Boite a moustache montre les temps de voracité de <i>B.arenicola</i> , <i>B,samiae</i> et <i>B, deserticus</i>	<b>67</b>
<b>Figure 46</b>	A : Début de l'alimentation de <i>B. samiae</i> sur <i>Bombyx mori</i> , B : Fixation de <i>B.arenicola</i> sur <i>Periplaneta americana</i> , C : voracité de <i>B.deserticus</i> sur <i>Tenebrio molitor</i>	<b>67</b>
<b>Figure 47</b>	Variation des taux de consommation et des restes des proies chez <i>Buthacus arenicola</i>	<b>69</b>
<b>Figure 48</b>	Variation des taux de consommation et des restes des proies chez <i>Buthacus samiae</i>	<b>70</b>
<b>Figure 49</b>	Variation des taux de consommation et des restes des proies chez <i>Buthacus deserticus</i>	<b>71</b>
<b>Figure 50</b>	Le cannibalisme inter guildes entre deux différentes espèces <i>Buthacus arenicola</i> et <i>Orthochirus ennesi</i> dans un laboratoire.	<b>73</b>

## Table des matières

<b>Introduction</b>	
<b>Chapitre I: Généralités sur le genre <i>Buthacus</i></b>	
1-Historique de la taxonomie du genre <i>Buthacus</i>	4
2- Description morphologique du genre <i>Buthacus</i>	5
3- Bio-écologie du genre <i>Buthacus</i>	5
4. Répartition géographique de <i>Buthacus</i>	6
5. Revue sur les <i>Buthacus</i> en Algérie	8
<b>Chapitre II : Matériel et méthode</b>	
1. Situation géographique	11
2. Géomorphologie	12
2.1. Chebka	13
2.2. Régions de dayas	14
2.3. Plaines de dalle hamadienne	14
2.4. Ergs	14
3. Pédologie	14
4. Hédrographie	15
5. Facteurs climatiques	15
5.1. Température	15
5.2. Pluviométrie	16
5.3. Humidité	17
5.4. Vent	18
5.5. Synthèse climatique	19
5.6. Climagramme d'Emberger	20
6. Cadre biotique	22
6.1. Flore	22
6.2. Faune	22
7. Choix des stations	23
7.1. Milieu agricole	23
7.2. Erg	23
7.3. Reg ensablé	23
8. Echantillonnages	24
8. 1. Méthodes	24
8.2. Matériel de capture	25
8.2.1. Pinces	25
8.2.2. Boîtes de ramassage	25
8.2.3. Gants et les bottes	25
8.2.4. Outils d'observations	25
9. Identification	25
10. Exploitation des résultats	26
10.1. Indices écologiques de composition	26
10.1.1. Richesse spécifique	26
10.1.1.1. Richesse totale (S)	28
10.1.1.2. Richesse moyenne (Sm)	28
10.1.2. Fréquence centésimale ou abondance relative (AR)	27
10.2. Indices écologiques de structure	27
10.2.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver	27

10.2.2. Indice de diversité maximale	28
10.2.3. Indice d'Equitabilité	28
10.3. L'Analyse en Composantes Principales (ACP)	28
11. Etude autoécologique	29
11.1. Etude phénologique des espèces	29
11.2. Suivie de mise bas	29
11.2.1. Taux de survie des pullus après 24H	29
11.2.2. Moyenne de pullus par mise bas	29
11.2.3. Moyenne de pullus au premier stade par mise bas	29
11.2.4. Proportion de pullus au premier stade au totale des pullus vivants	30
11.3. Régime alimentaire	30
<b>Chapitre III : Résultat et discussion</b>	
1. Résultats	33
1.1. Répartition des scorpions selon les régions	33
1.2. Répartition des scorpions selon les biotopes dans la zone d'étude	34
1.3. Identification	34
1.3.1. <i>Buthacus arenicola</i> (Simon, 1885)	35
1.3.2. <i>Buthacus birulai</i> Lourenço, 2006	36
1.3.3. <i>Buthacus samiae</i> Lourenço & Sadine, 2015	36
1.3.4. <i>Buthacus spinatus</i> Lourenço, Bissati & Sadine, 2016	37
1.3.5. <i>Buthacus elmenia</i> Lourenço & Sadine, 2017	37
1.3.6. <i>Buthacus deserticus</i> Sadine, Souilem, Lourenço & Ythier, 2024	38
1.4. Répartition de scorpion selon les biotopes dans les différentes régions d'étude	39
1.5. Indice écologique de composition	41
1.5.1. Richesse spécifique et totale	42
1.5.2. Abondance relative	43
1.5.2.1. Abondance relative globale	43
1.5.2.2. Abondance relative par biotope	43
1.5.2.3. Abondance relative par région	44
1.5.2.4. Abondance relative dans par biotopes et par région	45
1.5.2.4.1. Abondance relative par biotope dans la région de Metlili	45
1.5.2.4.2. Abondance relative par biotope dans la région d'El-Atteuf	46
1.5.2.4.3. Abondance relative par biotope dans la région de Zelfana	46
1.5.2.4.4. Abondance relative par biotope dans la région de Menia	47
1.5.2.4.5. Abondance relative par biotope dans la région de Daya ben dahoua	48
1.6. Indice écologique de structure	49
1.6.1. Indice de Shannon Weaver	50
1.6.2. Indice de diversité maximale (H'max )	51
1.6.3. Indice d'Equitabilité	53
1.7. Analyse des composants principaux (ACP)	54
1.7.1. Analyse des composants principaux (ACP) dans la région de Metlili	55
1.7.2. Analyse des composants principaux (ACP) dans la région d'El-Atteuf	56
1.7.3. Analyse des composants principaux (ACP) dans la région de Zelfana	56
1.7.4. Analyse des composants principaux (ACP) dans la région de Menia	57
1.7.5. Analyse des composants principaux (ACP) dans la région de Daya ben dahoua	58
1.7.6. Analyse des composants principaux (ACP) dans les cinq régions de zone d'étude	58
1.8. Etude autoécologique	59

1.8.1. Etude Phénologique	59
1.8.1.1. Phénologie de <i>Buthacus samiae</i>	59
1.8.1.2. Phénologie de <i>Buthacus spinatus</i>	61
1.8.1.3. Phénologie de <i>Buthacus deserticus</i>	62
1.8.2. Suivie de mise-bas	63
1.8.3. Comportement alimentaire	66
1.8.3.1. interaction inter-gilde	66
1.8.3.1.1. Les temps de fixation et d'attaque (TFA)	66
1.8.3.1.2. Les temps de voracité (VT)	67
1.8.3.1.3. Taux de consommation des proies et taux de restes	69
Remarques	72
1. Cannibalisme	72
1.1. Cannibalisme intra gilde	72
1.2. Cannibalisme	72
2. Discussion	74
<b>Conclusion</b>	79
<b>Perspective</b>	82
<b>Références bibliographiques</b>	83

# **Introduction**

### Introduction

Les scorpions, font partie des arthropodes chélicères anciens (Vachon, 1952 ; Pisani et al, 2004), ont fait leur apparition au cours du Silurien, il y a environ 450 millions d'années, (Polis, 1990). Actuellement, les Scorpions comprennent une grande diversité avec 213 genres, 17 familles et 2709 espèces recensées dans le monde (Rein, 2024). Répartis dans l'espace avec des positions comprises entre 50° de latitude au nord et au sud de la ligne de l'équateur, à travers une vaste zone géographique (Vachon, 1952; Goyffon 2002; Chippaux & Goyffon, 2008).

L'Algérie, en raison de sa diversité climatique, affiche des valeurs élevées de diversité floristique et écosystémique, abritant ainsi une faune de scorpions très variée (Sadine *et al.*, 2012). Dans la dernière décennie, la faune de scorpions de l'Algérie a connue plusieurs révisions, synthèse et découverte de plusieurs espèces nous citons : Sadine *et al.* 2014 ; Lourenço & Sadine, 2014; Lourenço *et al.*, 2015 ; Lourenço & Rossi, 2015 ; Lourenço & Sadine, 2015; Sadine., *et al.*, 2015; Lourenço *et al.*, 2016; Sadine *et al.*, 2016 ; Lourenço *et al.*, 2017a; Lahrech & Souilem, 2017; Lourenço *et al.*, 2017b; Lourenço *et al.*, 2018 ; Sadine, 2018; Sadine *et al.*, 2018; Bengaid, 2018 ; Sadine *et al.*,2020 ; Sadine, 2020 ; Sadine, 2021 ; Sadine *et al.*, 2021; Bengaid *et al.*, 2022 ; Ythier, 2022 ; Sadine *et al.*, 2023.

Les scorpions en Algérie se déclinent principalement en trois familles (Mekahlia *et al.*, 2021) comprenant 54 espèces et sous espèces (Dupré *et al.*, 2023). Très récemment une nouvelle espèce de genre *Buthacus* Birula, 1908 a été ajouté à la faune scorpionique de l'Algérie (Sadine *et al.*, 2024). Par cette découverte, le nombre des espèces du genre *Buthacus* en Algérie s'élève à 12, soit 1/3 des *Buthacus* décrite au monde (Rein, 2024).

Le genre *Buthacus* en Algérie représente plus de 21% de la richesse nationale en scorpions. Dont, la majorité de ces espèces sont récemment découverte, tels que: *B. samiae* Lourenço & Sadine, 2015; *B. spinatus* Lourenço, Bissati & Sadine 2016; *B. elmenia* Lourenço & Sadine, 2017; *B. ahaggar* Lourenço, Kourim & Sadine 2017; *B. sadinei* Ythier, 2022 et *B. deserticus* Sadine, Souilem, Lourenço & Ythier, 2024.

De tels résultats viennent démontrer que le *Buthacus* est très diversifié en Algérie. Mais, l'aspect écologique de cette faune demeure faiblement exploré. De ce fait, notre travail a pour objectif de contribuer à l'étude phénologique et bioécologique des espèces du genre

*Buthacus* dans le Sahara du centre algérien (Ghardaïa). Car, d'une part, toutes les espèces *Buthacus* sont désertiques psammophiles. D'autre part, la majorité des nouvelles *Buthacus* sont décrites dans la région de Ghardaïa à savoir *B. samiae*; *B. spinatus*; *B. elmenia* et *B. deserticus*.

Le présent document s'articule en trois chapitres dont le premier est consacré à quelques généralités sur le genre *Buthacus* scorpions. Le second chapitre renferme la présente dans les régions d'étude, le matériel utilisé ainsi que les méthodes adaptées pour réaliser ce travail. Le troisième chapitre referme les résultats obtenues concernant la composition et la structure des scorpions du genre *Buthacus* et quelques remarques sur la phénologie et la bio-écologie, suivie par une discussion de ces résultats avec des travaux ultérieurs.

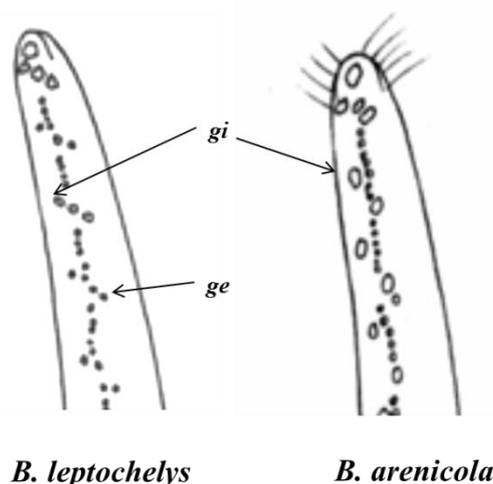
## **Chapitre I :**

# **Généralités sur le genre Buthacus**

Généralités sur le genre *Buthacus*1. Historique de la taxonomie du genre *Buthacus*

Le genre *Buthacus* a été créé par Birula (1908) en tant que sous-genre de *Buthus* Leach, 1815, comprenant comme espèce *Buthus leptochelys* (Ehrenberg, 1829) décrit du Sinai (Égypte) sous le nom *Androctonus (Leiurus) leptochelys*. Plusieurs révisions et plusieurs synonymes ont été attribués à ce groupe, Simon (1910) a pris une décision qui consiste à élever *Buthacus* au rang de genre. Dont, tous les chercheurs ultérieurs ont accepté et suivie cette proposition.

Vachon (1949; 1952) a finalement été validé comme genre et a également attiré l'attention sur l'extrême complexité de ce genre, et notamment sur le fait que *Buthacus leptochelys* et *Buthacus arenicola* (Simon, 1885) pourraient représenter deux complexes de formes ou d'espèces, plutôt que des espèces individuelles. Ce fait a été reconfirmé plus tard, où ils ont proposé de diviser le genre *Buthacus* en deux groupes d'espèces basés sur la structure de la dentition du doigt mobile, c'est-à-dire les espèces portant un nom complet ou presque complète, série de granules accessoires externes appartient au groupe *B. leptochelys* et les espèces avec la totalité ou la plupart des granules accessoires externes absents font partie du groupe *B. arenicola* (Levy & Amitai, 1980).



**Figure 1.** Différences de granules entre les deux groupes des *Buthacus*.ge: granules accessoires externes gi: granules accessoires internes

**2. Description morphologique du genre *Buthacus***

La partie céphalothoracique est légèrement allongée, presque aussi large que longue, avec une texture légèrement granuleuse mais sans arêtes saillantes facilement discernables. Son front est légèrement bombé au centre et parsemé de quelques macrochètes. Le bord arrière est très légèrement convexe et ne se termine pas en pointe. Les tubercules oculaires se trouvent vers l'avant du bouclier, et les yeux latéraux sont petits. Aucune macrochète n'est présente sur le bouclier. Les tergites, surtout les plus arrière, sont tricarénés, avec des arêtes lisses ou légèrement granuleuses, peu apparentes et très atténuées sur les tergites avant. Aucune macrochète n'est présente sur les tergites (Cain et al, 2021). La queue est composée d'anneaux uniformes ou légèrement rétrécis vers l'arrière, avec des crêtes dorsales peu marquées sur le quatrième anneau et absentes sur le cinquième, dont la surface est convexe. Le cadre anal présente des lobes latéraux bien développés, et la vésicule est fine, sans tubercules sous l'aiguillon. Le peigne a peu de soies, la plaque pectinifère a un bord droit, et le sternum triangulaire présente une profonde invagination. Les pattes-mâchoires ont des crêtes dorsales marquées et sont dotées de poils sensoriels (trichobothries), tandis que les pinces ont des dentelures distinctes avec des granules à leur base. Les pattes ambulatoires possèdent des éperons sur certaines articulations et des griffes longues, peu courbées. Chez le mâle, l'organe paraxial présente un flagelle avec une partie longue et rectiligne, et une partie plus courte se terminant par des lobes à la base. Vachon1952

**3. Bio-écologie du genre *Buthacus***

Les membres de ce genre habitent exclusivement les substrats sablonneux, montrant une forte affinité avec l'Erg ou les biotopes sableux (Sadine, 2012 ; 2018 ; Bengaid *et al.*, 2022) et s'adaptant à différents degrés de stabilité du substrat, déterminés par des facteurs tels que la texture et la présence de roches et de végétation (Cain *et al.*, 2021).

Les scorpions du genre *Buthacus* Birula, 1908, communément appelés scorpions des sables, se trouvent largement dans les déserts sablonneux de la région paléarctique (Cain et al., 2021) tel que l'Erg ou les biotopes sableux (Bengaid et al., 2022; Sadine et al., 2023).

Ces scorpions ont développé une série d'adaptations pour la locomotion et le creusement dans les environnements sablonneux. Ces adaptations comprennent l'allongement des pattes, en particulier des pattes III et IV, la compression dorso-ventrale des basitarsi des pattes I–III, et la présence de rangées de macrosetae allongées appelées « peignes de sable » le

long de certains segments des pattes. De plus, ils possèdent des macrosetae allongées sur les surfaces latérales et ventrales des telotarsi (le dernier segment de la patte) et des griffes allongées, souvent inégales en longueur sur les telotarsi des pattes I et II. De nombreuses espèces présentent également des caractéristiques telles que la réduction de la granulation et de la carénation sur le tégument et une coloration pâle, souvent corrélée à une réduction de la pigmentation. Ces adaptations spécialisées permettent à ces scorpions de prospérer dans leurs habitats sablonneux, mettant en valeur la remarquable diversité et résilience de la vie des arachnides dans les écosystèmes désertiques. (Cain et al., 2021)

#### **4. Répartition géographique de *Buthacus***

Les limites de *Buthacus* par rapport à plusieurs autres genres buthidés paléarctiques psammophiles restent également floues (Kovařík et al., 2013, 2016 ; Kovařík, 2018 ; Lowe et al., 2019 ; Alqahtani et Badry, 2020). Cependant, Leur habitat s'étend de la côte atlantique de l'Afrique de l'Ouest, traversant le Sahara et s'étendant à travers le Moyen-Orient jusqu'en Inde (Vachon, 1952 ; Levy et al., 1973 ; Levy et Amitai, 1980 ; Fet et Lowe, 2000 ; Lourenço, 2004a ; Lourenço et Qi, 2006a ; Yağmur et al., 2008 ; Zambre et Lourenço, 2010).

La répartition géographique des espèces du genre *Buthacus* offre une vue d'ensemble précieuse de la distribution de ces scorpions dans divers pays et régions. Cette présentation permet de mieux comprendre la diversité et la répartition géographique de ce genre de scorpions et les espèces endémiques dans ces pays.

A l'heure actuelle, le genre *Buthacus* compte 36 espèces décrites au monde (Rein, 2024). Le tableau 1 synthétise la comparaison entre ces espèces en comptant la couleur, la taille, nombre des dents des peignes et le nombre des granules sur les deux doigts de pédipalpe.

**Tableau1.** Comparaison de la morphologie des espèces de genre *Buthacus* dans le monde.

N°	Espèces	Couleur	Taille (mm)	Nombre des dents		Nbr des granules
				male	femelle	
1	<i>B. agarwali</i> Zambre & Lourenço, 2010	jaune pâle	34.5	33-38	26-27	12
2	<i>B. ahaggar</i> Lourenço, Kourim & Sadine, 2017	jaune à jaune pâle sans taches	51.5	28-29	/	9-10
3	<i>B. algerianus</i> Lourenço, 2006	jaunâtre sans aucune tache	43.5	28-31	22-24	10-10
4	<i>B. amitaii</i> Cain, Gefen & Prendini, 2021	olive jaunâtre	53.9	23 -23	29-29	9-9
5	<i>B. arava</i> Cain, Gefen & Prendini, 2021	jaune pâle à olive jaunâtre	70.4	18-21	12-13	9-10
6	<i>B. arenicola</i> (Simon, 1885)	jaune claire à jaune paille	55	27/23	21/25	8/9
7	<i>B. armasi</i> Lourenço, 2013	Jaune. Les jambes sont plus pâles avec points d'articulation bruns, pectines blanchâtres	65.8	35-34	29-29	7-9
8	<i>B. bicolor</i> Afifeh, Al-Saraireh, Baker, Amr & Lourenço, 2022	jaune pâle	75	32-37	25-28	9-9
9	<i>B. birulai</i> Lourenço, 2006	jaunâtre à jaune pâle	59.5	/	29-29	9-10
10	<i>B. clevai</i> Lourenço, 2001	jaunâtre	33	23-23	16-16	6-7
11	<i>B. deserticus</i> Sadine, Souilem, Lourenço & Ythier, 2024	jaune à jaune pâle, segment métasomal V avec des reflets brun foncé à noirâtres	39	21-23	17-18	8-9
12	<i>B. elmenia</i> Lourenço & Sadine, 2017	jaune à jaune pâle	40.7	/	16-16	7-8
13	<i>B. foleyi</i> Vachon, 1948	Brun jaunâtre	50	21-25	15-18	8-10
14	<i>B. frontalis</i> Werner, 1936	/	/	/	/	/
15	<i>B. fuscata</i> Pallary, 1929	jaune claire à jaune paille	55	27/23	21/25	8/9
16	<i>B. golovatchi</i> Lourenço, Duhem & Cloudsley-Thompson, 2012	jaunâtre à jaune pâle	42.5	26-29	/	8/9
17	<i>B. leptochelys</i> Ehrenberg, 1829	Jaune. Les jambes sont plus pâles avec	65.8	35-34	29-29	7-9
18	<i>B. levyi</i> Cain, Gefen & Prendini, 2021	olive jaunâtre	49.2	33-32	29-25	8-10
19	<i>Buthacus maliensis</i> Lourenço & Qi, 2007	jaunâtre avec des taches brunâtres sur la carapace, métasomique segments et pédipalpes	29.8	36-36	/	11-12
20	<i>B. maroccanus</i> Lourenço, 2006	/	41.35	/	/	/
21	<i>B. mahraouii</i> Lourenço, 2004	jaunâtre	50	37-36	/	9-10
22	<i>B. nigerianus</i> Lourenço & Qi, 2006	jaunâtre à jaune pâle sans aucune tache	38	25-25	/	8-9
23	<i>B. nitzani</i> Levy, Amitai & Shulov, 1973	olive jaunâtre	50.8	31-31	23-23	7-10
24	<i>B. occidentalis</i> Vachon, 1953	jaunâtre à jaune pâle sans des taches	45.5	25-27	19-22	9-9
25	<i>B. pakistanensis</i> Lourenço & Qi, 2006	jaunâtre à jaune pâle	55.5	32-34	26-26	8/9
26	<i>B. sadinei</i> Ythier, 2022	jaunâtre	56.2	29-30	/	9-10
27	<i>B. samiae</i> Lourenço & Sadine, 2015	jaune à jaune pâle	55.8	28-32	24-26	8-9
28	<i>B. spatzi</i> Birula, 1911	jaunâtre	50	37-36	/	9-10
29	<i>B. spinatus</i> Lourenço, Bissati & Sadine, 2016	jaune à jaune pâle avec un segment métasomal V brun foncé à noirâtre	27.5	/	21-23	7-8
30	<i>B. stockmanni</i> Kovarik, Lowe & Stahlavsky, 2016	jaune à orange avec une carapace plus foncée	53.5	23-29	16-22	9/9

31	<i>B. striffleri</i> Lourenço, 2004	jaune pâle à jaune rougeâtre seul le telson est plus foncé, brun rougeâtre	70	34-35	33-35	9-9
32	<i>B. tadmorensis</i> Simon, 1892	<i>B. leptochelys</i> (Ehrenberg, 1829)	70.75	/	30-32	10-10
33	<i>B. villiersi</i> Vachon, 1949	Brun jaunâtre	30	/	/	6/7
34	<i>B. williamsi</i> Lourenço & Leguin, 2009	/	/	/	/	/
35	<i>B. yotvatensis</i> Levy, Amitai et Shulov, 1973	jaune pâle à jaune pâle	75	32-37	25-28	9-9
36	<i>B. zieglerei</i> Lourenço, 2000	jaunâtre	54	28-37	19-24	9/11

Le taux d'endémismes des espèces du genre *Buthus* est plus ou moins élevé. Le tableau suivant résume le taux d'endémie dans les pays de l'Afrique.

**Tableau2.** Taux d'endémisme dans les pays d'Afrique qui sont diversifiés des espèces *Buthacus*.

Pays	Nombre des espèces	Nombre des Espèces endémiques	Taux d'endémisme
Algerie	12	8	80%
Morocco	4	3	75%
Egypte	3	1	33%
Tunisie	2	/	/
Lybie	4	/	/
Sénégal	2	2	100%

### 5. Revue sur les *Buthacus* en Algérie

La première révision pour *Buthacus* a été présentée pour les espèces d'Afrique du Nord et de l'Ouest par Vachon (1952). Dont, quatre espèces morphologiquement distincts du genre *Buthacus* en été cités en Algérie: *B. arenicola* (Simon, 1885), *B. foleyi* Vachon, 1948, *B. leptochelys* (Ehrenberg, 1829) et *B. spatzi* (Birula, 1911).

Lourenço (2006) a procédé à une révision de ce genre en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, mettant en évidence une variation notable des caractéristiques au sein des groupes *B. arenicola* et *B. leptochelys*, conduisant à la conclusion que "même si les deux groupes peuvent être justifiés, l'association d'une espèce donnée à l'un ou l'autre d'entre eux peut poser certains problèmes difficiles. Il a défini deux sous espèces *B. arenicola arenicola* (Biskra) et *B. leptochelys algerianus* (Ouest algérien) et une espèce *B. birulai* = *B. spatzi*.

Autre espèce *B.armasi* Lourenço, 2013 a été ajouté aux *Buthacus* de l'Algérie issue de la région de Tassili N'Ajjar.

En définitif, l'Algérie a l'heure actuelle abrite 12 espèce de *Buthacus* qui sont récapitulés dans le tableau suivant.

**Tableau 3.** Différentes espèces de *Buthacus* signalées en Algérie

N°	Espèces	Sous espèces	Référence
1	<i>B. ahaggar</i> Lourenço, Kourim & Sadine, 2017	/	Lourenço, Kourim & Sadine, 2017
2	<i>B. arenicola</i> (Simon, 1885)	<i>B. arenicola arenicola</i> (Simon, 1885)	Lourenço, 2006
3	<i>B. armasi</i> Lourenço, 2013	/	Lourenço, 2013
4	<i>B. birulai</i> Lourenço, 2006	/	Lourenço, 2006
5	<i>B. deserticus</i> Sadine, Souilem, Lourenço & Ythier, 2024	/	Sadine, Souilem, Lourenço & Ythier, 2024
6	<i>B. elmenia</i> Lourenço & Sadine, 2017	/	Lourenço & Sadine, 2017
7	<i>B. foleyi</i> Vachon, 1948	/	Lourenço et al., 2017
8	<i>B. leptochelys</i> (Ehrenberg, 1829)	<i>B. leptochelys algerianus</i> Lourenço, 2006	Lourenço, 2006
9	<i>B. sadinei</i> Ythier, 2022	/	Ythier, 2022
10	<i>B. samiae</i> Lourenço & Sadine, 2015	/	Lourenço & Sadine, 2015
11	<i>B. spatzi</i> (Birula, 1911)	/	Vachon, 1952
12	<i>B. spinatus</i> Lourenço, Bissati & Sadine, 2016	/	Lourenço, Bissati & Sadine, 2016

# **Chapitre II :**

## **Matériel et méthode**

### Matériel et méthodes

Dans cette étude, la région de Ghardaïa, située au cœur du Sahara, a été choisie comme zone d'investigation. Sa description est présentée ci-dessous.

#### 1. Situation géographique

La région de Ghardaïa, positionnée au cœur du nord du Sahara, a été créée lors de la réorganisation administrative de 1984. Avant cette date, l'ensemble de son territoire faisait partie de l'ancienne Wilaya de Laghouat.

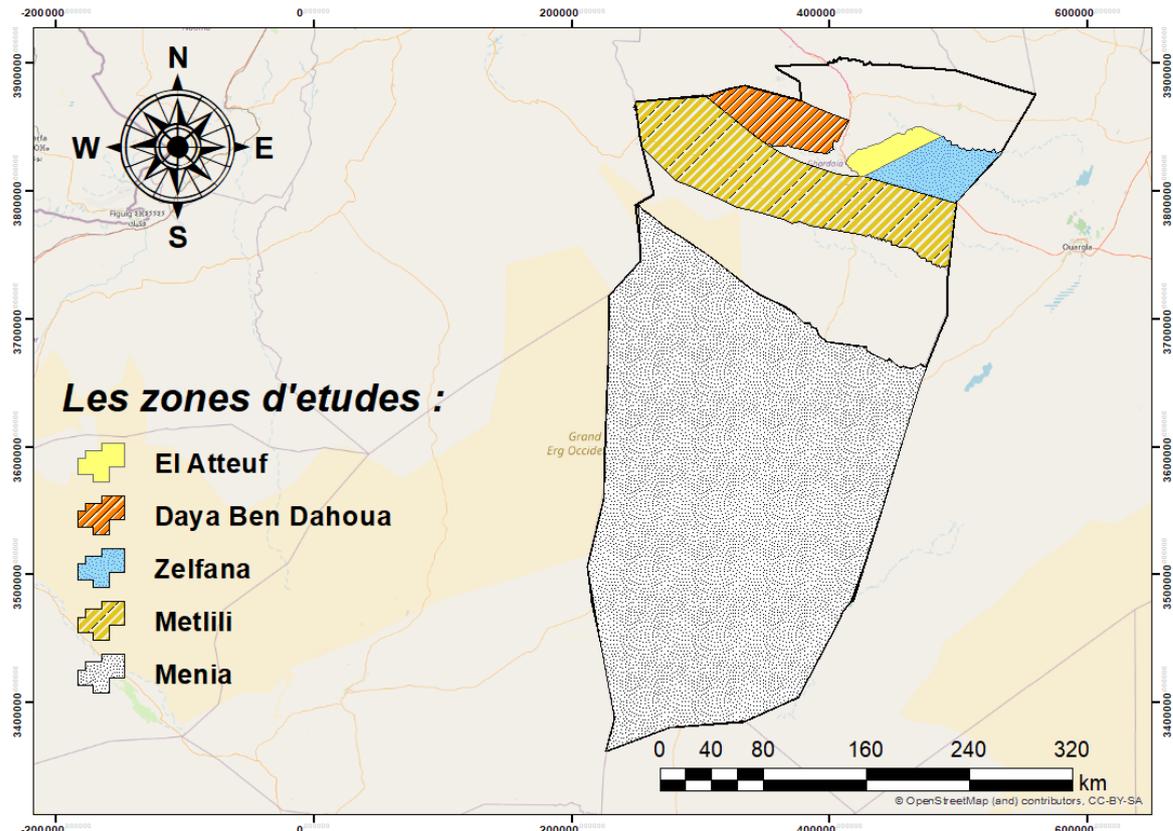
Les frontières administratives de la wilaya de Ghardaïa sont définies comme suit :

- Au Nord : la Wilaya de Laghouat (200 Km) et au Nord-est : la Wilaya de Djelfa (300 Km)
- A l'Est : la Wilaya de Ouargla (200 Km)
- Au Sud : la Wilaya de Menia (270 Km)
- A l'Ouest : la Wilaya d'El Bayadh (350 Km) (Benkenzou et *al*, 2012).

La Wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 84.660,12 km<sup>2</sup>, réparties entre 10 communes (le tableau 04).

**Tableau 4.** Superficies des communes de la Wilaya de Ghardaïa (Benkenzou et *al*, 2012).

Communes	Superficies (Km <sup>2</sup> )
Ghardaïa	306,47
El-Ménéa	23.920,68
Daya Ben Dahoua	2.234,94
Berriane	2.609,80
Metlili	5.010,12
Guerrara	3.382,27
El- Atteuf	717,01
Zelfana	1.946,23
Sebseb	4.366,82
Bounoura	778,92
Hassi El Fhel	6.875,39
Hassi El Gara	27.698,92
Mansoura	4.812,55
Total	84.660,12



**Figure 02.** Carte géographique de la région de Ghardaïa représentant les zones d'étude.

## 2. Géomorphologie

La région de Ghardaïa, implantée sur le plateau aride du Nord Sahara, s'étend entre les ergs oriental et occidental. Elle forme une entité orographique relativement uniforme, englobant une vaste portion de la wilaya de Ghardaïa (Nouh Mefnoune, 2006 ; Miourigh, 2011). On y distingue principalement les formations géomorphologiques suivantes.

D'un point de vue géomorphologique, la province de Ghardaïa se distingue par la présence de plaines terminales continentales, de zones sablonneuses, de la Chebka, ainsi que d'une vaste région centrale couvrant environ 450 km du nord au sud et 200 km d'est en ouest (Oulmane, 2016). Cette dernière ne représente qu'une fraction limitée du paysage global, soit environ 20 %. Le paysage est principalement dominé par les hamadas et les regs, tandis que les alluvions et les encroûtements apparaissent de manière localisée (Ozenda, 1991 ; Monod, 1992). Trois grandes formations géomorphologiques peuvent être distinguées dans la région de Ghardaïa :

Le M'Zab Chabka s'étend sur environ 8 000 km<sup>2</sup>, représentant 21 % de la superficie totale du M'Zab (Coyne, 1989).

La région des daïas, localisée dans la commune de Guerrara, constitue une petite partie de la zone de Ghardaïa. Elle s'étend au sud de l'Atlas saharien et s'étire jusqu'au méridien de Laghouat (Coyne, 1989).

- La région des Ergs, située à l'est de la zone étudiée, repose sur un socle géologique pliocène. Elle est caractérisée par une forte présence de regs, constitués de sols caillouteux et compacts. Cette zone comprend les communes de Zelfana, Bounoura et El-Atulf (Coyne, 1989 ; Djilali, 2019).
- Le sol de la région de Ghardaïa est particulièrement exposé à l'érosion éolienne. Toutefois, la surface présente d'importantes quantités d'argiles de type « Hamada », qui se retrouve en plus grande concentration dans les dépressions en raison de l'accumulation de sédiments alluvionnaires (Ouled Ali et Nadjem, 2023).

### **2.1.Chebka**

Ce plateau rocheux d'origine crétacée, couvrant environ 8 000 km<sup>2</sup>, soit 21 % de la superficie totale de la région (Coyne, 1989), est majoritairement composé de terrains carbonatés. Il est marqué par de nombreux ravins irréguliers, de profondeurs variables, formant un réseau complexe.

D'après Pavard (1975), les zones de Chebka correspondent à un plateau secondaire constitué de dépôts issus de l'action combinée des précipitations et du vent. Ce plateau est constitué de calcaires dolomitiques bruns à structure cristalline, stratifiés en bancs pouvant atteindre une centaine de mètres d'épaisseur, reposant sur des formations marneuses ou argileuses. Il s'élève progressivement vers l'ouest avant de s'achever abruptement au niveau de la grande falaise d'El-Loua, offrant ainsi une coupe naturelle et oblique de la formation.

Neuf communes sont situées totalement ou partiellement sur ce plateau, notamment Ghardaïa, Berriane, Daya Ben Dahoua, Bounoura, El-Ateuf, Metlili, Sebseb, Mansoura et Hassi L'fehel (Ducos et al., 1962)

**2.2.Régions des dayas**

Les dayas, issues d'un substratum miopliocène, résultent de processus karstiques impliquant la dissolution souterraine. Ce phénomène entraîne à la fois un approfondissement des dépressions et une expansion progressive par corrosion périphérique (Barry et Faurel, 1977).

Elles s'étendent du sud de l'Atlas saharien jusqu'au méridien de Laghouat, où l'accumulation de minéraux argileux favorise la formation de petites mares temporaires, occupant une superficie restreinte dans la région (Abonneau, 1983).

**2.3.Plaines de dalle hamadienne**

Situées à l'est de la région de Ghardaïa, ces formations rocheuses et caillouteuses, issues d'un substratum pliocène, sont couramment appelées regs. Elles résultent de la déflation de la roche, favorisant l'accumulation en surface de fragments anguleux sous forme de polyèdres dispersés. Ces formations s'étendent sur les communes de Zelfana, Bounoura et El-Ateuf (Abonneau, 1983 ; Lebatt et Mahmat Sakher, 1997).

**2.4.Ergs**

Ces formations sableuses, responsables de l'expansion de l'erg occidental, se caractérisent par des cordons dunaires denses et élevés. Elles apparaissent sous diverses formes, notamment des rides, des voiles sableux, des nebkas, des massifs et d'autres structures dunaires (Djili, 2004).

**3. La pédologie**

Dans le Sahara septentrional algérien, l'érosion éolienne intense dénude les sols, laissant en surface des accumulations de matériaux grossiers d'ablation, formant des regs ou des hamadas. Cet agent morphogénétique majeur qu'est le vent transporte les particules fines issues de l'altération mécanique des roches (fragmentation et ablation), contribuant ainsi à la formation de vastes étendues sableuses et de champs de dunes (erg) (Benslama, 2021).

**4. Hydrographie**

Dans les régions arides, les précipitations sont extrêmement variables et peuvent avoir des effets destructeurs, notamment en provoquant des crues soudaines. Les oueds sahariens, caractérisés par un écoulement intermittent, jouent un rôle essentiel dans l'alimentation des aquifères. Leur fréquence dépend directement du régime pluviométrique, qui fluctue considérablement d'une année à l'autre (Chabour, 2006 ; Benslama, 2021).

**5. Facteurs climatiques**

Les facteurs climatiques jouent un rôle essentiel dans la répartition et la survie des organismes vivants, comme l'a souligné Chahma (2013). La région de Ghardaïa se caractérise par un climat aride saharien.

**5.1. Température**

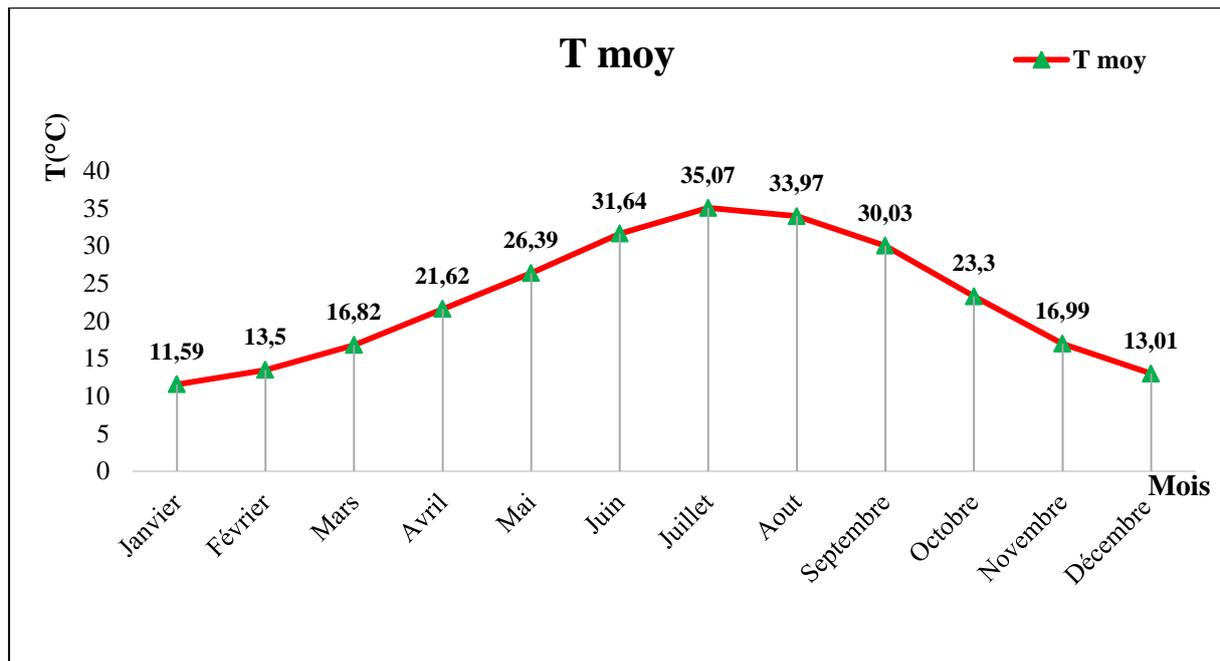
La température est un facteur clé influençant la répartition géographique des animaux et des plantes, ainsi que la durée de leurs cycles biologiques. Elle joue un rôle crucial dans la régulation des activités des espèces et des communautés au sein de la biosphère (Chehma, 2011).

À Ghardaïa, le mois d'août est généralement le plus chaud, tandis que janvier est le mois le plus froid, selon les observations de Bensemaoune (2008).

**Tableau 05.** Températures mensuelles maximales, minimales et moyennes de la région de GHARDAIA entre 2014 et 2023.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII	IX	X	XI	Moy annuelle
Tmax(°C)	17,15	19,02	22,66	28,04	32,27	38 ,27	<b>41,57</b>	40,22	36,08	29,11	22,56	18,23	28,81
Tmin(°C)	<b>6,02</b>	7,97	10,98	15,2	20,01	25,01	28,56	27,71	23,71	23,97	17,48	7,79	17,87
Tmoy(°C)	11,59	13,5	16,82	21,62	26,39	31,64	<b>35,07</b>	33,97	30,03	23,3	16,99	13,01	22,83

- T max : température maximal
- T min : température minimale
- T moy : température moyenne



**Figure 03.** Présentation graphique de la température moyenne pendant 2014-2023.

## 5.2. La pluviométrie

La pluviométrie annuelle moyenne est d'environ 60 mm dans la région. Cependant, cette moyenne n'a pas une grande pertinence, car il peut ne pas pleuvoir pendant plusieurs années consécutives. Malgré cela, sur une période de deux à trois jours, des précipitations de 50 à 80 mm peuvent se produire, entraînant parfois des crues importantes avec des débits considérables. Ces débits peuvent atteindre jusqu'à 1000 m<sup>3</sup>/s, avec une fréquence cinquantenaire, selon les observations (Achour, 2005).

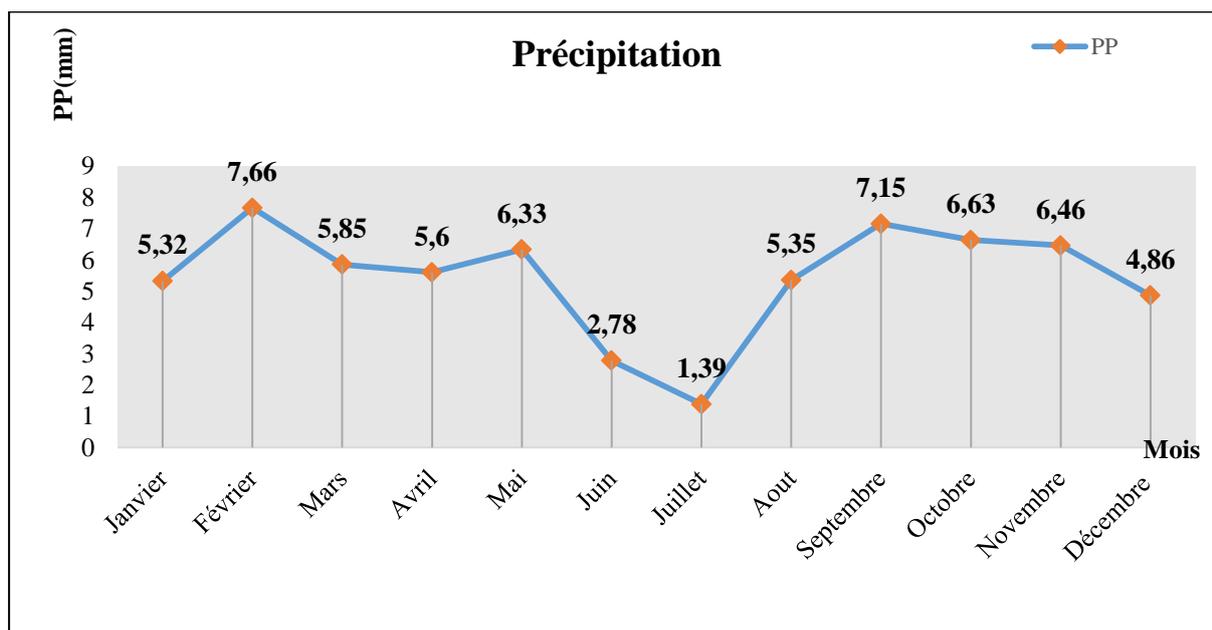
La région de Ghardaïa est marquée par une période pluvieuse relativement courte les valeurs des précipitations mensuelles obtenues entre la période de 2014 et 2023 exprimées en Millimètres sont présentés dans le (Tab.06).

Les précipitations sont rares et irrégulières, les mois de Février et Septembre sont les plus Pluvieux avec des précipitations respectives 7,66 mm et 7,15 mm alors on distingue 05 mois de sécheresse (des mois secs). Les autres mois ont des précipitations comprises entre 5,60 et 6,46mm. Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre 5,44 mm pour les années 2014 à 2023.

**Tableau 06.** Précipitation mensuelles de la région de GHARDAIA entre 2014 et 2023.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII	IX	X	XI	Moy annuelle
PP(mm)	5,32	7,66	5,85	5,59	6,32	2,78	<b>1,39</b>	5,35	7,14	6,62	6,46	4,86	5,44

- PP : la précipitation.



**Figure 04.** Présentation graphique de la précipitation moyenne pendant 2014-2023.

### 5.3. Humidité

L'humidité relative de l'air exerce une influence sur les densités des populations en entraînant une diminution du nombre d'individus lorsque les conditions sont défavorables. Selon Chehma (2013) une humidité relative dépassant les 85 % est associée à une diminution des populations. L'humidité relative de l'air dans cette localité est extrêmement basse.

**Tableau 07.** Humidité relative de la région de GHARDAIA entre 2014 et 2023.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII	IX	X	XI	Moy annuelle
H(%)	38,39	33,06	28,96	24,7	21,32	16,77	<b>15,03</b>	19,33	26,05	31,33	37,94	<b>44,44</b>	28,11

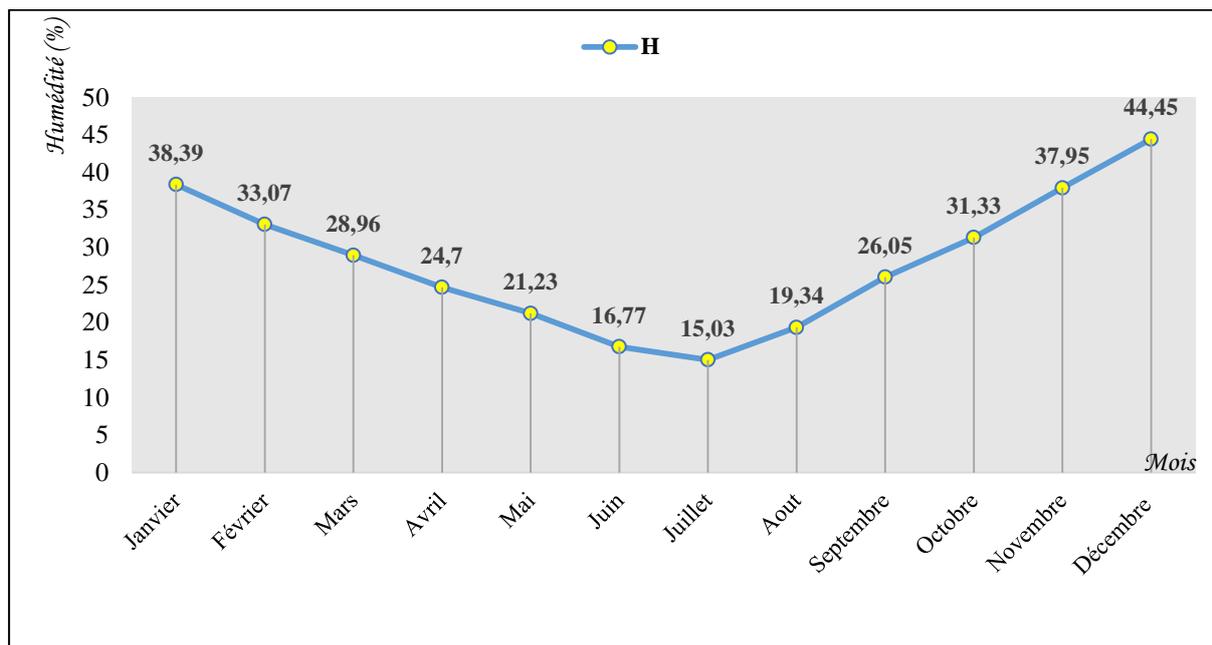


Figure 05 : présentation de l’humidité dans la région d’étude entre 2014 et 2023.

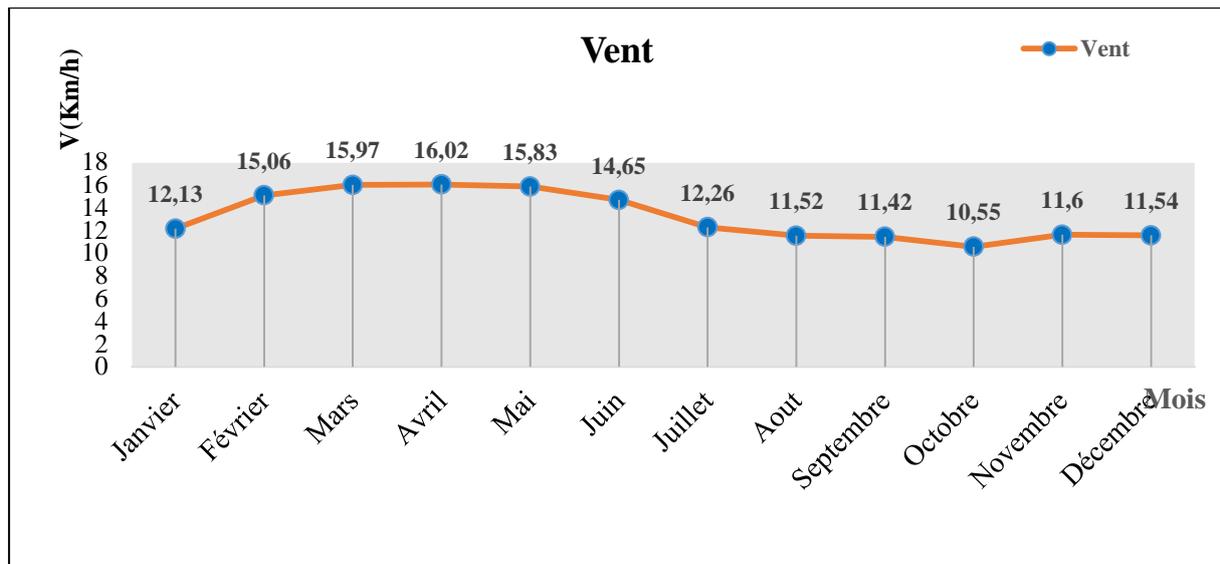
#### 5.4. Vent

En hiver, les vents dominant dans la région soufflent du nord-ouest, se distinguant par leur fraîcheur et une humidité relative. À l’inverse, les vents estivaux, en provenance du nord-est, sont forts, chauds et fréquents. Leur impact sur la production végétale est notable, car ils intensifient l’évapotranspiration et accentuent la sécheresse de l’air (Boukraa, 2009 ; Chehma, 2013). Dans cette section, nous détaillerons les équipements et les méthodes utilisés pour cette étude, en mettant l’accent sur la collecte, l’identification et l’exploitation des données.

Tableau 08. Variation de vents mensuels de la région de GHARDAIA entre 2014 et 2023.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII	IX	X	XI	Moy annuelle
V(km/h)	12,13	15,06	15,97	<b>16,02</b>	15,83	14,65	12,26	11,52	11,42	10,55	11,6	11,54	13,21

• V : le vent.



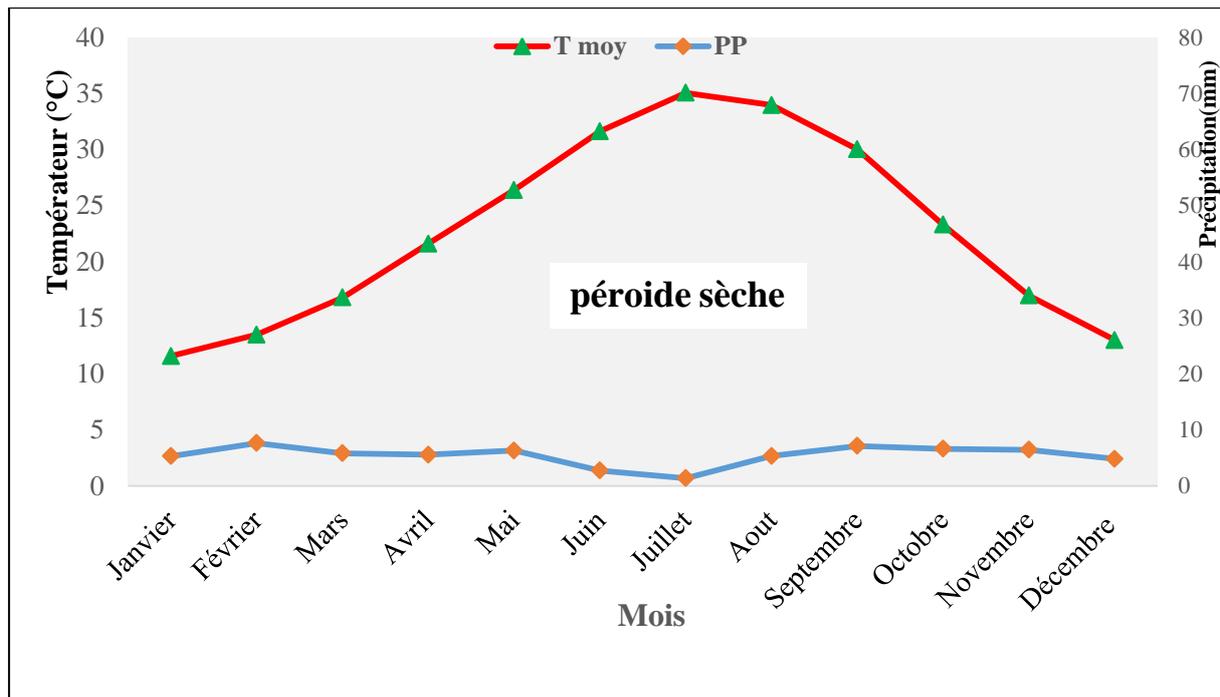
**Figure 06.** Présentation graphique de la variation de la vitesse de vent pendant 2014-2023.

### 5.5. Synthèse climatique

En s'appuyant sur des données climatiques recueillies sur une période de 10 ans, incluant les relevés mensuels des précipitations et des températures, une courbe pluviométrique peut être tracée afin d'identifier la période de sécheresse. L'analyse des variations saisonnières de la disponibilité en eau est réalisée à l'aide du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953), comme illustré dans la figure 07.

- L'axe des abscisses représente les mois de l'année.
- L'axe des ordonnées indique les précipitations en millimètres (mm) et les températures moyennes en °C.
- L'échelle adoptée est de  $P = 2T$  pour l'analyse.
- L'espace entre les deux courbes permet d'identifier la période de sécheresse.

Dans la région de Ghardaïa, cette période sèche persiste tout au long de l'année.



**Figure 07.** Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (1998 - 2018).

### 5.6. Climagramme d'Emberger

Le climagramme d'Emberger est un outil permettant de caractériser les différents étages climatiques à partir d'un indice intégrant plusieurs paramètres : la pluviométrie annuelle moyenne, la température minimale moyenne du mois le plus froid et la température maximale moyenne du mois le plus chaud.

Sur cette base, Emberger a défini quatre principaux étages climatiques, déterminés en fonction des niveaux de précipitations annuelles suivants :

- Etage aride : 300-500 mm
- Etage semi-aride : 500-700 mm
- Etage subhumide : 700-1 000 mm
- Etage humide : > 1 000 mm (F. White 1986).

L'indice climatique, également appelé facteur d'Emberger (Q), a été défini en 1969 et se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$Q_2 = 3,43 \times P / (M-m)$$

Où :

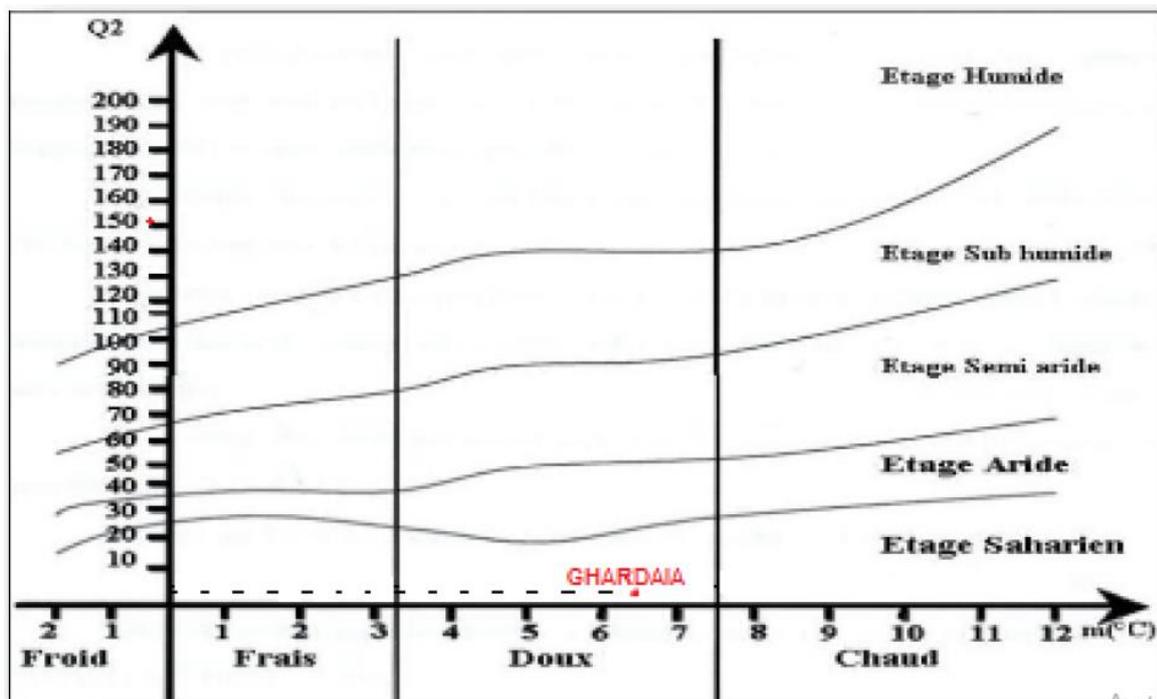
- Q : facteur climatique d’Emberger,
- P : précipitations annuelles moyennes (en mm),
- M : température maximale moyenne du mois le plus chaud (en °C),
- m : température minimale moyenne du mois le plus froid (en °C).

Cette formule constitue un outil essentiel pour analyser les variations climatiques et attribuer une région aux différents étages climatiques définis par Emberger (Ben Semaoune, 2008).

**Tableau n09.** Les données nécessaires pour tracer le climagmme d’Emberger.

P	M	m	Q	Q <sub>2</sub>
	<b>41,57</b>	<b>6,02</b>	3,43	4,03

D’après le (Tableau 09) la Wilaya de Ghardaïa se situe dans l’étage bioclimatique saharien.



**Figure 08.** Climagramme d'Emberger pour la région de Ghardaïa (2023).

## 6. Cadre biotique

### 6.1. Flore

La région de Ghardaïa, située à la limite nord du Sahara et soumise à un climat désertique, se caractérise par une végétation clairsemée, principalement concentrée le long des oueds et autour des palmeraies (Ozenda, 1977). La flore saharienne y est constituée d'herbacées, d'arbustes et d'arbres, notamment *Tamarix gallica* et *Phoenix dactylifera* (palmier dattier), autour desquels se développent diverses cultures fruitières, maraîchères et condimentaires (Quézel et Santa, 1962 ; Ozenda, 1983).

La flore locale comprend 108 espèces réparties en 37 familles botaniques, parmi lesquelles les plus représentées sont :

- Apiaceae (*Ferula vesceritensis*),
- Brassicaceae (*Diplotaxis harraet*),
- Chenopodiaceae (*Salsola longifolia*),
- Fabaceae (*Astragalus armatus*),
- Asteraceae, la famille la plus diversifiée (*Artemisia campestris*, *Artemisia herba-alba*, *Perralderia coronopifolia*).

La vallée du M'Zab abrite également de nombreuses plantes médicinales, largement utilisées en phytothérapie, notamment pour le traitement de l'hyperglycémie (33 espèces) et de l'infertilité (25 espèces réparties sur 14 familles) (Kemassi et al., 2014 ; Chehma, 2006 ; Hadj-Syed et al., 2015 ; Meddour, 2019).

### 6.2. Faune

La région de Ghardaïa abrite une faune diversifiée, composée d'espèces adaptées aux conditions sahariennes, englobant à la fois des vertébrés et des invertébrés.

Parmi les invertébrés, on recense divers arachnides (Sadine et al., 2014 ; Alioua et al., 2016) et insectes (Djilali, 2009 ; Djilali et al., 2016 ; Boukaraa et al., 2011), avec une entomofaune variée appartenant à plusieurs ordres, notamment les dictyoptères, orthoptères, dermoptères, homoptères, coléoptères et lépidoptères. La famille des Tenebrionidae est la plus représentée, avec 14 espèces recensées, dont *Anemia brevicollis*, *Cyphostethe sahariensis* et *Ooxycara becharensis*.

Concernant les vertébrés, la région héberge plusieurs groupes :

- Avifaune : 36 espèces réparties en 19 familles, incluant *Athene noctua saharae*, *Columba livia* et *Sylvia deserticola*.
- Amphibiens : 2 familles et 2 espèces identifiées.
- Reptiles : 2 ordres, 4 familles et 5 espèces.
- Mammifères : 19 espèces réparties en 11 familles et 4 ordres, avec une prédominance des rongeurs (Rodentia), comprenant *Gerbillus gerbillus*, *Meriones crassus*, *Jaculus jaculus* et *Massoutiera m'zab* (Djilali et al., 2016 ; Meddour, 2019).

## **7. Choix des stations**

Une station d'étude est une zone délimitée, quelle que soit son étendue, qui représente un ensemble complet et spécifique de conditions nécessaires à la survie des espèces qui y vivent (Daget et Godron, 1982). Pour notre recherche, nous avons sélectionné trois biotopes dans cinq régions de Ghardaïa, à savoir les milieux agricoles, les ergs et les regs ensablés. Le choix de ces stations est motivé par l'abondance des scorpions du genre *Buthacus* dans ces environnements.

### **7.1. Milieu agricole**

Cet écosystème caractérise les oasis, où une biodiversité végétale et animale particulièrement riche est observée. La palmeraie, véritable forêt, crée un méso-climat favorable au développement de nombreux organismes (Hebbaz, 2009).

### **7.2. Erg**

Les ergs vifs se présentent sous forme de grandes crêtes parallèles, atteignant une hauteur de 50 à 80 mètres, souvent bordées de franges appelées **Sioufs**. Certains alignements s'étendent sur plusieurs dizaines de kilomètres, comme l'a décrit Toutain (1979). Ces vastes étendues désertiques sont couvertes de dunes actives disposées selon divers agencements, formant des structures compactes et complexes. Leur organisation suit une ou plusieurs orientations dominantes, générant ainsi de longs alignements parallèles.

### **7.3. Reg ensablé**

Il s'agit de plaines constituées de graviers, de fragments rocheux et de zones sableuses. Au Sahara, ces étendues couvrent des surfaces considérables (Monod, 1992).

**Tableau 10.** Coordonnées géographiques des différentes stations retenues (El-Atteuf, Metlili, Zelfana, Menia, Daya ben dahoua).

Stations	Biotopes	Latitudes (N)	Latitudes (E)	Altitudes (m)
El-Atteuf	Milieu agricole	32°27'	03°44'	464
	Erg	32°31'	03°50'	463
	Reg ensablé	32°24'	03°52'	426
Mettili	Milieu agricole	32°23'	03°29'	568
	Erg	32°13'	03°24'	503
	Reg ensablé	32°19'	03°31'	559
Zelfana	Milieu agricole	32°21'	04°13'	339
	Erg	32°21'	04°13'	342
	Reg ensablé	32°24'	04°06'	360
Menia	Milieu agricole	30°40'	03°00'	430
	Erg	30°56'	02°45'	554
	Reg ensablé	31°17'	03°30'	405
Daya ben dahoua	Milieu agricole	32°33'	03°38'	530
	Erg	32°34'	03°21'	611
	Reg ensablé	32°34'	03°29'	575



**Figure 9.** Différents Biotopes de la zone d'étude. A : reg ensablé a Zelfana, B : Erg a El Atteuf, C : Milieu agricole a Metlili

## 8. Echantillonnage

Dans le cadre de la présente étude, un échantillonnage aléatoire est utilisé sur une période de deux ans, de 2021 à 2023. Les spécimens collectés sont conservés dans des récipients hermétiquement fermés et étiquetés de manière appropriée.

### 8. 1. Méthode

La capture des scorpions peut être réalisée individuellement ou en groupe, c'est-à-dire par une personne seule ou par plusieurs personnes collaborant à la collecte.

Ainsi, nous avons effectué plusieurs collectes dans les différentes stations sélectionnées. Les scorpions ont été récupérés dans divers micro-habitats, tels que sous les pierres, dans des peaux animales en décomposition, et dans des trous de sable.

Chaque scorpion collecté est soigneusement placé dans un flacon en plastique ou en verre, auquel on attache une étiquette indiquant des informations cruciales telles que le lieu de capture et la date. Les spécimens sont ensuite conservés dans de l'alcool à 70°.

## **8.2. Matériel de capture**

Le matériel nécessaire pour capturer les scorpions inclut :

### **8.2.1. Pinces**

Des pinces d'environ 30 cm de long, permettant une capture sécurisée des scorpions.

### **8.2.2. Boîtes de ramassage**

Les contenants utilisés sont hermétiques, ventilés, conçus en matériau solide et inoxydable, et disponibles en diverses tailles.

### **8.2.3. Gants et les bottes**

Fabriqués en caoutchouc ou en cuir, ces gants mesurent au moins 30 cm de long et assurent une protection efficace de la main et de l'avant-bras.

### **8.2.4. Outils d'observations**

L'observation a été réalisée à l'aide de divers équipements, notamment un appareil photo numérique avec zoom, un GPS et une torche à lumière ultraviolette adaptée à la capture nocturne.

## **9. Identification**

Les scorpions sont collectés sur les cinq sites avant d'être transportés au laboratoire pour identification. Après euthanasie des spécimens, ceux-ci sont identifiés et étiquetés après validation. L'identification des espèces a été effectuée au laboratoire de zoologie de l'université de Ghardaïa.

## 10. Exploitation des résultats

### 10.1. Indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition combinent la richesse spécifique, c'est-à-dire le nombre total d'espèces, et leur abondance, exprimée en termes de fréquence, de densité ou d'abondance des individus au sein du peuplement, comme l'explique Blondel (1975). Ces indices incluent la richesse spécifique, la fréquence centésimale et la fréquence d'occurrence, également appelée constance.

#### 10.1.1. Richesse spécifique

Selon Ramade (1984), la richesse est un paramètre essentiel pour caractériser un peuplement. Elle comprend la richesse totale, qui correspond au nombre d'espèces présentes, ainsi que la richesse moyenne, qui reflète la diversité spécifique au sein d'un habitat donné.

##### 10.1.1.1. Richesse totale (S)

D'après Blondel (1979), la richesse totale correspond au nombre d'espèces recensées au moins une fois au cours de N relevés. Elle permet d'évaluer l'abondance des espèces présentes. Un nombre élevé d'espèces implique des interactions plus complexes entre elles et avec leur environnement, comme l'a souligné Baziz (2002).

##### 10.1.1.2. Richesse moyenne (Sm)

Selon Blondel (1979), la richesse moyenne correspond au nombre moyen d'espèces observées par relevé, permettant d'évaluer l'homogénéité du peuplement. Une variance élevée de cette richesse traduit une plus grande hétérogénéité du peuplement (Ramade, 1984).

Dans cette étude, la richesse spécifique sera calculée par biotopes, tandis que la richesse moyenne sera évaluée à l'échelle régionale.

$$SM = \frac{\text{Le nombre total d'espèces recensées lors de chaque relevé.}}{\text{Nombre de relevés effectués.}}$$

**10.1.2. Fréquence centésimale ou abondance relative (AR)**

D'après Blondel (1979), la richesse moyenne correspond au nombre moyen d'espèces observées par relevé et permet d'évaluer l'homogénéité du peuplement. Une variance élevée de cette richesse indique une plus grande hétérogénéité du peuplement (Ramade, 1984).

$$AR = n / N \cdot 100$$

Elle permet de détailler la position occupée par les effectifs de chaque espèce dans les différents biotopes.

- n = nombre total des individus d'espèce i prise en considération.
- N = nombre total des individus de toutes les espèces présentes.

**10.2. Indices écologiques de structure**

Parmi ces indices, on distingue l'indice de diversité de Shannon-Weaver, la diversité maximale et l'indice d'équitabilité, chacun permettant d'évaluer la structure et l'organisation du peuplement.

**10.2.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver**

D'après Veira-Dasilva (1979), l'indice de diversité de Shannon-Weaver se calcule à l'aide de la formule suivante :

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

- H' : est l'indice de diversité de Shannon-Weaver exprimé en unités bits.
- q<sub>i</sub> : est la fréquence relative d'abondance de l'espèce i prises en considération.

L'indice de diversité mesure la répartition des espèces dans un environnement, indépendamment de la taille de l'échantillon. Selon Magurran (1988), il varie généralement entre 1,5 et 3,5, dépassant rarement 4,5. Un indice de 0 bits indique la présence d'une seule espèce, tandis qu'une valeur plus élevée traduit une diversité accrue.

Dans cette étude, l'indice de Shannon-Weaver est utilisé pour analyser la diversité des scorpions en fonction des biotopes (Dajoz, 1975).

**10.2.2. Indice de diversité maximale**

La diversité maximale est calculée selon la formule suivante, d'après Blondel (1979).

$$H'_{\max} = \log_2 S$$

- $H'_{\max}$  : diversité maximale
- $S$  : richesse totale

**10.2.3. Indice d'équitabilité**

L'équitabilité, un indice complémentaire dans l'analyse de la diversité spécifique, permet de comparer la diversité entre différents peuplements. Selon Blondel (1979), elle correspond au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale.

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

- $E$  est l'équirépartition.
- $H'$  est l'indice de diversité observée.
- $H'_{\max}$  est l'indice de diversité maximale.

Selon Ramade (1984), l'équitabilité varie de 0 à 1. Elle tend vers 0 lorsque la majorité des individus se concentrent sur une seule espèce, et atteint 1 lorsque toutes les espèces sont représentées de manière équivalente en termes d'abondance (Barbault, 1993).

**10.3. L'Analyse en Composantes Principales (ACP)**

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode multivariée utilisée pour analyser les relations entre les différentes colonnes d'un tableau à variables multiples. Elle s'applique spécifiquement aux variables numériques et est particulièrement utile pour traiter un ensemble d'observations associées à des valeurs quantitatives.

Le tableau de départ de l'ACP est structuré avec les individus en lignes et les variables en colonnes, chaque case contenant la valeur numérique correspondante. L'algorithme effectue plusieurs opérations sur cette matrice, notamment le centrage-réduction des données, la diagonalisation de la matrice de corrélation, l'extraction des valeurs propres et des vecteurs propres.

L'objectif principal de l'ACP est de réduire le nombre initial de variables en un ensemble plus restreint, obtenu par combinaison linéaire des variables de départ. Ces nouvelles variables sont appelées composantes principales (Romain Lucas Glele Kakaï, 2016).

## **11. Etude autoécologique**

L'autoécologie est une discipline qui étudie les interactions d'une espèce vivante avec son environnement, en analysant les conditions nécessaires à sa survie et à sa reproduction (Larousse, 2015).

Dans cette étude, l'autoécologie porte sur les espèces de scorpions du centre du Sahara algérien, en mettant l'accent sur leurs aspects phénologiques et bioécologiques.

### **11.1. Etude phénologique des espèces**

La phénologie est l'étude des relations entre les stades de développement des organismes et les conditions saisonnières, principalement climatiques (Odum, 1997). Le cycle phénologique d'une espèce traduit les variations saisonnières de ses phases de développement et s'étend généralement sur une année (Touffet, 1982).

### **11.2. Suivi de Mise-bas**

#### **11.2.1. Taux de survie des pullus après 24 heures**

$$\text{Taux de survie des pullus} = \frac{\text{Nombre des pullus vivants après 24 H}}{\text{Nombre des pullus vivants après mise bas}} \times 100$$

#### **11.2.2. Moyen de pullus par mise bas**

$$\text{Moyen de pullus par mise bas} = \frac{\text{Nombre des pullus vivants après mise bas}}{\text{Nombre de mise bas}} \times 100$$

#### **11.2.3. Moyen de pullus au premier stade par mise bas**

$$\text{Moyen de pullus au 1}^{\text{er}} \text{ stade par mise bas} = \frac{\text{Nombre des pullus premier stade}}{\text{Nombre de mise bas}} \times 100$$

**11.2.4. Proportion de pullus au premier stade par rapport au total des pullus vivants :**

$$\frac{\text{Nbr des pullus 1 er stade}}{\text{Nbr des pullus vivants après 24 H}} \times 100$$

**11.3. Régime alimentaire**

Le scorpion se nourrit exclusivement de proies vivantes, qu'il détecte grâce à ses soies sensorielles. Lorsqu'il est en quête de nourriture ou en position d'affût, il adopte une posture spécifique avec la queue relevée, tandis qu'au repos, celle-ci reste au sol. Son régime alimentaire est diversifié et inclut plusieurs insectes, tels que les mouches, coléoptères (adultes et larves), blattes, sauterelles, criquets, mantes et papillons, ainsi que d'autres arthropodes comme les fourmis, opilions, araignées et mille-pattes. Il peut également s'attaquer à de jeunes souris nouveau-nées.

L'écologie et le comportement alimentaire des scorpions dans les zones arides d'Afrique du Nord, notamment en Algérie, demeurent encore peu étudiés. Cette recherche s'intéresse aux préférences alimentaires de trois espèces : *Buthacus arenicola*, *Buthacus samiae* et *Buthacus deserticus*. Elle examine leurs interactions avec leurs proies ainsi que les phénomènes de prédation et de cannibalisme entre ces espèces en conditions de laboratoire.

Nous avons étudié les paramètres de suivi de comportement alimentaire suivant :

Le temps de fixation et d'attaque (TFA) : il s'agit de temps mesuré entre l'entrée de l'espèce proies dans le terrarium et leur fixation par le scorpion.

Le temps de voracité (VT) : Il s'agit de l'intervalle de temps de manipulation des proies entre la fixation et le relâchement.

Le taux de consommation de la proie : Nous avons mesuré le poids de la proie avant la consommation et le poids de reste et en calcule le pourcentage.

$$TC = P_1 - P_2$$

$$TC \times 100 / P_1$$

Le taux de reste : Le résultat entre le poids initial et le poids consommé.

$$TR = P_2 \times 100 / P_1$$

Où :

$P_1$  : poids de la proie avant la consommation.

$P_2$  : poids du reste de la proie.

# **Chapitre III :**

## **Résultats et discussion**

Résultats et discussion

1. Résultats

Les sorties réalisées dans les 15 stations entre 2021 et 2023 ont permis de collecter 175 individus répartis sur les différentes stations, présenté dans le tableau 11.

Tableau 11. Distribution des scorpions dans les différentes régions.

Régions	Biotores	Nombre d'individus	Total
Metlili	Milieu Agricole	15	46
	Erg	20	
	Reg Ensablé	11	
Atteuf	Milieu Agricole	5	43
	Erg	32	
	Reg Ensablé	6	
Zelfana	Milieu Agricole	2	37
	Erg	20	
	Reg Ensablé	15	
Menia	Milieu Agricole	0	6
	Erg	5	
	Reg Ensablé	1	
Daya ben dahoua	Milieu Agricole	35	43
	Erg	7	
	Reg Ensablé	1	
Total			175

1.1. Répartition des scorpions selon les régions

La répartition des scorpions selon les régions est résumée dans le la figure suivante.

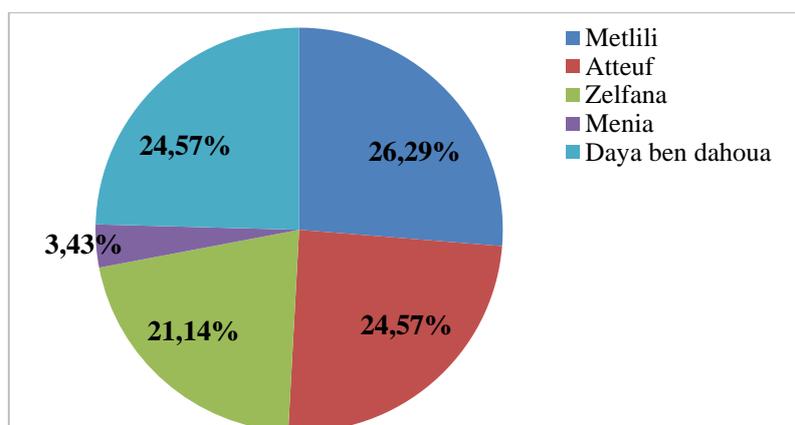
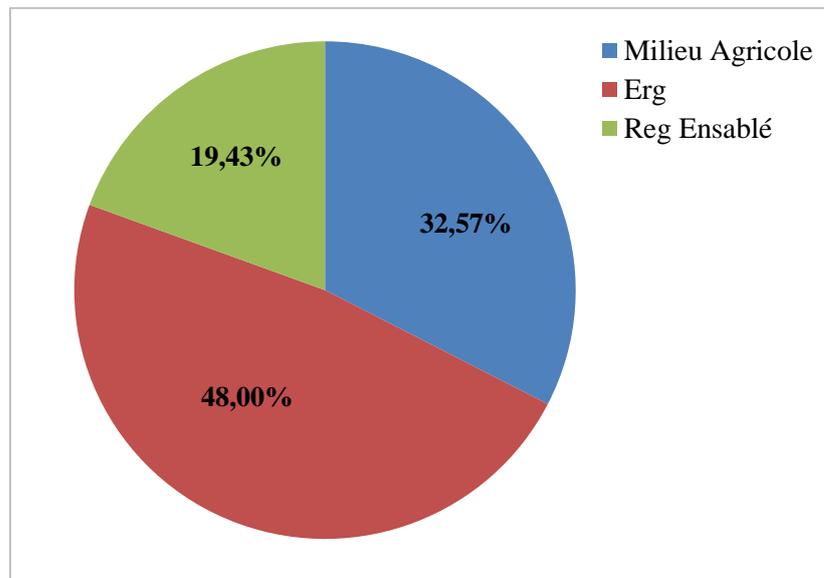


Figure 10. Répartition des scorpions selon les régions

La figure 10 montre que le nombre d'individus récoltés dans les cinq régions est presque semblable à l'exception de la région de Menia qui est plus ou moins inférieure aux autres régions (03.43%). En effet, le pourcentage des scorpions récoltés dans les autres régions est compris entre 21% et 26%.

### 1.2. Répartition des scorpions selon les biotopes dans la zone d'étude

Répartition des scorpions selon les biotopes dans quatre régions d'étude est illustrée dans la figure 11.



**Figure 11.** Répartition des scorpions selon les biotopes dans les régions d'étude

D'après la figure 11, le nombre des individus est très variable. Dont, les Ergs contiennent le plus grand nombre des individus récoltés avec un nombre total de 84 individus soit 48.00% des scorpions collectés, suivie par les milieux d'agricoles 32.57% (57 individus). Les Regs ensablés contribués par un nombre faible des scorpions 34 individus qui représente 19.43%.

### 1.3. Identification

Sur la base des critères morphologique, nous avons dressé la liste systématique pour les différents scorpions rencontrés du genre Buthacus.

L'inventaire faunistique réalisé dans les régions échantillonnées a permis d'identifier un total de 06 espèces (Tableau 12).

**Tableau 12.** Liste des espèces inventoriées du genre *Buthacus*

N°	Espèces	Endémisme
1	<i>B. arenicola</i> (Simon, 1885)	/
2	<i>B. birulai</i> Lourenço, 2006	Pour l'Algérie
3	<i>B. elmenia</i> Lourenço & Sadine, 2017	Pour la région
4	<i>B. samiae</i> Lourenço & Sadine, 2015	Pour l'Algérie
5	<i>B. spinatus</i> Lourenço, Bissati & Sadine, 2016	Pour la région
6	<i>B. deserticus</i> Sadine, Souilem, Lourenço & Ythier, 2024	Pour la région

La liste de six espèces de *Buthacus* dans la zone étudiée est très importante, elle représente 50% des espèces *Buthacus* identifiées en Algérie et de 16.66% des espèces scorpioniques du genre *Buthacus* identifiées au monde. La description des espèces *Buthacus* inventoriée est détaillée comme suite :

### 1.3.1. *Buthacus arenicola* (Simon, 1885)

Un scorpion de petite à moyenne taille, mesurant entre 5 et 6 cm. Il a une couleur jaune claire à jaune paille (fig. 12). Sa queue est longue et très fine, et il est facile à distinguer grâce à ses appendices fins et à ses gros yeux médians (Vachon, 1952). Les doigts du scorpion sont équipés de 8 à 9 séries de granules sombres, et les peignes sur la pince ont 27 à 31 dents chez les mâles et 21 à 25 dents chez les femelles, selon les observations de Sadine (2012). Ces caractéristiques offrent une description simple et concise de ce scorpion particulier.

Cette espèce de scorpion est originaire du sud de la Tunisie, notamment de Gabès et Tozeur. Initialement décrite par Simon sous le nom de *Buthacus arenicola*, elle a été considérée comme synonyme de *Buthacus leptochelys* par divers auteurs, dont Simon lui-même, comme indiqué par Vachon (1952).

Pour distinguer *B. arenicola* d'une autre espèce similaire, *B. birulai* présente dans des régions voisines. *B. arenicola* est caractérisée par la présence de 9 à 10 séries de granules et des peignes avec 35 dents chez le mâle et 29 dents chez la femelle. Ces caractéristiques permettent de différencier clairement *B. arenicola* de *B. birulai* fournissant des éléments importants pour l'identification précise de ces espèces de scorpions dans la région.



Figure 12. *Buthacus arenicola*

### 1.3.2. *Buthacus birulai* Lourenço, 2006

Les scorpions étudiés sont de taille modérée à grande, mesurant 57 mm chez les mâles et 62 mm chez les femelles, avec une coloration jaune pâle uniforme. Ils présentent 9 à 10 rangées de granules sur les pédipalpes et un nombre de dents pectinaires variant de 32 à 35 chez les mâles, et de 29 chez les femelles. Lourenço avait déjà étudié des spécimens provenant d'El-Oued, en Algérie orientale, mais cette étude a identifié un nouvel échantillon dans la région de Ghardaïa, marquant une nouvelle localisation pour cette espèce hors de son aire de répartition connue.



Figure 13. *Buthacus birulai*

### 1.3.3. *Buthacus samiae* Lourenço & Sadine, 2015

Un scorpion de taille moyenne, mesurant entre 5 et 6 cm, avec une couleur allant du jaune clair au jaune paille. Sa queue est longue et fine. Les doigts du scorpion sont fixes et

mobiles, avec 8 à 9 séries de granules sombres. Les peignes sur la pince présentent 28 à 32 dents chez le mâle et 24 à 26 dents chez la femelle, selon les observations de Lourenço et Sadine (2015). Dans la région de Ghardaïa, cette espèce a été identifiée précédemment comme *Buthacus arenicola* par Sadine *et al* (2014).

Une analyse approfondie basée sur des échantillons prélevés à Hassi L’Fhel et Sebseb a révélé qu’il s’agit d’une espèce complètement distincte de *B. arenicola* d’Ouargla (Sadine, 2005 ; 2012) et d’El-Oued (Sadine *et al.*, 2011). En l’absence de granulés accessoires externes, elle semble être étroitement liée à *B. birulai* (Lourenço, 2006). Cependant, elle peut être distinguée par certaines différences, notamment le nombre de dents pectinales (24 à 32 par rapport à 29 à 35 chez *B. birulai*) et le nombre de granules sur les doigts fixes et mobiles des pédipalpes, avec 8-9 séries de granules chez *B. samiae* et 9-10 chez *B. birulai*.



**Figure 14.** *Buthacus samiae*

#### **1.3.4. *Buthacus spinatus* Lourenço, Bissati & Sadine, 2016**

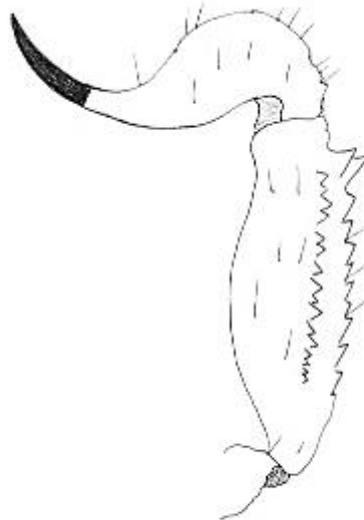
Il s’agit d’un scorpion de petite taille, mesurant entre 2,7 et 2,8 cm, arborant une teinte jaune à jaune pâle, agrémentée de taches brun foncé à noirâtres, présentes exclusivement sur le 5ème anneau de la queue. Les doigts, à la fois fixes et mobiles, affichent 7-8 séries de granules de couleur sombre. Les femelles présentent de 21 à 23 peignes. Aucun mâle n’a été observé dans l’étude actuelle (Lourenço, Bissati & Sadine, 2016).

Cette espèce se distingue nettement des autres membres du genre *Buthacus* en Algérie en raison de ses épines et de ses lobes très marqués sur le 5ème anneau de la queue, ainsi que de la présence de cinq yeux latéraux. Les épines remarquables chez *B. spinatus* suggèrent une

association avec une espèce connue uniquement aux Émirats arabes unis, (Lourenço & Leguin, 2009).



**Figure 15.** *Buthacus spinatus* en état juvénile



**Figure 16.** Cinquième anneaux de la queue et le telson de *B. spinatus*

### 1.3.5. *Buthacus elmenia* Lourenço & Sadine, 2017

Les scorpions de taille modérée mesurent environ 40,7 mm en longueur totale pour les femelles adultes, affichant une coloration générale jaune à jaune pâle sans taches chez les adultes. Les doigts du scorpion sont fixes et mobiles, avec 7-8 séries de granules sombres. Les peignes sur la pince présentent 16-16 dents chez la femelle et 20 à 19 dents chez le mâle (Lourenço *et al.*, 2017).



**Figure 17.** *Buthacus elmenia*



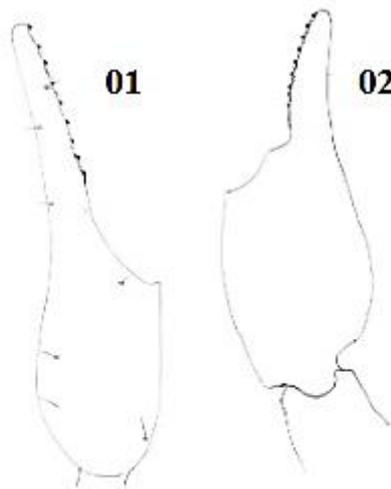
**Figure 18.** Nombre des granules des doigts fixées des pédipalpes de *B. elmenia*

#### **1.3.6. *Buthacus deserticus* Sadine, Souilem, Lourenço & Ythier, 2024**

Les scorpions de *B. deserticus* sont de taille modérée mesurent environ 42 mm en longueur totale pour les femelles et pour les mâles d'environ 36-37 mm chez les adultes, affichant une coloration générale jaune à jaune pâle chez les adultes. Caractérisé par des taches brunes foncé à noirâtres, présentes exclusivement sur le 5<sup>ème</sup> anneau de la queue. Les doigts du scorpion sont fixes et mobiles. Les peignes sur la pince présentent 20 à 21 dents chez la femelle et 24 à 25 dents chez le mâle. Ses pédipalpes sont robustes chez le mâle.



**Figure19.** *Buthacus deserticus*

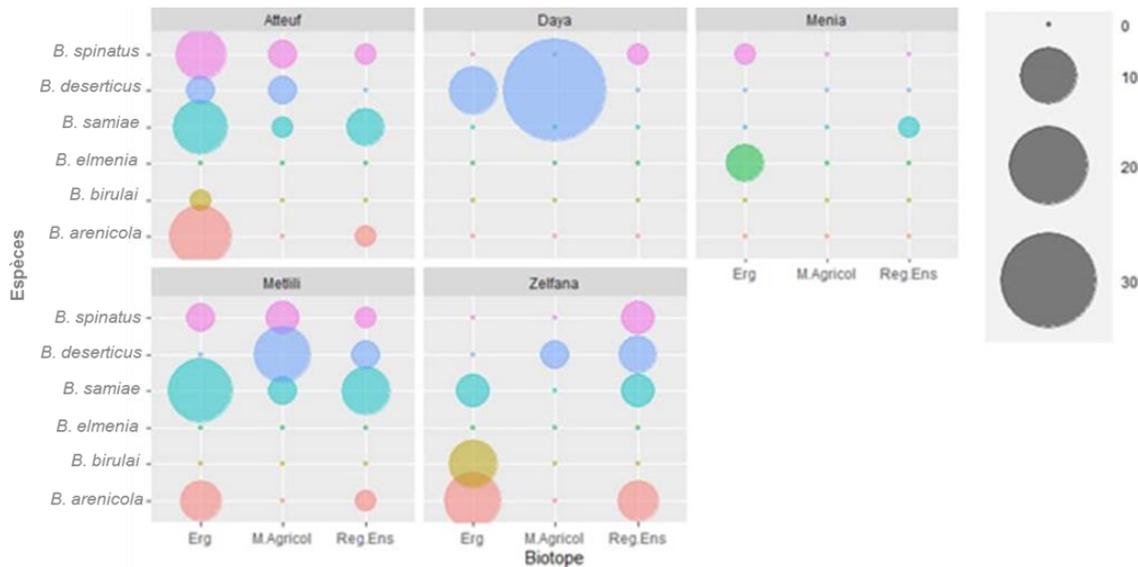


**Figure 20.** Forme et nombre des granules des doigts fixées des pédipalpes.

01 : *B. deserticus* ♂, 02 : *B. deserticus* ♀.

#### 1.4. Répartition de scorpions selon les biotopes dans les différentes régions d'étude

La répartition des six espèces de scorpions identifiées dans les différents biotopes des régions étudiées est illustrée dans la figure suivante.



**Figure 21.** Répartition de scorpions selon les biotopes dans les différentes régions d'étude.

La figure 21 montre que le nombre des individus de scorpions dans les trois biotopes dans les différentes régions est très variable. Dont, le nombre des individus collectés sont beaucoup plus dans l'Erg. Suivie par le Milieu agricole, et le reg ensablés constitue le nombre plus faible des individus collectés de la région de Metlili.

Pour la région d'El Atteuf, nous avons noté que le nombre des individus dans l'Erg est plus grand par rapport au Milieu agricole et le Reg ensablé qui sont presque semblable.

Du côté de la région de Zelfana, nous avons trouvé que l'Erg abrite un grand nombre des individus de scorpion *Buthacus*, suivie par le Reg ensablés, et le Milieu agricole.

Concernant la région de Menia, nous avons collecté un petit nombre d'individus dans l'Erg et le Reg ensablé, Bien que nous n'ayons trouvé aucun individu dans le Milieu agricole.

Pour la région Daya ben dahoua, le nombre des individus collectés dans le Milieu agricole est très important par rapport à l'erg et le Reg ensablé.

### 1.5. Indice écologique de composition

Les indices écologiques utilisés dans cette étude incluent la richesse totale et moyenne, ainsi que la fréquence centésimale (abondance relative).

1.5.1. Richesse spécifique et totale

Dans les régions étudiées, nous avons pu identifier 06 espèces, dont la répartition par région est présentée dans le tableau 13.

**Tableau 13.** Richesse spécifique total dans les biotopes de cinq régions du genre *Buthacus*

Régions	Biotopes	S	Sm
Metlili (4 espèces)	Milieu Agricole	3	3.34
	Erg	3	
	Reg Ensablé	4	
Atteuf (5 espèces)	Milieu Agricole	3	3.67
	Erg	5	
	Reg Ensablé	3	
Zelfana (5 espèces)	Milieu Agricole	1	2.67
	Erg	3	
	Reg Ensablé	4	
Menia (3 espèces)	Milieu Agricole	0	1.00
	Erg	2	
	Reg Ensablé	1	
Daya ben dahoua (2 espèces)	Milieu Agricole	1	1.00
	Erg	1	
	Reg Ensablé	1	
<b>Total</b>		<b>6</b>	<b>3.8</b>

Le tableau 13 montre que la richesse spécifique varie selon les régions et les biotopes. Dans le milieu agricole, le nombre d'espèces par région est le suivant : 3 espèces à Metlili et El Atteuf, une seule espèce à Zelfana et Daya Ben Dahoua. Aucune espèce de scorpion n'a été trouvée dans le milieu agricole de la région de Menia.

Dans l'erg, la richesse spécifique est de 3 espèces dans les régions de Zelfana et Metlili, tandis qu'elle atteint 5 espèces dans la région d'El Atteuf.

Concernant le reg ensablé, la richesse spécifique dans les régions de Metlili et Zelfana est égale à 4, seule espèce pour les régions de Menia et Daya ben dahoua, et pour la région de El Atteuf est égale à 3.

Enfin concernant la richesse totale, les deux régions d'El Atteuf et Zelfana abrite 5 espèces. Suivie par la région de Metlili avec 4 espèces et la région de Menia avec 3 espèces. Tandis que la région de Daya ben dahoua abrite seulement 2 espèces.

1.5.2. Abondance relative

1.5.2.1. Abondance relative globale

Les valeurs de l'abondance relative des six espèces de scorpions identifiées dans les cinq régions sont illustrées dans la figure suivante.

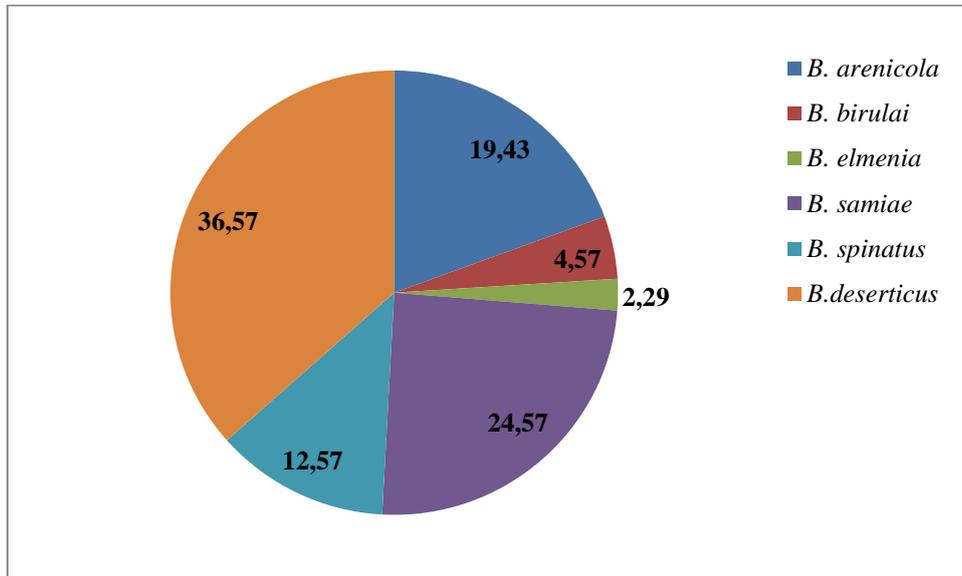
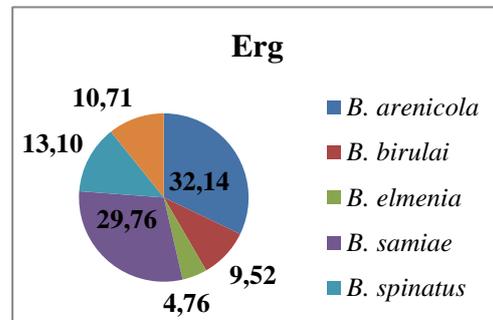
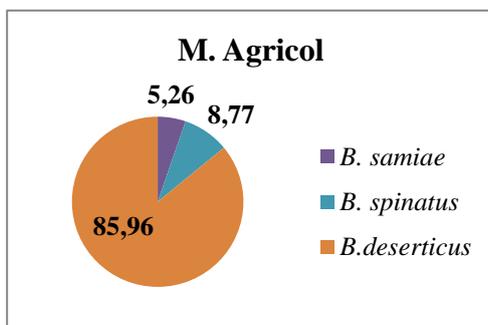


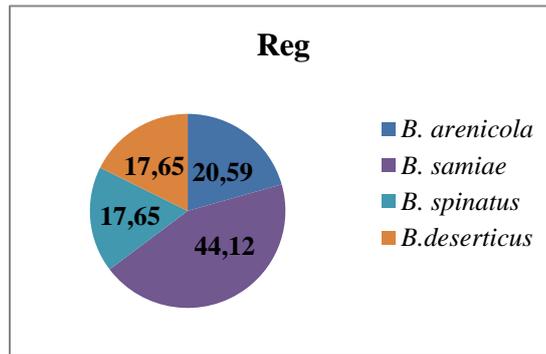
Figure 22. Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les cinq régions

D'après la figure 22, l'espèce *B. deserticus* est la plus abondante dans les cinq régions (36.57%). Suivie par *B. samiae* avec 25.57% et *B. arenicola* avec 19.43%. Les deux espèces *B. birulai* et *B. elmenia* sont faiblement représentées (4.57% et 2.29% respectivement).

1.5.2.2. Abondance relative par biotope

La figure 23 englobe les valeurs de l'Abondance relative des espèces scorpioniques par biotopes.



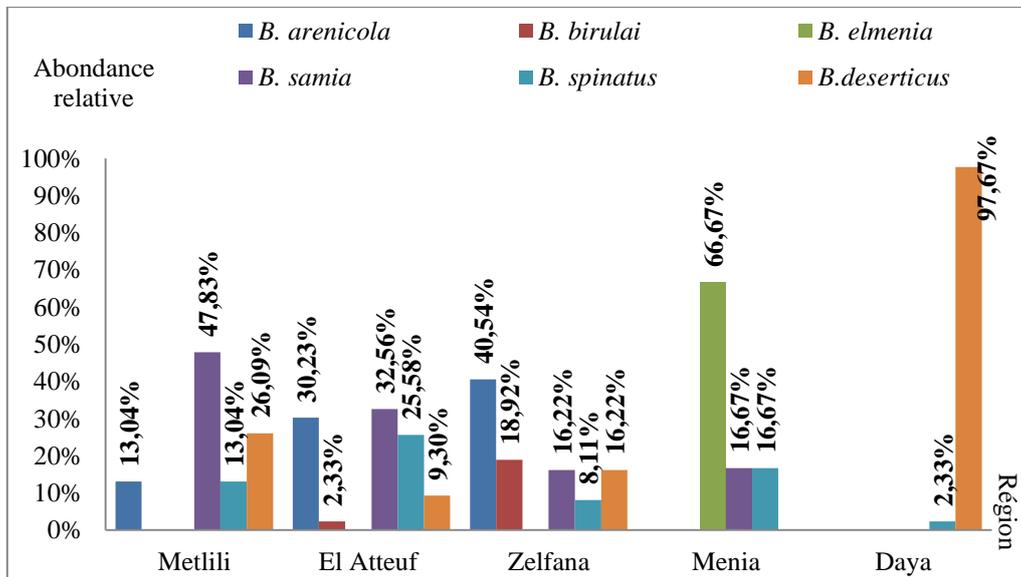


**Figure 23.** Abondance relative des espèces dans les différents biotopes de la zone d'étude.

Dans la figure 23, il est nettement visible que *B. samiae* est la plus abondante dans le reg ensablé et erg avec 44.12% et 29.76% respectivement. Le milieu agricole est dominé par *B. deserticus* avec 85.96%. *B. arenicola* est l'espèce la plus abondante dans l'erg (32.14%) et aussi plus ou moins abondante dans le Reg ensablé avec 20.59%. Dans les trois biotopes l'espèce *B. spinatus* est représentée par des pourcentages faibles. Par contre, *B. elmenia* est la moins abondante avec seulement 4.76% dans le biotope Erg.

### 1.5.2.3. Abondance relative par région

L'Abondance relative des espèces scorpioniques inventoriée selon les régions est récapitulée dans la figure 24.



**Figure 24.** Abondance relative des espèces de scorpions recensées par région

La figure 24, montre que l'abondance relative des espèces de scorpions *Buthacus* recensées dans la zone d'étude est très variable. L'abondance de l'espèce *B. deserticus* dans la

région de Daya représente un pourcentage très élevé avec 97.67%, à l'inverse de l'espèce *B. spinatus* avec 2.33%. *B. elmenia* est représenté par 66.67% dans la région de Menia. Suivie par *B. samiae* dans les deux régions de Metlili et de l'El-Atteuf et *B.arenicola* dans la région de Zelfana respectivement 47.83%, 32.56% et 40.54%. Ensuite, *B. deserticus* (26.09%) dans la région de Metlili et suivie par l'espèce de *B. arenicola* dans la région d'El Atteuf avec un pourcentage de 32.56%. L'espèce *B. birulai* et l'espèce *B. spinatus* représente le plus faible taux d'abondance.

1.5.2.4. Abondance relative par biotope et par région

1.5.2.4.1. Abondance relative par biotope dans la région de Metlili

L'Abondance relative des espèces scorpioniques inventoriée dans la région de Metlili est indiquée dans la figure 25.

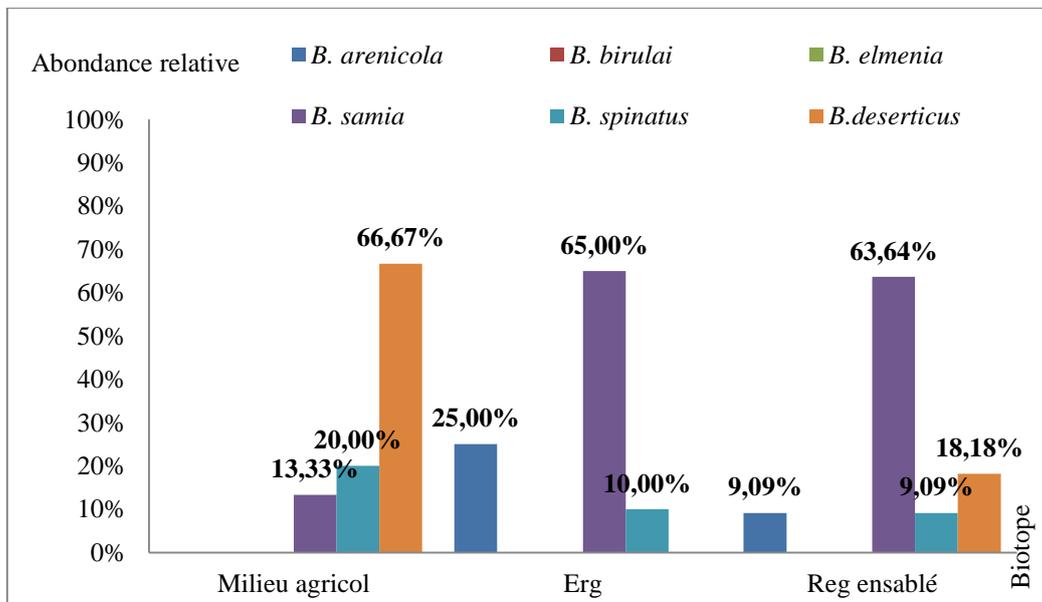


Figure 25. Abondance relative des espèces de scorpions par biotope dans la région de Metlili

D'après la figure 25, chaque biotope dans la région de Metlili est dominé par une seule espèce : le milieu agricole avec *B. deserticus* (66.67%), l'erg et le reg ensablé avec *B. samiae* respectivement 65.00% et 63.64%. Les autres espèces sont représentées par des pourcentages compris entre 9.09% à 25%.

1.5.2.4.2. Abondance relative par biotope dans la région d’El Atteuf

L’Abondance relative des espèces scorpioniques inventoriée dans la région d’El Atteuf est indiquée dans la figure suivante.

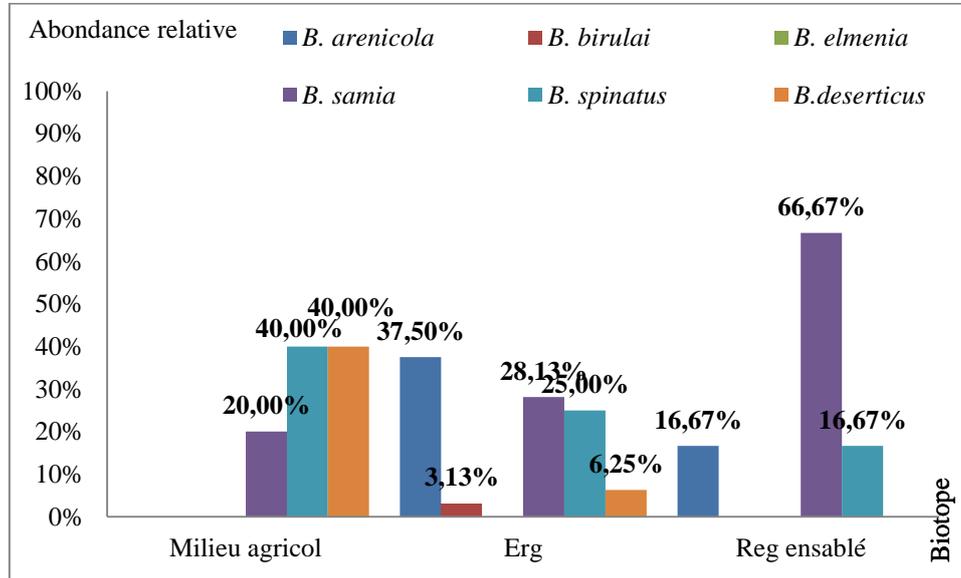
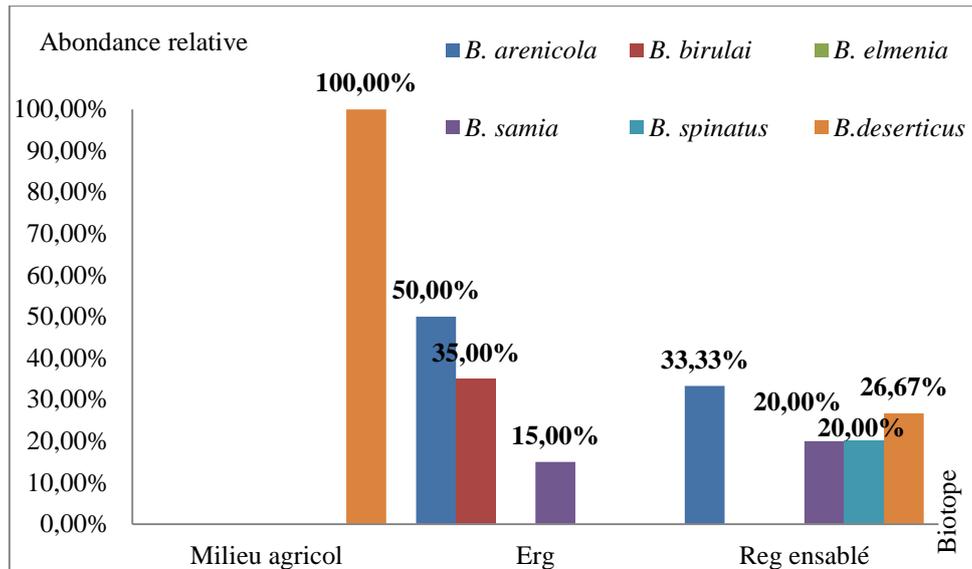


Figure 26. Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les différents biotopes dans la région d’El Atteuf.

La figure 26 montre que dans la région d’El Atteuf, *B. samiae* est la plus abondante (66.67%) dans le biotope de type reg ensablé. Aussi, le biotope le plus diversifié dans la région d’El Atteuf est l’erg avec une abondance de cinq espèces qui sont respectivement, *B. arenicola* (37.50%), *B. samiae* (28.13%), *B. spinatus* (25.00%), *B. deserticus* (6.25%) et *B. birulai* (3.13%). Bien que le milieu agricole caractérisé par l’abondance de deux espèces *B. deserticus* et *B. spinatus* avec un pourcentage semblable de 40.00 %. *B. birulai* et *B. deserticus* dans le biotope erg sont très peu représentées.

1.5.2.4.3. Abondance relative par biotope dans la région de Zelfana

L’Abondance relative des espèces scorpioniques inventoriée dans la région de Zelfana est indiquée dans la figure suivante.

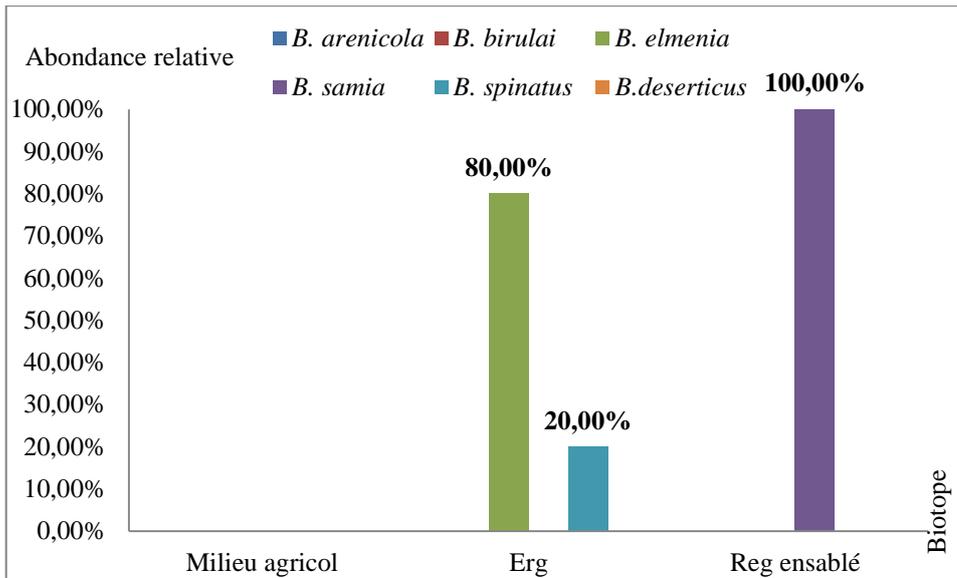


**Figure 27.** Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les différents biotopes de région de Zelfana.

Ce graphique montre que le *B. deserticus* est l'espèce dominante dans le milieu agricole avec 100%. Dans l'Erg le *B. arenicola* domine avec un pourcentage de 50.00%, suivie par *B. birulai* (35%), puis *B. samiae* (15%). Alors que dans le reg ensablé on trouve que *B. arenicola* est la plus dominante avec 33.33%, suivie par *B. deserticus* (26.67%), et 20 % pour *B. deserticus* et *B. spinatus*.

#### 1.5.2.4.4. Abondance relative par biotope dans la région de Menia

L'Abondance relative des espèces scorpioniques inventoriée dans la région de Menia est indiquée dans la figure 28.

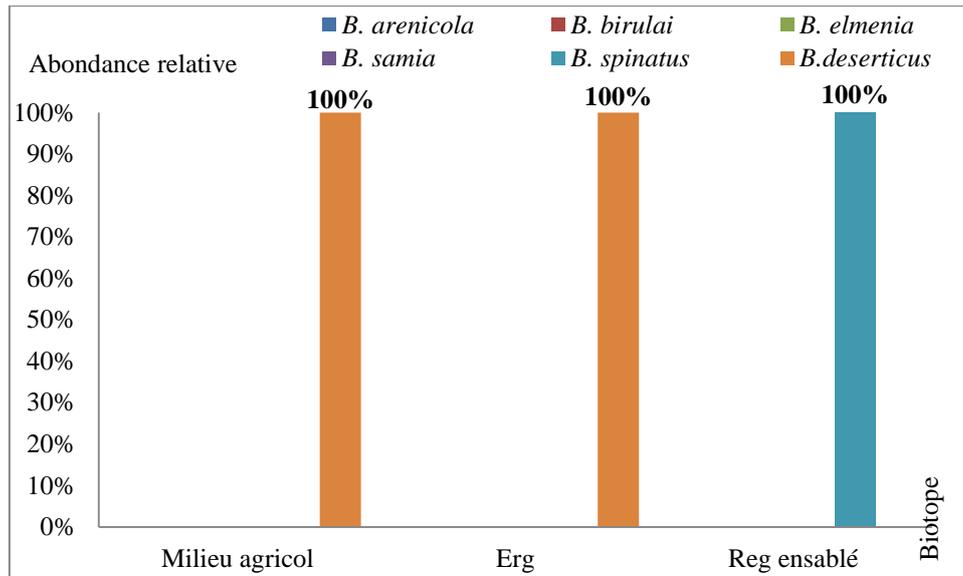


**Figure 28.** Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les différents biotopes dans la région de Menia.

D’après cette figure, *B. elmenia* existe seulement dans l’Erg et domine avec un pourcentage de 80%, puis *B. spinatus* (20%). Et le reg ensablé présent une seule espèce domine qui est le *B. samiae* avec 100%.

#### 1.5.2.4.5. Abondance relative par biotope dans la région de Daya ben dahoua

L’Abondance relative des espèces scorpioniques inventoriée dans la région de Daya ben dahoua est indiquée dans la figure suivante.



**Figure 29.** Abondance relative des espèces de scorpions recensées dans les différents biotopes dans la région de Daya ben dahoua.

La région de Daya ben dahoua abrite deux espèces, lesquelles, *B. deserticus* avec une abondance de 100% dans le milieu agricole et l’Erg, et le *B. spinatus* qui est la seule dans le reg ensablé avec une pourcentage de 100%.

### 1.6. Indice écologique de structure

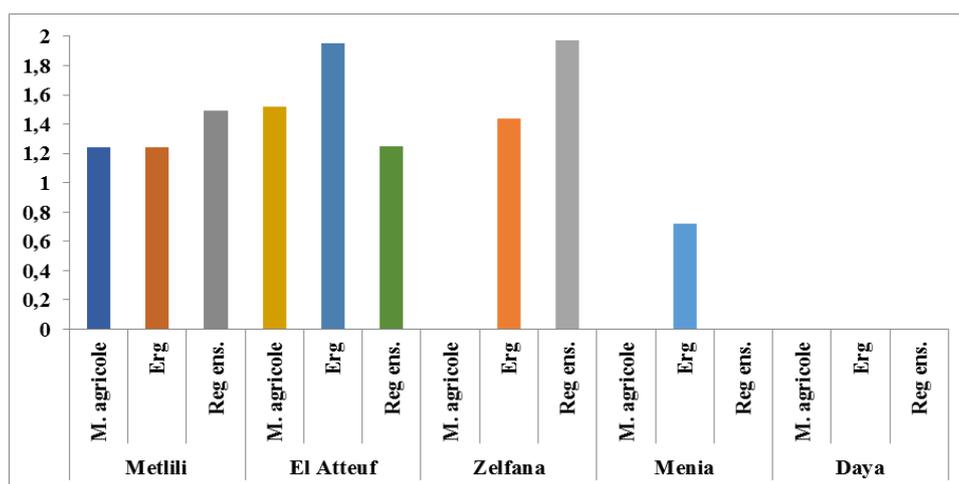
Ces indices regroupe les paramètres écologiques suivants : la richesse totale (S), l’indice de diversité de Shannon-Weaver (H’), la diversité maximale (H’ max), et l’équirépartition (E). Le tableau 14 résumé ces résultats.

**Tableau 14.** Richesse spécifique totale (S), indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), diversité maximale (H' max) et équirépartition (E) de scorpions du genre *Buthacus* dans différents biotopes des cinq régions de Ghardaïa.

Région	Biotopes	S	H'(bits)	Hmax	E
Metlili	Milieu agricole	3	1,24	1,58	0,784
	Erg	3	1,24	1,58	0,780
	Reg ensablé	4	1,49	2	0,746
El Atteuf	Milieu agricole	3	1,52	1,58	<b>0,960</b>
	Erg	5	<b>1,95</b>	<b>2,32</b>	0,841
	Reg ensablé	3	1,25	1,58	0,790
Zelfana	Milieu agricole	1	0	0	/
	Erg	3	1,44	1,58	<b>0,909</b>
	Reg ensablé	4	<b>1,97</b>	2	<b>0,983</b>
Menia	Milieu agricole	0	/	/	/
	Erg	2	0,72	1	0,722
	Reg ensablé	1	0	0	/
Daya	Milieu agricole	1	0	0	/
	Erg	1	0	0	/
	Reg ensablé	1	0	0	/

**1.6.1. Indice de Shanon Weaver**

L'évaluation de la biodiversité au sein des différents biotopes est essentielle pour comprendre la richesse et l'équilibre écologique de ces environnements.



**Figure 30.** Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') du genre *Buthacus* dans les biotopes des régions d'étude.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver varient entre 0.72 et 1.97 bits dans les neufs biotopes. La faune scorpionique du biotope Erg de la région d'El Atteuf et le Reg ensablé de e la région de Zelfana sont les plus diversifiés avec H' égale 1.95 et 1.97 bits respectivement. Les autres biotopes sont moyennement diversifiés et l'indice de Shannon-Weaver est compris entre 1.24 à 1.52 bits. En outre, le Erg de la région de Menia demeure le plus pauvre avec H' = 0.72 bits.

**Tablau15.** Statistiques récapitulatives des comparaisons par paires du test de Tukey de l'indice de la diversité H' entre les différentes régions.

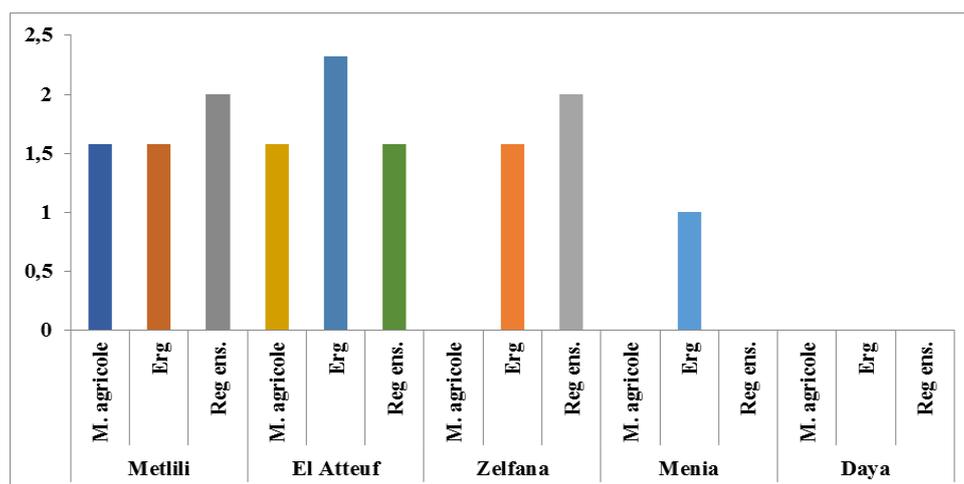
Régions	diff	lwr	upr	p adj
El_Atteuf-Daya	1.5733333	0.17317221	2.97349446	<b>0.0265887</b>
Menia-Daya	0.2400000	-1.16016113	1.64016113	0.9774853
Metlili-Daya	1.3233333	-0.07682779	2.72349446	0.0661425
Zelfana-Daya	1.1366667	-0.26349446	2.53682779	0.1291257
Menia-El_Atteuf	-1.3333333	-2.73349446	0.06682779	0.0637820
Metlili-El_Atteuf	-0.2500000	-1.65016113	1.15016113	0.9739262
Zelfana-El_Atteuf	-0.4366667	-1.83682779	0.96349446	0.8378398
Metlili-Menia	1.0833333	-0.31682779	2.48349446	0.1555012
Zelfana-Menia	0.8966667	-0.50349446	2.29682779	0.2881964
Zelfana-Metlili	-0.1866667	-1.58682779	1.21349446	0.9910929

L'indice de diversité H' a montré une différence significative entre les régions selon le test de Tukey ( $p < 0,05$ ). Toutefois, seule la comparaison entre El Atteuf et Daya a révélé une différence statistiquement significative ( $p = 0,0266$ ). Les autres comparaisons, bien que certaines proches du seuil de significativité, n'ont pas mis en évidence de différences notables entre les régions (Tableau 15).

### 1.6.2. Indice de diversité maximale (H'max)

Les calculs de l'indice de diversité maximale (H'max) (Figure 31) indiquent que dans la région de Metlili, les valeurs de cet indice sont égales à 2.00 au reg ensablé, 1.58 au milieu agricole et l'erg. Dans la région d'El Atteuf, les valeurs de cet indice sont égales à 2.32 au l'erg et le milieu agricole et le reg ensablé égal à 1.58.

Pour la région de Zelfana, les valeurs de cet indice sont égales à 2.00 pour le reg ensablé, l'erg est égal 1.58, 0 pour le milieu agricole. Dans la région de Menia, l'indice atteint la valeur de 1.00 pour l'erg, le milieu agricole, tandis que pour le reg ensablé, il tend vers 0. Concernant la région de Daya, les valeurs de cet indice s'élèvent à 0 pour tous les biotopes.



**Figure 31** .Indice de diversité maximale ( $H'$  max) du genre *Buthacus* dans les biotopes des régions d'étude.

**Tableau 16.** Statistiques récapitulatives des comparaisons par paires du test de Tukey de l'indice de la diversité  $H'$  max entre les différentes régions.

Entre les regions	diff	lwr	upr	p adj
El_Atteuf-Daya	1.8266667	0.2658931	3.38744021	<b>0.0209775</b>
Menia-Daya	0.3333333	-1.2274402	1.89410687	0.9511845
Mettlili-Daya	1.7200000	0.1592265	3.28077354	<b>0.0296913</b>
Zelfana-Daya	1.1933333	-0.3674402	2.75410687	0.1625135
Menia-El_Atteuf	-1.4933333	-3.0541069	0.06744021	0.0623312
Mettlili-El_Atteuf	-0.1066667	-1.6674402	1.45410687	0.9993267
Zelfana-El_Atteuf	-0.6333333	-2.1941069	0.92744021	0.6775055
Mettlili-Menia	1.3866667	-0.1741069	2.94744021	0.0881320
Zelfana-Menia	0.8600000	-0.7007735	2.42077354	0.4172385
Zelfana-Mettlili	-0.5266667	-2.0874402	1.03410687	0.7977553

Le test de Tukey a révélé une différence significative entre les régions comparées ( $p < 0,05$ ). Cependant, seules deux comparaisons ont montré des différences statistiquement significatives, notamment entre El\_Atteuf et Daya ( $p = 0,0209775$ ) et entre Metlili et Daya ( $p = 0,0296913$ ). Les autres comparaisons n'ont pas révélé de différences significatives entre les régions (Tableau 16).

1.6.3. Indice d'Equitabilité

En ce qui concerne les valeurs de l'indice d'Equitabilité (équirépartition). Toutes les valeurs sont supérieures à 0.7 qui indiquent un certain équilibre d'effectif entre les différentes espèces dans tous les biotopes. Cependant, dans les trois biotopes : milieu agricole de la région d'El Atteuf, Erg et Reg ensablé de la région de Zelfana où l'indice d'équitabilité tend vers le 1 qui explique un forte équilibre d'effectif entre les différentes espèces de ces biotopes.

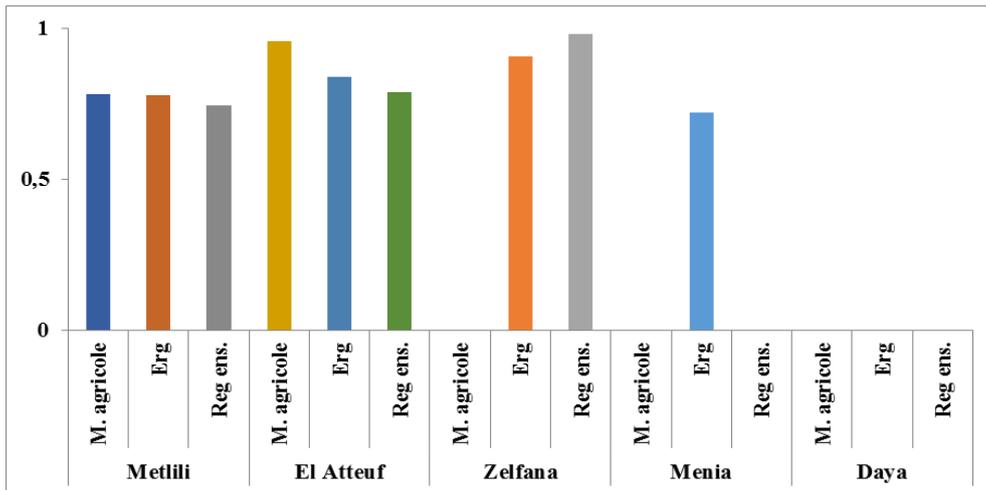


Figure 32 .Indice d'équirépartition (E) du genre Buthacus dans les biotopes des régions d'étude.

L'analyse de la variance pour l'indice d'équitabilité (E) a révélé l'existence d'une différence significative entre les biotopes, à l'exception des biotopes de la région Metlili et El Atteuf, où un certain équilibre est observé.

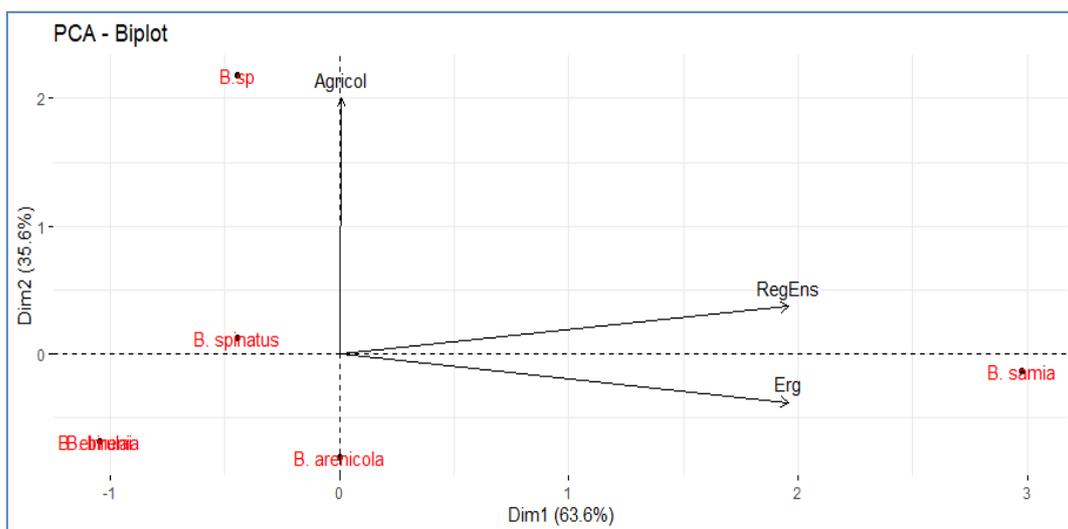
**Tableau 17.** Statistiques récapitulatives des comparaisons par paires du test de Tukey de l'indice d'équirépartition (E) entre les différentes régions.

Entre les régions	diff	lwr	upr	p adj
El_Atteuf-Daya	0.86366667	0.02979710	1.6975362	<b>0.0416539</b>
Menia-Daya	0.24066667	-0.59320290	1.0745362	0.8709344
Metlili-Daya	0.77000000	-0.06386957	1.6038696	0.0738573
Zelfana-Daya	0.63066667	-0.20320290	1.4645362	0.1690932
Menia-El_Atteuf	-0.62300000	-1.45686957	0.2108696	0.1766878
Metlili-El_Atteuf	-0.09366667	-0.92753624	0.7402029	0.9953501
Zelfana-El_Atteuf	-0.23300000	-1.06686957	0.6008696	0.8830248
Metlili-Menia	0.52933333	-0.30453624	1.3632029	0.2953315
Zelfana-Menia	0.39000000	-0.44386957	1.2238696	0.5625614
Zelfana-Metlili	-0.13933333	-0.97320290	0.6945362	0.9794707

D'après le tableau 17 le test de Tukey a montré une différence significative entre certaines des régions comparées ( $p < 0,05$ ). En particulier, une différence significative a été observée entre El\_Atteuf et Daya ( $p = 0,0416539$ ), avec une différence moyenne de 0,86. Les autres comparaisons entre les régions, telles que Menia-Daya, Metlili-Daya, et Zelfana-Daya, n'ont pas révélé de différences significatives ( $p > 0,05$ ), indiquant que la majorité des régions comparées ne présentent pas de différences statistiquement significatives.

### 1.7. Analyse des composants principaux (ACP)

#### 1.7.1. Analyse des composants principaux dans la région de Metlili

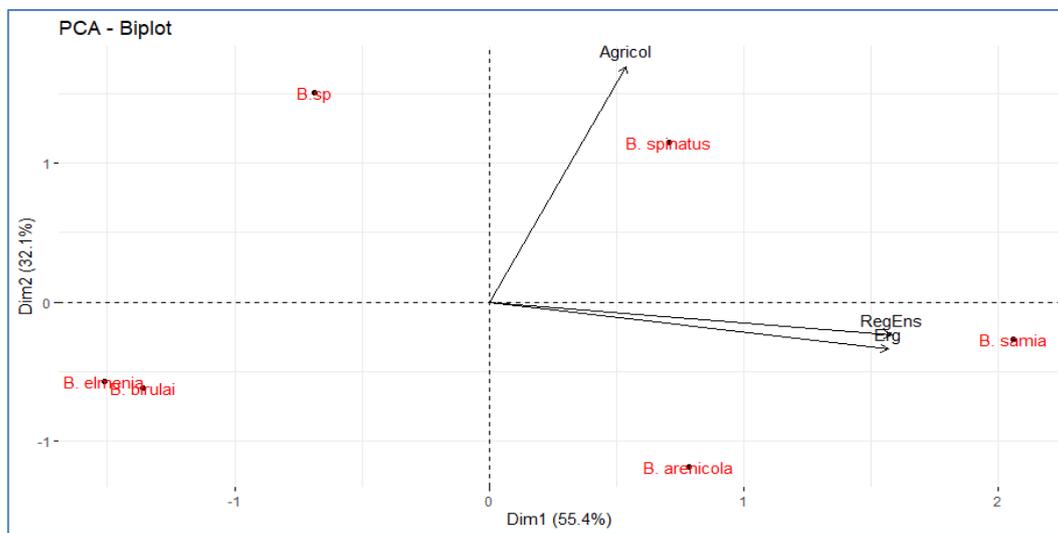


**Figure 33.** Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région de Metlili.

En se basant sur l'analyse des composants principaux (ACP) appliquée à la répartition des espèces dans les trois biotopes de la région de Metlili, quelques observations clés peuvent être faites. Le graphique symétrique de l'ACP montre que la première dimension (Dim1) représente 63.6% de la variation, tandis que la deuxième dimension (Dim2) représente 35.6%.

En regardant de plus près les résultats, nous constatons que le biotope agricole est principalement caractérisé par la présence de l'espèce *B. deserticus*. D'autre part, l'espèce *B. samiae* est associée au biotope de reg ensablée et à l'erg.

### 1.7.2. Analyse des composants principaux dans la région d'El Atteuf



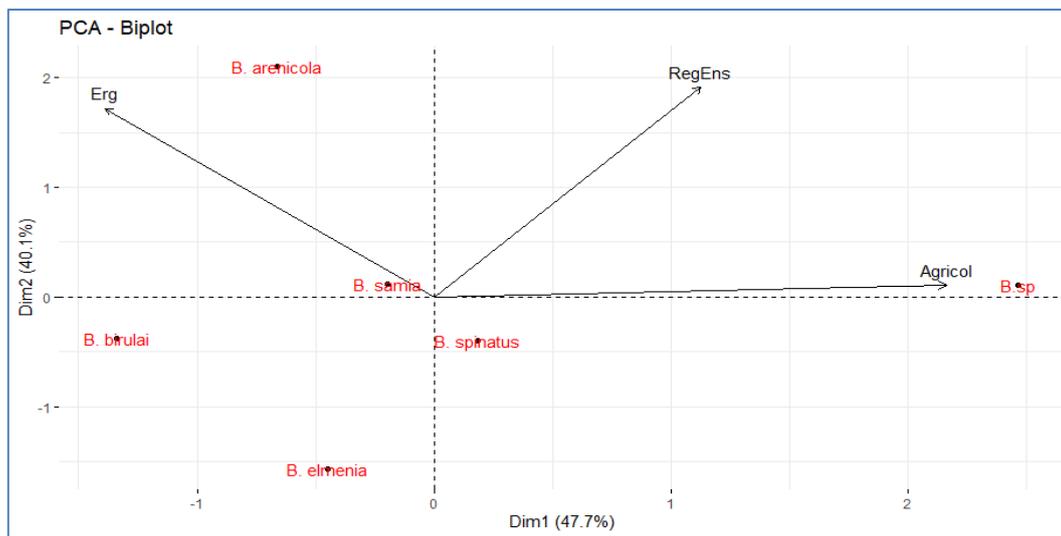
**Figure 34.** Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région d'El Atteuf

L'analyse des composants principaux (ACP) appliquée à la répartition des espèces dans les trois biotopes de la région d'El Atteuf révèle des tendances intéressantes. Le graphique symétrique de l'ACP indique que la première dimension (Dim1) détient 55.4% de la variation, tandis que la deuxième dimension (Dim2) représente 32.1%.

En examinant de près les résultats, nous observons que le biotope agricole se distingue principalement par la présence de l'espèce *B. spinatus* et *B. deserticus*. D'autre part, l'erg est caractérisé par la présence des espèces *B. arenicola*, *B. samiae*, et *B. spinatus*. Enfin, l'espèce *B. samiae* est spécifiquement associée au biotope de reg ensablé.

### 1.7.3. Analyse des composants principaux dans la région de Zelfana

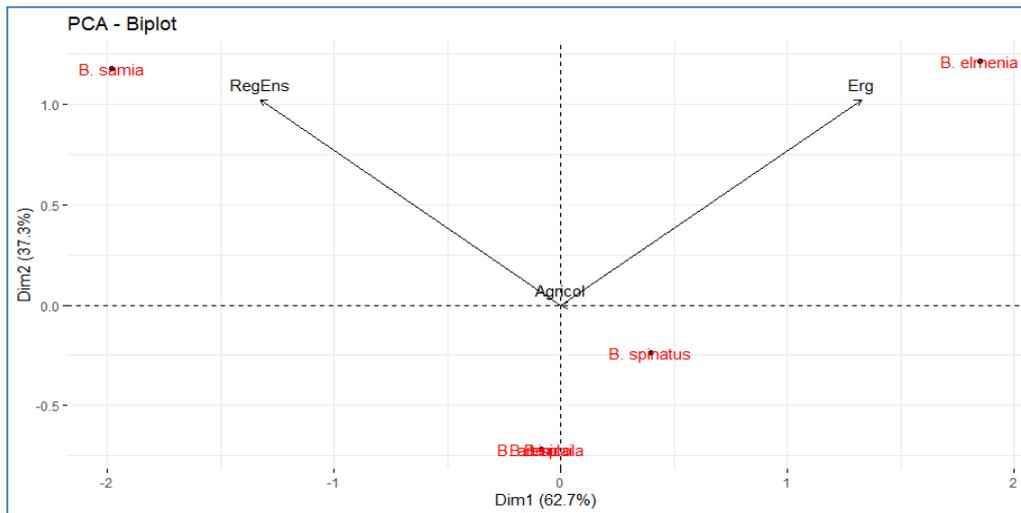
L'analyse des composants principaux (ACP) appliquée à la répartition des espèces dans les trois biotopes de la région de Zelfana offre des insights intéressants. Le graphique symétrique de l'ACP révèle que la première dimension (Dim1) détient 47.7% de la variation, tandis que la deuxième dimension (Dim2) représente 40.1%.



**Figure 35.** Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région de Zelfana

En examinant attentivement les résultats, on constate que le biotope agricole est principalement caractérisé par la présence de l'espèce *B. deserticus*. D'autre part, l'erg se distingue par la présence des espèces *B. arenicola*, *B. birulai*, et *B. samiae*. Enfin, le biotope de reg ensablé est caractérisé par la présence de toutes les espèces *Buthacus* recensés, à l'exception de *B. elmenia* et *B. birulai*.

## 1.7.4. Analyse des composants principaux (ACP) dans la région de Menia

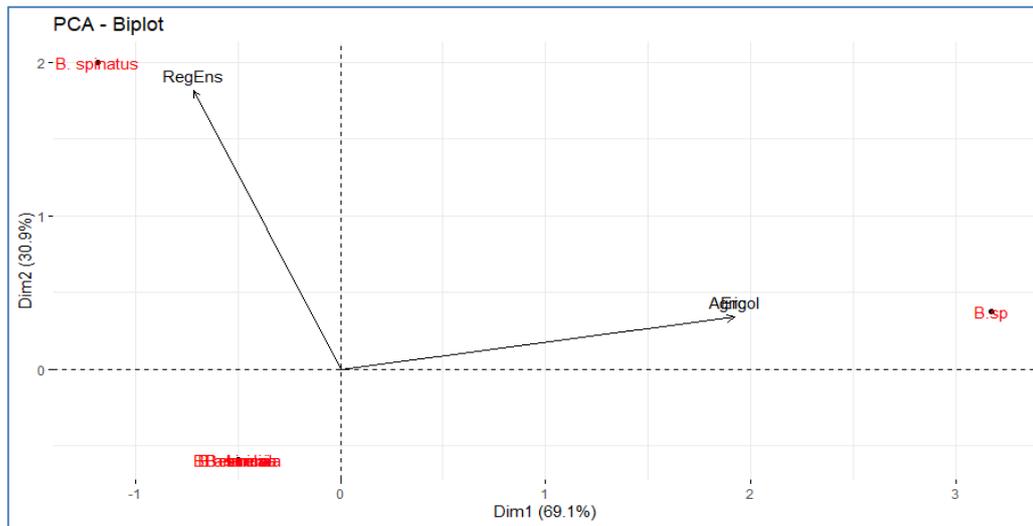


**Figure 36.** Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région de Menia

L'analyse des composants principaux (ACP) appliquée à la répartition des espèces dans les trois biotopes de la région de Menia révèle des tendances significatives. Le graphique symétrique de l'ACP indique que la première dimension (Dim1) détient 62.7% de la variation, tandis que la deuxième dimension (Dim2) représente 37.3%.

En examinant de près les résultats, on observe que le biotope agricole est principalement caractérisé par l'absence de toutes les espèces Buthacus. D'autre part, l'erg se distingue par la présence des espèces *B. elmenia* et *B. spinatus*. Enfin, le biotope de reg ensablé est caractérisé par la présence exclusive de l'espèce *B. spinatus*.

### 1.7.5. Analyse des composants principaux (ACP) dans la région de Daya ben dahoua



**Figure 37.** Analyse des composants principaux selon les biotopes dans la région de Daya.

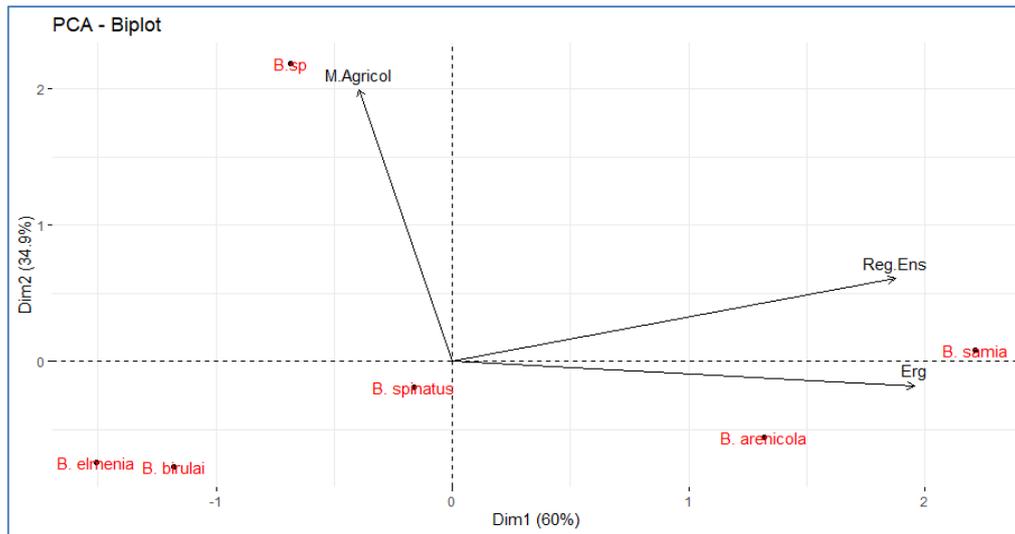
L'analyse des composants principaux (ACP) appliquée à la répartition des espèces dans les trois biotopes de la région de Menia révèle des tendances significatives. Le graphique symétrique de l'ACP indique que la première dimension (Dim1) détient 69.1% de la variation, tandis que la deuxième dimension (Dim2) représente 30.9%.

En examinant de près les résultats, on observe que le biotope agricole et l'erg sont principalement caractérisés par la présence de l'espèce *B. deserticus*. D'autre part, le biotope de reg ensablé se distingue par la présence exclusive de l'espèce *B. spinatus*.

### 1.7.6. Analyse des composants principaux (ACP) dans les cinq régions de zone d'étude

L'analyse des composants principaux (ACP) appliquée à la répartition des espèces dans les trois biotopes de toutes les régions de la zone d'étude révèle des tendances significatives. Le graphique symétrique de l'ACP indique que la première dimension (Dim1) détient 60% de la variation, tandis que la deuxième dimension (Dim2) représente 34.9%.

En examinant de près les résultats, on observe que le biotope agricole est principalement caractérisé par l'absence de *Buthacus arenicola*, *B. birulai* et *B. elmenia*. À l'inverse, une présence de *B. deserticus* avec un grand taux, *B. samiae* et *B. spinatus*.



**Figure 38.** Analyse des composants principaux selon les biotopes dans les cinq régions

D'autre part, l'erg se distingue par la présence principale de *B. arenicola* et *B. samiae* et *B. spinatus*. Enfin, le biotope de reg ensablé est caractérisé par la présence exclusive de l'espèce *B. spinatus*.

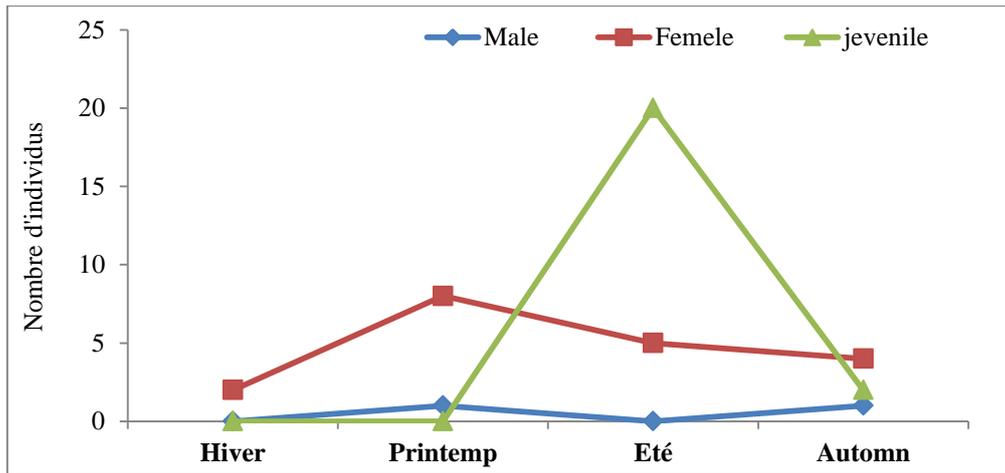
## 1.8. Etude autoécologique

### 1.8.1. Etude Phénologique

Cette recherche vise à enregistrer les divers stades phénologiques, principalement la période d'accouplement, la diapause hivernale, et la mise bas de certaines espèces de scorpions. Parmi les six espèces de scorpions du genre *Buthacus* inventoriées, nous avons pu suivre la phénologie de trois espèces en particulier : *B. samiae*, *B. spinatus* et *B. deserticus*.

#### 1.8.1.1. Phénologie de *Buthacus samiae*

La population de *B. samiae* a été examinée entre 2021 et 2023, provenant de la région de Ghardaïa. L'étude s'est basée principalement sur le nombre d'individus capturés de manière saisonnière, et les données correspondantes sont illustrées dans la figure 36.



**Figure 39.** Phénologie de *Buthacus samiae*

Les données relatives à l'espèce *B. samiae* révèlent des variations saisonnières significatives dans son activité biologique en fonction des conditions climatiques. Pendant la saison hivernale, les mâles ne présentent aucune observation, suggérant une possible réduction de leur activité biologique, tandis que les femelles affichent une observation modérée, indiquant une certaine activité pendant cette période. Les juvéniles ne montrent aucune observation, suggérant une activité biologique minimale en hiver.

Au printemps, les mâles présentent une observation modérée, suggérant une légère augmentation par rapport à l'hiver. Les femelles, en revanche, affichent une observation élevée, suggérant une activité biologique importante en préparation à la reproduction printanière, tandis que les juvéniles ne montrent aucune observation, indiquant une activité minimale au printemps.

Pendant l'été, les mâles ne présentent aucune observation, suggérant une possible réduction d'activité biologique, tandis que les femelles montrent une observation modérée, liée probablement à la saison de reproduction. Les juvéniles, quant à eux, affichent une observation élevée (20), signalant une activité biologique importante, probablement associée à une croissance rapide.

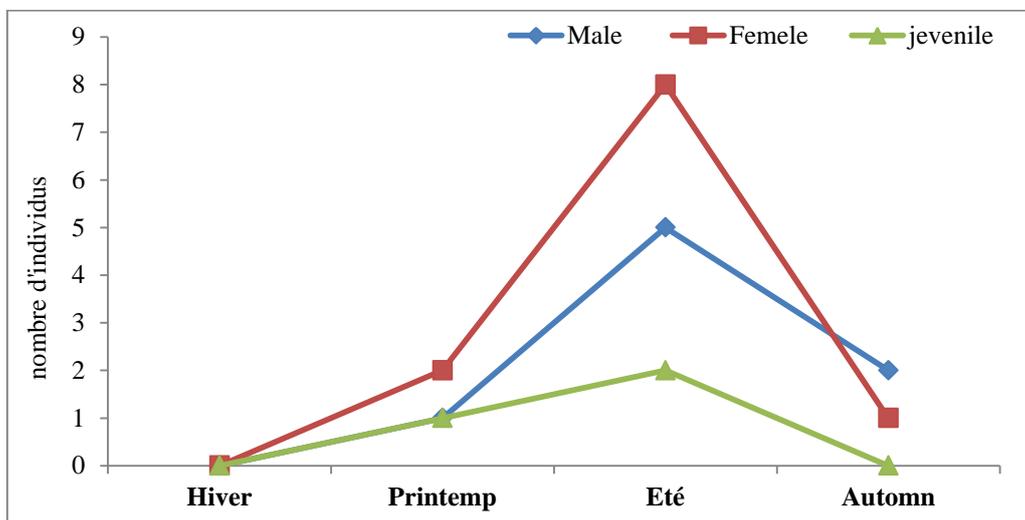
En automne, les mâles présentent une observation modérée, suggérant un possible reprise d'activité biologique en préparation à la saison de reproduction suivante. Les femelles affichent une observation modérée, suggérant une possible réduction d'activité après la saison

de reproduction estivale, tandis que les juvéniles montrent une observation modérée, indiquant une activité biologique continue à l'approche de l'automne.

Ces variations saisonnières reflètent les cycles biologiques spécifiques à *B. samiae* et les ajustements de comportement en réponse aux changements climatiques tout au long de l'année.

### 1.8.1.2. Phénologie de *Buthacus spinatus*

Au cours de l'étude menée de 2021 à 2023, nous avons suivi la phénologie de *Buthacus spinatus*, originaire de la région de Ghardaïa. Les variations des stades phénologiques de cette espèce sont consignées dans la figure 40.



**Figure 40.** Phénologie de *Buthacus spinatus*

L'espèce *Buthacus spinatus* présente des variations marquées dans son activité biologique en fonction des saisons et des conditions climatiques. Durant l'hiver, aucune observation n'a été rapportée pour les mâles, femelles et les juvéniles, suggérant une possible réduction significative de leur activité biologique pendant cette saison.

Au printemps, on observe une légère augmentation de l'activité chez les mâles (observation modérée de 1), les femelles (observation modérée de 2) et les juvéniles (observation modérée de 1), indiquant un début de reprise des activités biologiques. Cette augmentation pourrait être liée à des conditions météorologiques plus clémentes.

Pendant l'été, les mâles présentent une activité biologique significative (observation élevée de 5), suggérant des comportements spécifiques liés à la saison. Les femelles affichent une forte activité (observation élevée de 8), probablement associée à la période de reproduction, tandis que les juvéniles montrent une observation élevée de 2, signalant une période de croissance importante.

À l'automne, les mâles et les femelles présentent une activité modérée (observation de 2 et 1 respectivement), suggérant une possible préparation pour la saison de reproduction suivante pour les mâles, et une période de repos ou de réduction d'activité post-reproduction pour les femelles. Les juvéniles montrent une diminution de l'activité biologique (observation de 0), indiquant une transition vers des périodes moins actives à l'approche de l'automne.

### 1.8.1.3. Phénologie de *Buthacus deserticus*

Le suivi de *B. deserticus* a été réalisé dans la région de Ghardaïa pendant la période 2021-2023. Les données phénologiques de cette espèce sont présentées dans la figure 41.

L'espèce *B. deserticus* présente des variations d'activité biologique tout au long de l'année, influencées par les conditions climatiques saisonnières.

Pendant l'hiver, les mâles ne montrent aucune observation, suggérant une possible réduction de l'activité biologique, tandis que les femelles affichent une activité moyenne, probablement, indiquant des comportements spécifiques à l'espèce. Les juvéniles semblent avoir une activité minimale pendant cette saison.

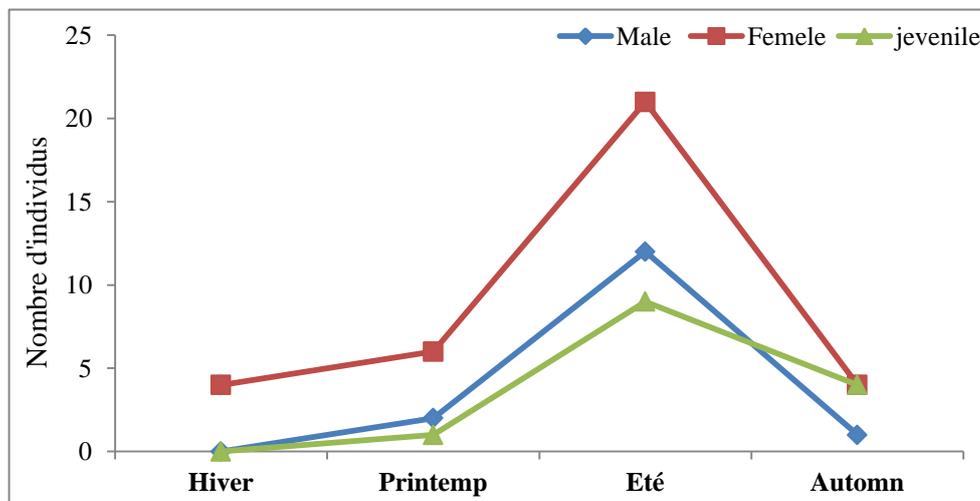


Figure 41. Phénologie de *Buthacus deserticus*.

Au printemps, les mâles montrent une observation modérée, suggérant une augmentation par rapport à l'hiver, probablement en raison de conditions météorologiques plus clémentes. Les femelles présentent également une observation modérée, liée à des activités de préparation à la reproduction, tandis que les juvéniles signalent le début de la période de croissance.

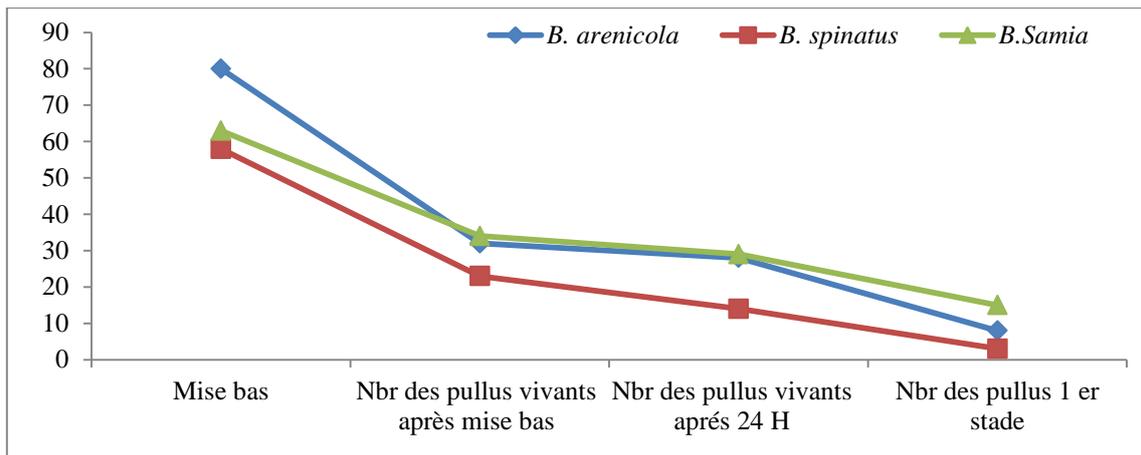
Pendant l'été, les mâles et les femelles affichent une observation élevée, suggérant une activité biologique significative, notamment liée à la reproduction. Les juvéniles signalent une période de croissance importante.

En automne, les mâles montrent une observation modérée, indiquant une possible préparation pour la saison de reproduction suivante, tandis que les femelles et les juvéniles présentent des observations modérées, suggérant une période de repos ou de réduction d'activité après la saison de reproduction estivale, avec une croissance continue chez les juvéniles à l'approche de l'automne.

Pendant la saison de mise bas, les femelles peuvent présenter une augmentation des observations, généralement constatée au printemps ou en été. De manière similaire, les mâles manifestent une hausse d'observations pendant la saison d'accouplement, typiquement au printemps ou en été. Notamment, toutes les catégories enregistrent une augmentation des observations lors des périodes d'activité biologique accrue, telles que le printemps et l'été. Ces variations observées sont souvent liées aux cycles de vie et aux comportements de reproduction propres à l'espèce représentée par chaque catégorie.

### **1.8.2. Suivi de Mise-bas**

Cette étude donne une perspective plus détaillée sur les différences entre les trois espèces *B. arenicola*, *B. samiae* et *B. spinatus* en termes de survie des pullus et de leur développement après la mise bas. La figure suivante résume l'évolution du nombre des jeunes après la mise-bas pour les trois espèces suivies.



**Figure 42.** Suivre des pullus de *B.arenicola*, *B.samiae* et *B.spinatus* jusqu'à le première stade

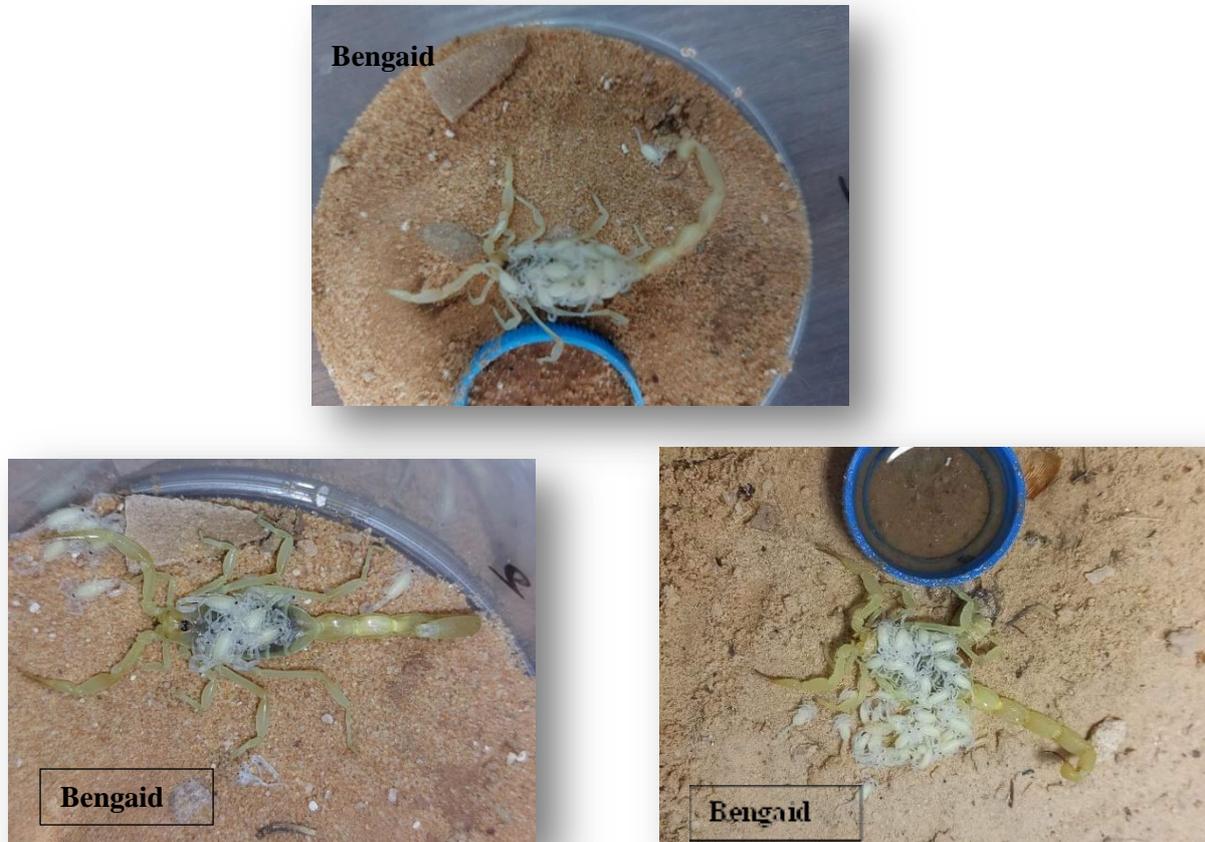
La reproduction des espèces *B. arenicola*, *B. spinatus* et *B. Samiae* révèle des différences intéressantes dans leurs performances reproductrices. En termes de taux de survie après 24 heures. Dont, *B. arenicola* affiche un taux de survie de 87.5%, *B. spinatus* de 60.9% et *B. Samiae* de 85.3%. Ces chiffres indiquent des variations notables dans la capacité de survie des juvéniles des différentes espèces.

Le nombre moyen de pullus par mise bas pour *B. arenicola* et *B. spinatus* présentent des valeurs similaires, avec environ 40% juvéniles par mise bas. En revanche, *B. samiae* affiche un nombre plus élevé, atteignant environ 54% par mise bas. Cette différence peut refléter des stratégies reproductrices distinctes ou des conditions environnementales spécifiques à chaque espèce.

Le nombre moyen de pullus au premier stade par mise bas est d'environ 10% pour *B. arenicola* et d'environ 5% pour *B. spinatus*. Tandis que, *B. Samiae* présente un nombre plus élevé, atteignant environ 24%. Ces résultats suggèrent des disparités significatives dans le développement précoce des juvéniles entre les espèces, ce qui pourrait être lié à des différences dans les soins maternels ou d'autres facteurs biologiques.

La proportion de pullus au premier stade par rapport au total des juvéniles vivants après 24 heures est variable. *B. arenicola* montre une proportion de 28.6%, *B. spinatus* de 21.4%, et *B. Samiae* de 51.7%. Ces pourcentages soulignent une diversité dans la dynamique de la survie et du développement au premier stade entre les espèces.

Ces proportions indiquent la part des juvéniles qui était au premier stade parmi les jeunes vivants après 24 heures pour chaque espèce respective. Il est intéressant de noter que *B. samiae* a la proportion la plus élevée, suivie de *B. arenicola* et *B. spinatus*.



**Figure 43.** Le mi-bas chez de *B.arenicola*, *B.samiae* et *B.spinatus*.

Ces images montrent un comportement maternel exceptionnel chez les scorpions, où la femelle porte ses petits sur son dos pendant une période allant jusqu'à dix jours. Pendant cette période cruciale, les petits reçoivent la protection et la nutrition nécessaires à leur croissance et à leur développement. Dès que les petits sont capables de marcher et de se déplacer seuls, ils quittent le dos de leur mère pour commencer leur vie indépendante. Ce comportement reflète l'importance des soins parentaux pour assurer la survie de la progéniture chez les scorpions.

1.8.3. Comportement alimentaire

1.8.3.1. Interaction inter-gilde

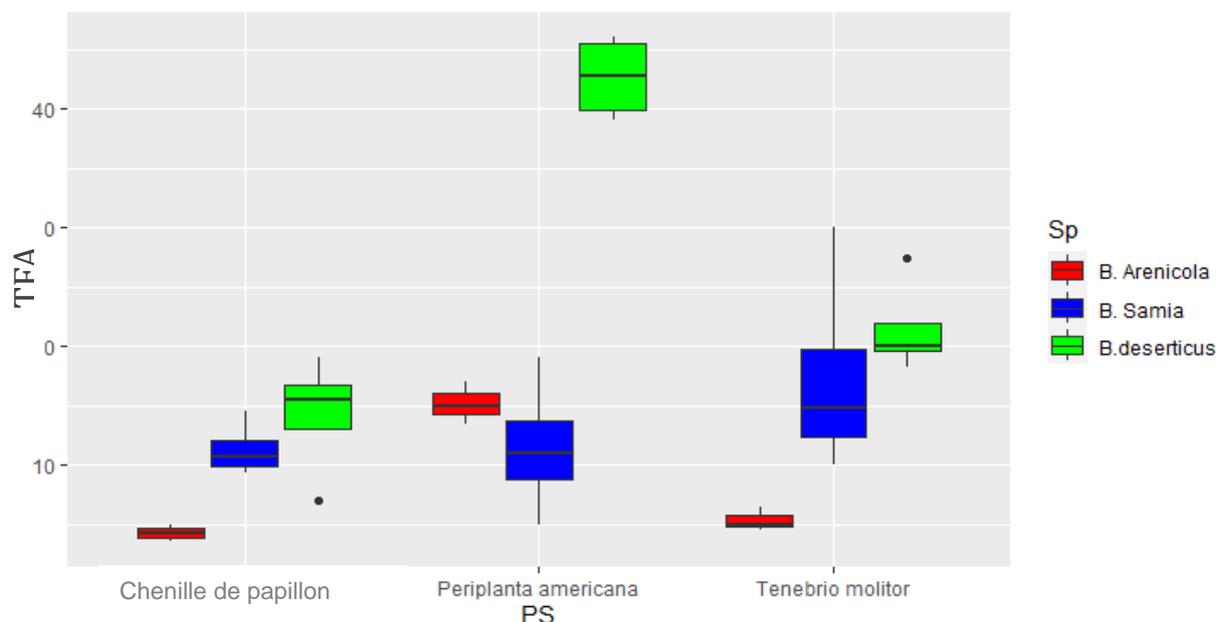
Les espèces de proies que nous avons choisies dans cette étude sont soit disponibles sur le site d'étude, soit élevées dans des conditions de laboratoire. Le tableau 18 résume les espèces de proies utilisées.

**Tableau 18.** Espèces proies utilisées pour tester la préférence alimentaire des espèces *Buthacus*.

Espèce proies	Classe/ Ordre	Famille	Stage
<i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758)	Insecta/ Blattodea	Blattidae	Adulte
<i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus, 1758	Insecta/ Coleoptera	Tenebrionidae	Larve
Chenille de papillon	Insecta/ Lepidoptera	Bombycidae	Larve

1.8.3.1.1. Les temps de fixation et d'attaque (TFA)

Les temps de fixation et d'attaque (TFA) est varié selon les espèces proies et les espèces *Buthacus arenicola*, *Buthacus samiae* et *Buthacus deserticus*.



**Figure 44.** Boite a moustache montre les temps de fixation et d'attaque de *B.arenicola*, *B. samiae* et *B. deserticus*

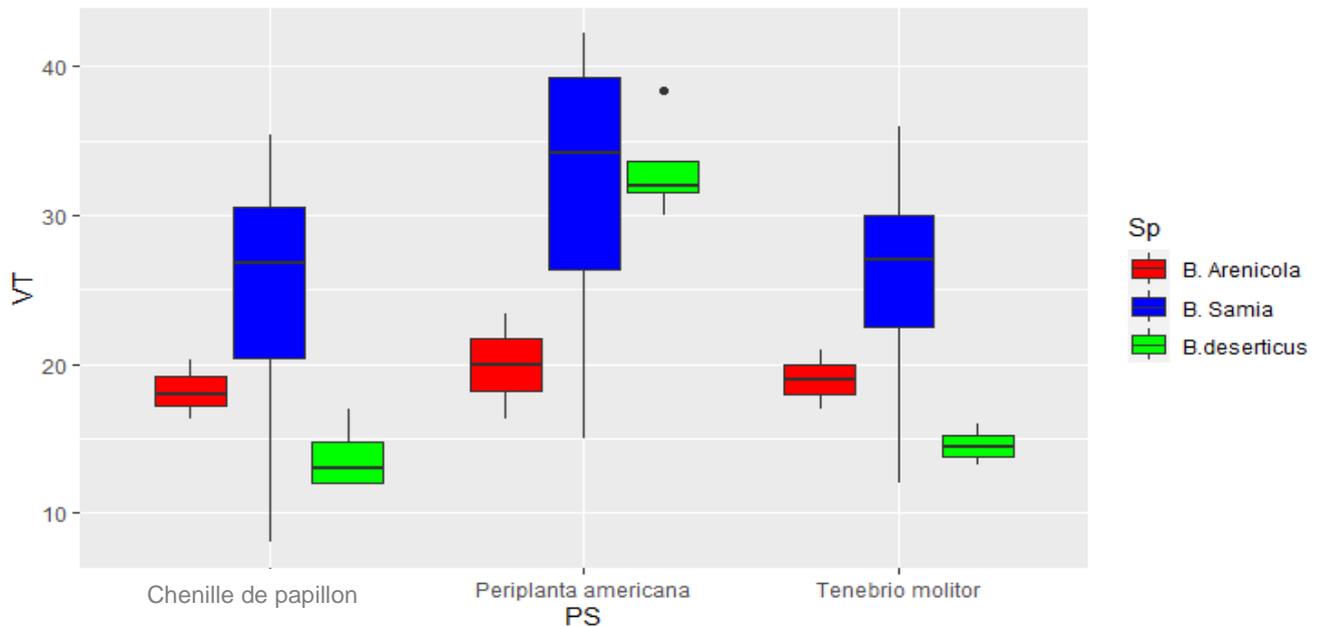
Les temps de fixation et d'attaque (TFA) du scorpion *Buthacus arenicola* varient selon les proies. *Periplaneta americana* est la plus difficile à maîtriser, avec des TFA allant de 13,5 à 17 minutes. *Tenebrio molitor* nécessite un temps intermédiaire, de 4,55 à 6,4 minutes, tandis que Chenille de papillon est la proie la plus facile, avec des TFA allant de 3,51 à 5 minutes. Ces différences peuvent être dues à des variations de taille, de mobilité ou de résistance des proies, influençant l'efficacité du scorpion.

Pour *Buthacus samiae*, les TFA varient également selon les proies. *Periplaneta americana* présente les TFA les plus longs, de 10 à 19 minutes, indiquant une manipulation plus difficile. *Tenebrio molitor* a des TFA intermédiaires, de 10 à 16,3 minutes, et Chenille de papillon est la proie la plus facile, avec des TFA allant de 9,3 à 14,5 minutes. Ces différences peuvent aussi résulter de variations dans la résistance, la mobilité ou la taille des proies, influençant l'efficacité d'attaque.

Enfin, pour *Buthacus deserticus*, les TFA montrent des variations notables. *Periplaneta americana* est la proie la plus difficile à maîtriser, avec des TFA de 39 à 45,3 minutes. *Tenebrio molitor* présente des TFA intermédiaires, de 18,3 à 27,4 minutes, tandis que Chenille de papillon est la proie la plus facile à attaquer, avec des TFA allant de 15 à 19 minutes. Ces différences pourraient s'expliquer par des variations biologiques des proies, telles que leur taille, leur mobilité ou leur résistance, affectant l'efficacité du scorpion.

#### **1.8.3.1.2. Les temps de voracité (VT)**

Les temps de voracité (VT) est varié selon les espèces proies et les espèces *Buthcus arenicola*, *Buthacus samiae* et *Buthacus deserticus*.



**Figure 45.** Boîte à moustache montre les temps de voracité de *B.arenicola*, *B.samiae* et *B. deserticus*

Les temps de consommation (VT) du scorpion *Buthacus arenicola* varient selon les proies. *Periplaneta americana* prend le plus de temps, avec des VT allant de 16,3 à 23,4 minutes. *Tenebrio molitor* et Chenille de papillon sont consommés plus rapidement, avec des VT respectifs de 17 à 21 minutes et de 16,3 à 20,3 minutes. Ces différences peuvent être dues à la composition corporelle ou à la résistance des proies.

Pour *Buthacus samiae*, *Periplaneta americana* montre les VT les plus longs, de 30,1 à 42,2 minutes. *Tenebrio molitor* prend de 26 à 36 minutes, tandis que Chenille de papillon est consommé en 24,5 à 35,4 minutes. Ces variations reflètent probablement les différences dans la structure ou la résistance des proies.

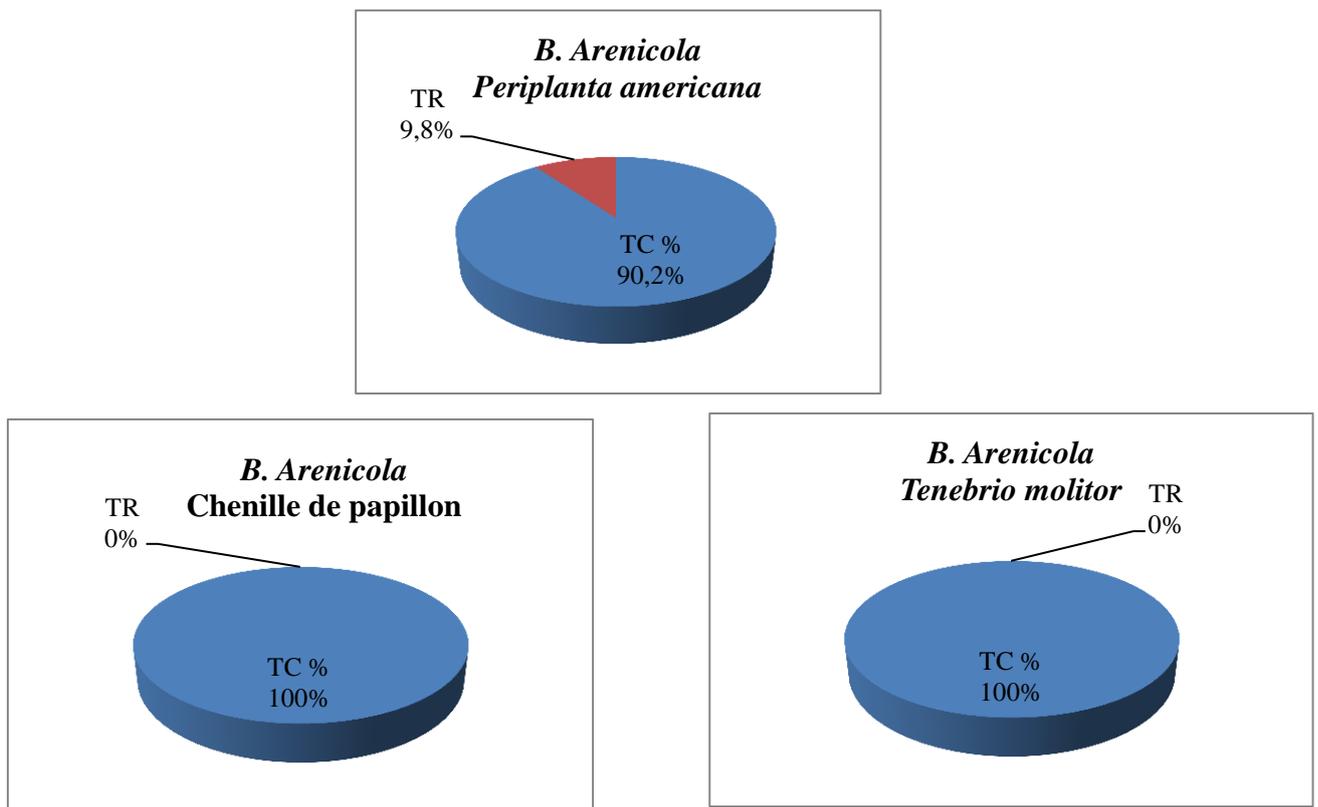
Chez *Buthacus deserticus*, *Periplaneta americana* présente des VT allant de 30 à 38,4 minutes, tandis que *Tenebrio molitor* nécessite entre 13,2 et 16 minutes, et Chenille de papillon est consommée en 12 à 17 minutes. Ces temps varient en fonction de la résistance, de la taille et de la structure corporelle des proies.



**Figure 46.** A : Début de l'alimentation de *B. samiae* sur Chenille de papillon, B : Fixation de *B.arenicola* sur *Periplaneta americana*, C : voracité de *B.deserticus* sur *Tenebrio molitor*

**1.8.3.1.3. Taux de consommation des proies et taux de restes**

Les taux de consommation est varié selon les espèces *Buthcus arenicola*, *Buthacus samiae* et *Buthacus deserticus*.

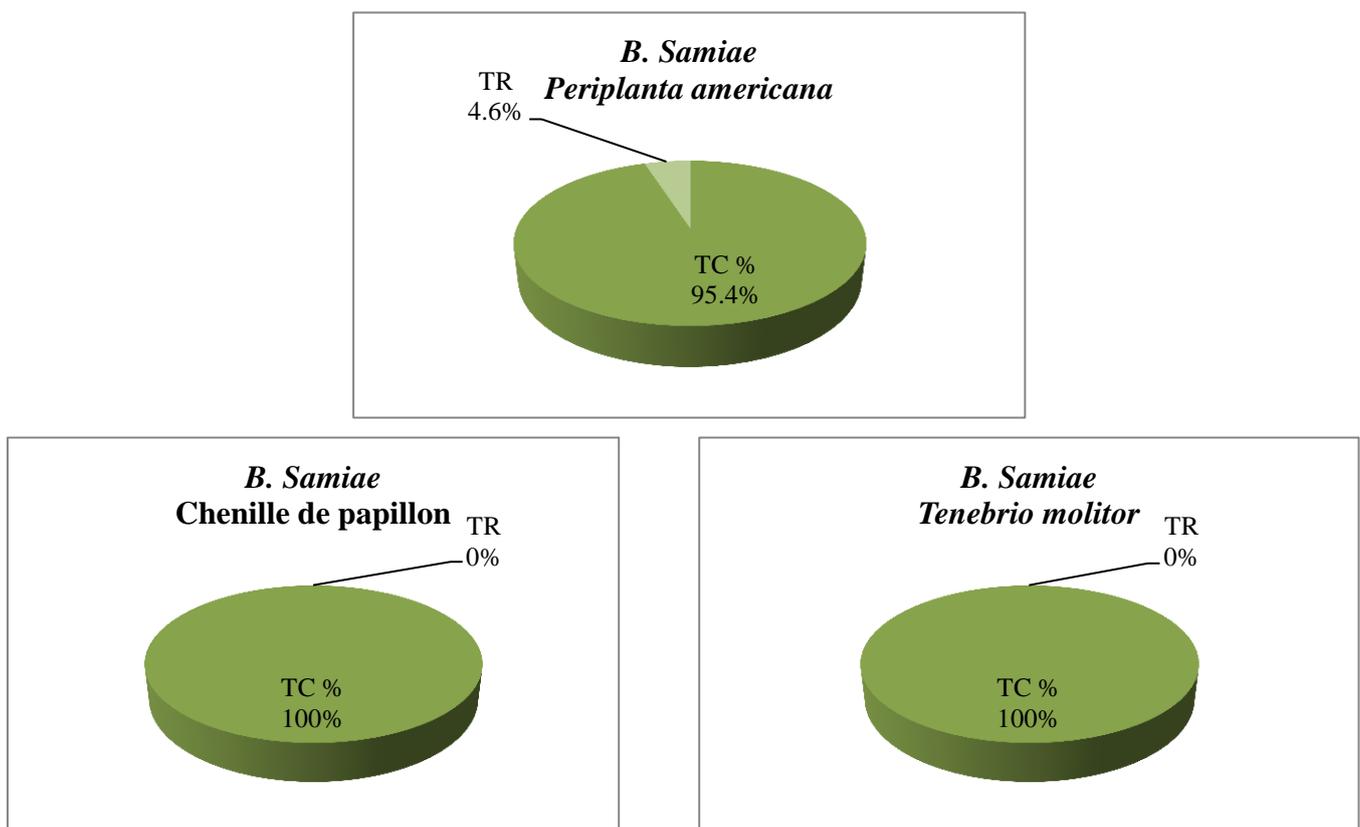


**Figure 47.** Variation des taux de consommation et des restes des proies chez *Buthacus arenicola*

La figure montre les taux de consommation (TC %) du scorpion *Buthacus arenicola* en fonction des proies. Pour *Periplaneta americana*, le TC est de 90.2 %, indiquant qu'elle n'est pas toujours entièrement consommée. En revanche, *Tenebrio molitor* et Chenille de

papillon affichent un RC de 100 %, signifiant qu'elles sont totalement consommées. Ces différences peuvent être dues à la taille, à la composition ou à la digestibilité des proies.

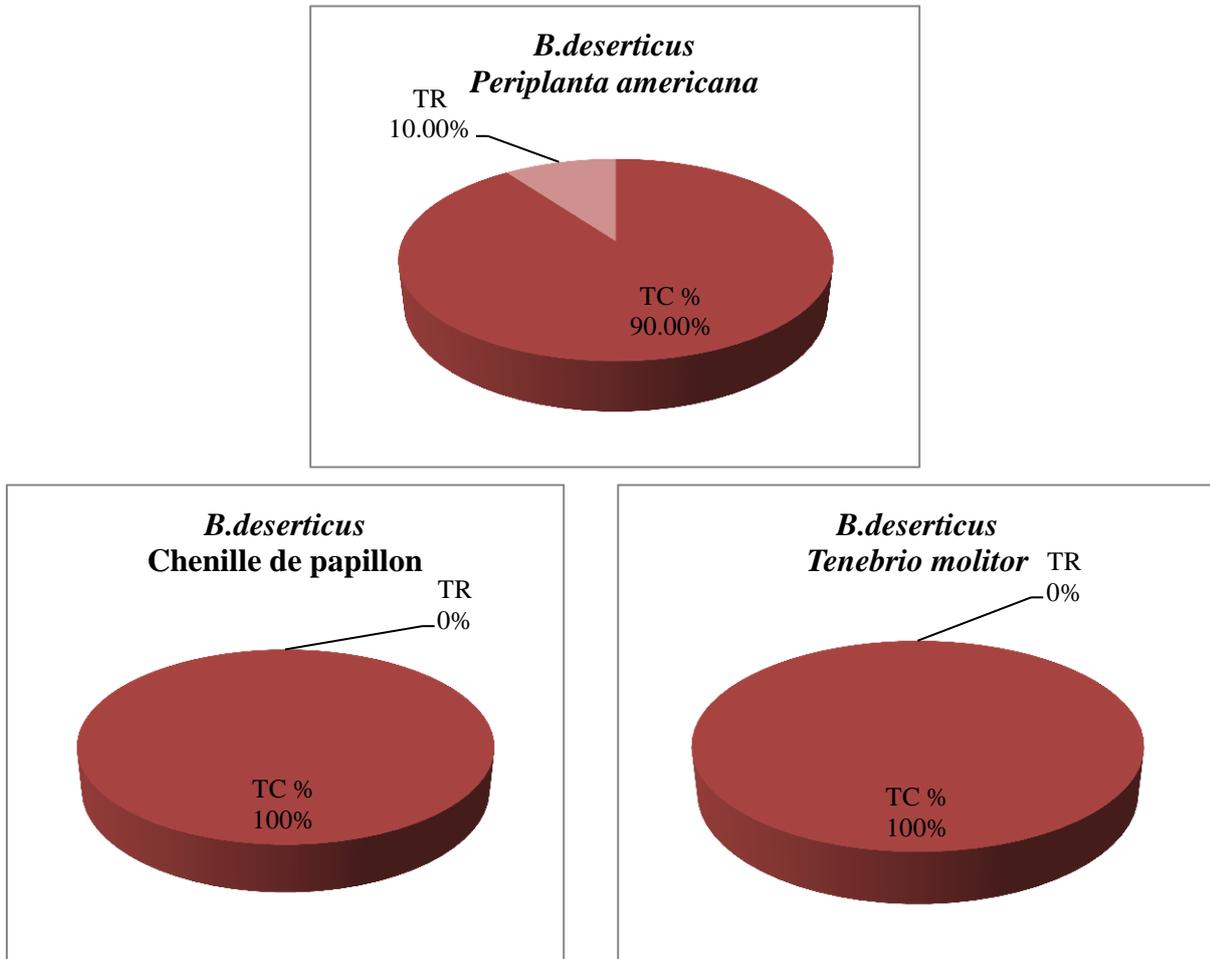
Et ce qui concerne les taux de restes (TR) pour le scorpion *Buthacus arenicola* en fonction des proies. Pour *Periplaneta americana*, le TR est de 9.8 %, indiquant qu'une petite portion de cette proie n'est pas consommée. Par contre, pour *Tenebrio molitor* et Chenille de papillon, le TR est de 0 %, ce qui signifie qu'elles sont entièrement consommées. Cela suggère que *P. americana* peut être plus difficile à consommer dans son intégralité, probablement à cause de sa taille ou de sa structure.



**Figure 48.** Variation des taux de consommation et des restes des proies chez *Buthacus samiae*

Pour *Buthacus samiae* montre un TC de 95.4 % pour *Periplaneta americana*, ce qui signifie que presque toute cette proie est consommée. *Tenebrio molitor* et Chenille de papillon ont un TC de 100 %, indiquant une consommation totale. Cela suggère que *B. samiae* est très efficace pour consommer ces proies, préférant probablement celles qui sont plus petites ou plus digestibles.

Par contre, le TR pour *Periplaneta americana* est de 4.6 %, indiquant qu'une petite portion reste non consommée. En revanche, *Tenebrio molitor* et Chenille de papillon n'ont aucun reste, avec un TR de 0 %. Ces résultats suggèrent que *P. americana* pourrait être plus difficile à consommer complètement, peut-être en raison de ses caractéristiques, tandis que *T. molitor* et Chenille de papillon sont probablement plus faciles à ingérer totalement.



**Figure 49.** Variation des taux de consommation et des restes des proies chez *Buthacus deserticus*

Enfin, pour *Buthacus deserticus*, le TC pour *Periplaneta americana* est de 90 %, ce qui indique qu'une petite portion n'est pas consommée. Par contre, *Tenebrio molitor* et Chenille de papillon ont un TC de 100 %, montrant une consommation complète. Cela suggère que *B. deserticus* préfère consommer les proies plus petites ou faciles à manipuler, tandis que *P. americana* pourrait présenter des caractéristiques compliquant sa consommation totale.

Le TR pour *Periplaneta americana* est de 10 %, signifiant qu'une petite partie n'est pas consommée. En revanche, *Tenebrio molitor* et Chenille de papillon n'ont aucun reste, avec un TR de 0 %. Ces observations indiquent que *P. americana* peut être plus difficile à ingérer complètement, tandis que *T. molitor* et Chenille de papillon sont plus facilement consommées sans laisser de restes.

## Remarque

### 1. Cannibalisme

#### 1.1 Cannibalisme intra guildes

Dans le but d'observer le comportement des scorpions en cas de manque de nourriture, deux spécimens de *Buthacus arenicola* ont été placés dans une boîte en plastique de 20 × 15 cm sans nourriture pendant une semaine. Il a été observé qu'un des scorpions a tenté de maintenir l'autre pendant 9 heures. Ensuite, il a commencé à se nourrir de lui, mais n'a pas pu terminer l'alimentation, car l'autre est mort avant. Ce comportement de cannibalisme intra guildes pourrait être expliqué par plusieurs facteurs. Le stress causé par un long maintien pourrait avoir entraîné une faiblesse physiologique ou un manque d'oxygène, empêchant le scorpion de finir sa proie. Il est aussi possible que la piqûre ou le venin résultant de l'interaction entre les deux scorpions ait provoqué un empoisonnement progressif, perturbant certaines fonctions vitales avant la fin de l'alimentation. De plus, les conditions environnementales dans la boîte, telles que la chaleur ou l'humidité, ont peut-être aggravé le stress ou n'ont pas fourni un environnement adéquat pour la survie du scorpion. Enfin, le scorpion mort a pu avoir des difficultés à digérer sa proie en raison de la fatigue ou des effets physiologiques liés à l'alimentation, ce qui a contribué à sa mort.

#### 1.2 Cannibalisme



---

**Figure 51.** Le cannibalisme inter-gilde entre deux différentes espèces *Buthacus arenicola* et *Orthochirus ennesi* dans un laboratoire.

Dans le cadre d'une étude sur le comportement des scorpions en cas de manque de nourriture, deux spécimens de *Buthacus arenicola* et *Orthochirus ennesi* ont été placés dans une boîte en plastique de 20 × 15 cm, sans nourriture, pendant une semaine. Cette image illustre un cas de cannibalisme inter-gilde et documente un incident de prédation intéressant entre deux espèces de scorpions. Après que le scorpion *Buthacus arenicola* ait réussi à maintenir le scorpion *Orthochirus ennesi* pendant environ deux heures, ce dernier a réagi de manière surprenante. Il a réussi à insérer sa pince dans la bouche du scorpion prédateur à trois reprises consécutives, injectant ainsi son venin dans le système digestif du premier scorpion. Cette réaction efficace a finalement entraîné la mort du scorpion prédateur.

## 2. Discussion

D'un point de vue taxonomique, cette recherche a permis d'identifier six (06) espèces du genre *Buthacus*. Les espèces *B.arenicola*, *B.birulai*, *B.elmenia*, *B.samiae*, *B.spinatus*, et *B.deserticus*.

Le recensement de six espèces de *Buthacus* dans la zone étudiée revêt une importance particulière. En effet, ces six espèces représentent 50% des espèces de *Buthacus* identifiées en Algérie et 16,66% des espèces du genre *Buthacus* recensées à l'échelle mondiale. Selon les travaux de Sadine en 2018, trois espèces de *Buthacus* étaient présentes dans le Sahara septentrional : *B. arenicola*, *B. samiae* et *B. spinatus*. Cependant, une étude plus récente menée par Bengaid *et al.* En 2022 a élargi ce nombre à cinq espèces, avec l'ajout de *B. birulai* et *B. elmenia* aux trois espèces précédemment identifiées. Cette évolution souligne l'importance des recherches continues pour mieux comprendre la diversité des scorpions dans cette région...

D'un point de vue répartition géographique, nos résultats mettent en lumière une diversité importante dans la répartition relative des espèces de scorpions répertoriées par région. À Metlili, la prédominance est observée chez *B. samiae*, représentant 48%, suivi de *B. sp* à 26%, et de *B. arenicola* ainsi que de *B. spinatus* à 13%. Dans la région d'El Atteuf, *B. samiae* est en tête avec 33%, suivie de *B. arenicola* à 30%, *B. spinatus* à 26%, *B. deserticus* à 9%, et *B. birulai* à seulement 2%. À Zelfana, *B. arenicola* occupe la position dominante avec 41%, suivie de *B. birulai* à 19%, *B. samiae* et *B. deserticus* à 16%, et *B. spinatus* à 8%. Dans la région de Daya ben dahoua, *B. deserticus* se démarque comme l'espèce la plus prédominante à 98%, suivie de *B. spinatus* à 2%. Enfin, à Menia, *B. elmenia* domine à 66%, suivi de *B. samiae* et *B. spinatus* à 17%.

D'autres études menées sur la répartition des scorpions en Algérie ont également identifié la présence de *B. arenicola* dans la région d'Ourgla (Sadine, 2015) ainsi qu'à Touggourt et El-Oued (Vachon, 1952), sans exception Ait Hammou *et al.*, 2023 qui l'a trouver au niveau de Tiaret. Ces observations confirment nos résultats, où nous avons détecté la présence de *Buthacus arenicola* dans des environnements ensablés tels que les ergs et les regs ensablés d'El Atteuf, Metlili et Zelfana, situés au nord-est de la zone d'étude et à proximité d'Ourgla.

*Buthacus birulai* a été collecté dans le nord-est de la zone d'étude, à El Atteuf et Zelfana, exclusivement dans le biotope erg. Ces résultats concordent avec les investigations de Lourenço sur des spécimens provenant de la partie orientale de l'Algérie, plus précisément d'El-Oued (Lourenço, 2006).

Le *Buthacus samiae* a été initialement confondu avec le *Buthacus arenicola*, comme indiqué dans les recherches de Sadine *et al.*, en 2014. Une révision approfondie basée sur des échantillons prélevés à Hassi l'Fhel et Sebseb a révélé qu'il s'agit en réalité d'une espèce entièrement distincte de *Buthacus arenicola* d'Ourgla (Sadine, 2005; 2012) et d'El Oued (Sadine *et al.*, 2011). Ainsi, dans cette étude, nous avons confirmé la présence du *Buthacus samiae* dans les environnements ensablés de la région de Ghardaia, tels que les ergs à El Atteuf, Metlili et Zelfana, ainsi que les regs ensablés à El Atteuf, Metlili, Zelfana et Menia, ainsi que dans les zones agricoles associées aux zones sableuses (El Atteuf et Metlili).

Selon les recherches de Lourenço *et al.*, en 2016, l'espèce *B. spinatus* a été récoltée dans des zones de roches désertiques présentant des lits de sable, ainsi que dans des dunes de sable caractérisées par une végétation herbacée rare, comme les oueds et les ergs. Ces résultats correspondent à nos observations, où nous avons constaté la présence de *Buthacus spinatus* dans trois types de biotopes : les milieux agricoles à El Atteuf et Metlili, les ergs à El Atteuf, Metlili et Menia, ainsi que les regs ensablés à El Atteuf, Metlili, Zelfana et Daya.

Le *Buthacus elmenia* a été échantillonné avec seulement quatre individus dans l'erg de la région de Menia, car il est considéré comme rare. Ceci est en accord avec les travaux de Sadine (2012), qui a identifié cette espèce dans deux sites : les marges de la "Sebkhet El Melah" à Menia, caractérisées par un sous-sol de type sableux mélangé à des roches (Hacene *et al.*, 2004), et dans une formation plus sableuse non loin des champs agricoles à Menia.

Alors qu'un grand taux d'individus de *B. deserticus* a été trouvé dans des milieux agricoles plus proches aux formations sableuse.

Les scorpions manifestent un fort attachement à leurs biotopes, comme a souligné Vachon (1952). C'est le cas pour toutes les espèces animales, la diversité et l'abondance des scorpions peuvent être influencées par divers facteurs environnementaux tels que le type de sol, la topographie, l'hydrologie, les ressources alimentaires, et surtout la température et la

précipitation (Polis, 1990 ; Prendini, 2005 ; Dias *et al.*, 2006 ; Araújo *et al.*, 2010 ; Sadine *et al.*, 2012 ; Nime *et al.*, 2013 ; 2014 ; Pizarro-Araya *et al.*, 2014).

Le nombre des espèces dans les cinq régions pour le milieu agricole est comme suit : 3 espèces dans les régions de Metlili et El Atteuf qui sont *B. samiae*, *B. spinatus* et *B. deserticus*, une seule espèce dans la région de Zelfana et Daya ben dahoua, *B. deserticus*, et pour la région de Menia est égal à 0. Sadine *et al.*, 2015 ; Sadine, 2016 indique la présence de *B. samiae* et *B. spinatus* dans les dunes de sable avec une végétation herbacée rare.

Pour l'erg, la richesse spécifique dans les régions de Zelfana et Metlili est égale à 3, *B. arenicola*, *B. samiae* et *B. spinatus*, alors que dans la région d'El Atteuf elle est de 5 (toutes les espèces sauf *B. elmenia*). Et le reg ensablé, la richesse spécifique dans les régions de Metlili et Zelfana est égale à 4 (*B. arenicola*, *B. samiae*, *B. spinatus* et *B. deserticus*), seule espèce pour les régions de Menia et Daya ben dahoua, *B. samiae* et *B. spinatus* respectivement, et pour la région de El Atteuf est égale à 3 (*B. arenicola*, *B. samiae* et *B. spinatus*). Sadine *et al.*, 2011 ; Sadine, 2012 ; Sadine *et al.*, 2015 ; Sadine, 2016 ; Sadine, 2017 le *B. arenicola*, *B. birulai*, *B. elmenia*, *B. samiae* et *B. spinatus* sont citées comme espèces psammophile par excellence.

La répartition temporelle des espèces indique que la collecte de scorpions est plus favorable pendant la saison estivale. En effet, 82 individus de *B. samiae*, *B. spinatus* et *B. deserticus*. Ont été recueillis au cours de cette période. Cette observation s'explique par le fait que l'activité maximale des scorpions est associée à la saison estivale. Cette constatation est en accord avec les conclusions de Polis (1990), qui confirme que la saison estivale marque le début de l'activité des scorpions. Les résultats obtenus ont révélé la collecte de 19 individus en automne, indiquant que cette saison est propice à l'accouplement des scorpions, conformément aux conclusions exposées dans les travaux de Sadine (2005). Pendant la saison hivernale, le nombre d'individus récolté est très faible, avec seulement 6 individus. Cette diminution s'explique par le fait que les scorpions entrent en hibernation pendant cette période, justifiant ainsi la baisse de leur nombre au cours de l'hiver. Au cours de la saison de printemps, les résultats obtenus ont abouti à la récolte de 22 individus, en accord avec les conclusions de Polis (1990). Selon ses recherches, le développement optimal des scorpions se produit pendant le printemps, et il a également observé une disponibilité fréquente de nourriture pour ces arachnides au cours de cette période.

La phénologie réalisée pour quelque espèce du genre *Buthacus* : *B. samiae*, *B. spinatus*, et *B. deserticus*. En hiver, les mâles de *B. samiae* et *B. deserticus* montrent une réduction d'activité, tandis que les femelles affichent une activité modérée. Chez *B. spinatus*, une réduction significative de l'activité est observée pour toutes les catégories. Au printemps, une légère reprise d'activité est notée chez les mâles, les femelles et les juvéniles de toutes les espèces. L'été est marqué par une activité biologique significative, particulièrement chez *B. spinatus*, avec des observations élevées chez les mâles, les femelles et les juvéniles, indiquant des comportements spécifiques à la reproduction et une croissance importante. En automne, les mâles semblent se préparer à la saison de reproduction suivante, tandis que les femelles et les juvéniles montrent des observations modérées, suggérant une période de repos post-reproduction, avec une croissance continue chez les juvéniles. Alors que la phénologie du genre *Androctonus*, notamment *Androctonus amoreuxi*, se caractérise par une fausse diapause hivernale, la femelle maintient ses activités même pendant la saison hivernale (Sadine, 2018). Au printemps, l'activité potentielle reprend, marquée par l'apparition des juvéniles d'*A. Amoreuxi*. Ainsi, cette période favorise la mise-bas de l'espèce après une gestation d'environ 5 à 6 mois (Sadine, 2005, Sadine, 2018).

Concernant *A. australis*, les deux sexes maintiennent leur activité tout au long de l'année, à l'exception de la saison hivernale où l'absence des mâles est remarquée. La période de gestation et de mise-bas pour cette espèce est pratiquement similaire à celle d'*A. amoreuxi*, car l'activité potentielle des femelles et la pullulation des juvéniles sont observées au cours du mois de mars (Sadine, 2018).

Les différences observées dans les performances reproductrices des espèces *B. arenicola*, *B. spinatus*, et *B. samiae* illustrent des variations significatives en termes de survie et de production de jeunes. *B. samiae* affiche un taux de survie de 85,3 % après 24 heures et un nombre élevé de jeunes par mise bas, atteignant 54 %, tandis que *B. arenicola* et *B. spinatus* montrent des taux de survie de 87,5 % et 60,9 %, respectivement, avec environ 40 % de jeunes par mise bas. De plus, *B. samiae* présente une proportion plus élevée de juvéniles au premier stade (24 %) comparée à *B. arenicola* (10 %) et *B. spinatus* (5 %). Ces différences de survie et de développement des juvéniles entre les espèces peuvent être attribuées à des stratégies reproductrices distinctes, des conditions environnementales spécifiques et des variations dans les soins maternels ou autres facteurs biologiques. Cela crée une diversité notable dans la dynamique de la survie et du développement précoce des jeunes.

Polis 1990, trouve que ces différences peuvent être attribuées à des stratégies reproductrices distinctes, telles que les soins maternels et les comportements défensifs, ainsi qu'à des facteurs environnementaux influençant la survie des juvéniles. La taille corporelle, les conditions écologiques, et les mécanismes biologiques spécifiques des scorpions jouent un rôle crucial dans ces variations, offrant un éclairage supplémentaire sur les adaptations et les stratégies de reproduction des différentes espèces.

Les résultats de l'étude montrent des différences notables dans les comportements alimentaires des espèces de scorpions *Buthacus* en fonction des proies disponibles, notamment *Periplaneta americana*, *Tenebrio molitor* et Chenille de papillon. Les temps de fixation et d'attaque ainsi que les temps de voracité varient en fonction des caractéristiques des proies, comme leur taille, mobilité et résistance, *Periplaneta americana* étant la plus difficile à maîtriser. En revanche, les proies plus petites, telles que Chenille de papillon et *Tenebrio molitor*, sont consommées plus rapidement et complètement. Les taux de consommation sont généralement plus élevés pour ces dernières, indiquant une préférence des scorpions pour des proies plus faciles à manipuler et digérer. Ces variations peuvent également être liées à des différences comportementales et écologiques spécifiques à chaque espèce de *Buthacus*, suggérant des adaptations particulières aux types de proies disponibles dans leur environnement naturel, et soulignant l'importance de facteurs comme la structure corporelle des proies et la capacité des scorpions à les capturer et consommer efficacement.

Les résultats de notre étude sur les comportements alimentaires des scorpions *Buthacus* montrent des similitudes avec ceux de Zouatine et al. (2023) concernant les préférences pour certaines proies et les variations dans les temps de fixation, d'attaque (TFA) et de voracité (VT). Dans les deux études, *Tenebrio molitor* est la proie préférée, avec des temps de fixation et de voracité plus courts, et un taux de consommation de 100 %. À l'inverse, *Periplaneta americana* présente des TFA et des VT plus longs, et un taux de consommation plus faible, ce qui est en accord avec nos résultats où cette proie est plus difficile à maîtriser et à consommer. Ces observations reflètent l'influence de la taille, de la résistance et de la structure des proies sur les comportements alimentaires des scorpions. Les deux études montrent également que les scorpions préfèrent les proies plus petites et tendres, laissant des restes lorsque les proies sont plus grandes ou plus complexes à ingérer.

# **Conclusion**

### Conclusion

Notre étude de la bio-écologie de scorpion du genre *Buthacus* dans le centre du Sahara du centre algérien (Ghardaïa) durant deux ans de prospection au niveau de 15 biotopes situées dans cinq régions (El-Atteuf, Metlili, Zelfana, Elmenia, Daya ben dahoua).

Au terme de ce travail nous avons récolté un total de 175 individus de scorpions du genre *Buthacus* répartis sur 6 espèces : *B. arenicola*, *B. birulai*, *B. elmenia*, *B. samiae*, *B. spinatus* et *B. deserticus*.

Les résultats obtenus de cette étude révèlent que la répartition des espèces dans la zone d'étude est différente, indiquant que l'espèce *B. deserticus* est la plus prédominante, représentant 36%. Elle est suivie par *B. samiae* (25%), puis par l'espèce *B. arenicola* avec un pourcentage de 19%. L'espèce *B. elmenia* affiche le taux le plus bas, avec seulement 2%. En analysant les données par région, on constate que l'espèce *B. samiae* domine dans les régions de Metlili et d'El-Atteuf, avec respectivement 48% et 33%, suivie par l'espèce *B. deserticus* (26%) dans la région de Metlili, et l'espèce *Buthacus arenicola* (33%) dans la région d'El-Atteuf. À Zelfana, l'espèce *B. arenicola* est la plus dominante avec 41%, suivie par l'espèce *B. birulai* (19%), tandis que l'espèce *B. spinatus* présente le taux d'abondance le plus faible. Dans la région de Menia, l'espèce *B. elmenia* prédomine avec 66%, suivie par des taux d'abondance similaires pour les espèces *B. samiae* et *B. spinatus*, chacune à 17%. Enfin, dans la région de Daya, l'espèce *B. deserticus* affiche un pourcentage très élevé de 98%, tandis que l'espèce *B. spinatus* est présente à seulement 2%.

Cette étude révèle que la région d'El Atteuf présente la plus grande diversité en scorpions, avec 5 espèces, suivie de Metlili et Zelfana, qui comptent 4 espèces chacune. Ensuite, Menia abrite 2 espèces, tandis que Daya ne présente qu'une seule espèce. L'indice de diversité de Shannon Weaver indique que la plus grande diversité est observée dans les régions d'El Atteuf et Zelfana (1.95) et (1.97) respectivement, tandis que la diversité la plus faible est enregistrée dans la région de Daya (0). En ce qui concerne les types d'écosystèmes, l'indice de diversité de Shannon-Weaver souligne que l'erg dans la région d'El Atteuf présente la plus grande richesse en scorpions, avec un indice de (2.32). Quant aux régions de Zelfana et Metlili, l'écosystème le plus riche en scorpions est le reg ensablé, avec des indices de diversité de (2).

Les valeurs d'équitabilité dans les cinq régions pour chaque saison sont supérieures à 0.7, indiquant que la plupart des espèces sont représentées par un certain équilibre d'individus. Par conséquent, cela révèle l'existence la présence d'un fort d'équilibre d'effectif entre les biotopes.

Il a été observé que le type d'écosystème joue un rôle significatif dans la distribution des espèces présentes dans chaque région.

Les résultats de l'étude mettent en évidence des variations significatives dans la distribution des espèces de scorpions en fonction des biotopes examinés. Dans le biotope agricole, on observe l'absence de *B. arenicola*, *B. birulai* et *B. elmenia*, tandis que *B. deserticus*, *B. samiae* et *B. spinatus* sont présents en nombre. L'erg se caractérise par la prédominance de *Buthacus arenicola*, *B. samiae* et *B. spinatus*. Enfin, le biotope de reg ensablé est exclusivement occupé par l'espèce *B. spinatus*. Ces variations soulignent l'importance de l'écologie locale dans la répartition spécifique des espèces de scorpions au sein de la région étudiée.

La phénologie étudié sur quelque espèces de genre *Buthacus*, notamment *B. samiae*, *B. spinatus* et *B. deserticus*, révèle des variations saisonnières. En hiver, les mâles de *B. samiae* et *B. deserticus*, réduisent leur activité, tandis que les femelles restent modérément actives. (Sauf le *B. spinatus*, toutes les catégories présentent une réduction significative d'activité). Au printemps, une légère reprise est observée chez les mâles, les femelles et les juvéniles. L'été se caractérise par une activité biologique élevée, indiquant des comportements de reproduction et une croissance importante. En automne, les mâles se préparent à la reproduction, tandis que les femelles et les juvéniles montrent des observations modérées, suggérant une période de repos post-reproduction avec une croissance continue chez les juvéniles.

La reproduction des scorpions des espèces *B. arenicola*, *B. spinatus* et *B. samiae* présente des différences marquantes dans leurs performances reproductrices. En termes de taux de survie des pullus après 24 heures, *B. arenicola* affiche un taux de 87.5%, *B. spinatus* de 60.9%, et *B. samiae* de 85.3%, révélant des variations significatives dans la capacité de survie des juvéniles entre les espèces. En ce qui concerne le nombre moyen de pullus par mise bas, *B. arenicola* et *B. spinatus* présentent des valeurs similaires, avec environ 40%. En revanche, *B. samiae* affiche un nombre moyen plus élevé, atteignant environ 54%. Cette

disparité pourrait refléter des stratégies reproductrices distinctes ou des conditions environnementales spécifiques à chaque espèce.

Pour le nombre moyen de juvéniles au premier stade par mise bas, *B. arenicola* affiche environ 10%, *B. spinatus* environ 5%, tandis que *B. samiae* présente un nombre plus élevé, atteignant environ 24%. Ces résultats suggèrent des disparités significatives dans le développement précoce des pullus entre les espèces, ce qui pourrait être lié à des différences dans les soins maternels ou d'autres facteurs biologiques.

Les résultats d'observation de régime alimentaire montrent que les scorpions du genre *Buthacus* consomment plus efficacement *Tenebrio molitor* et *Bombyx mori*, avec des taux de consommation (RC) de 100 % et des taux de restes (TR) de 0 %, quel que soit l'espèce de scorpion étudiée. En revanche, *Periplaneta americana* est consommée de manière moins efficace, avec des RC inférieurs et des TR non nuls, indiquant qu'une partie de cette proie reste non ingérée. Ces différences peuvent être attribuées à la taille, à la structure corporelle et à la digestibilité des proies. Par ailleurs, les temps de consommation (VT) varient selon les proies et les espèces de scorpions, *P. americana* nécessitant généralement plus de temps, ce qui suggère une résistance ou une complexité accrue lors de l'ingestion. Ces résultats mettent en évidence les préférences alimentaires et les adaptations trophiques des scorpions *Buthacus* en fonction des caractéristiques des proies.

Les observations faites sur le comportement des scorpions *Buthacus arenicola* et *Orthochirus ennesi* en situation de privation alimentaire révèlent des interactions complexes, incluant des comportements de cannibalisme intra- et inter-gilde. Ces incidents, marqués par des attaques et contre-attaques, semblent résulter de multiples facteurs comme le stress, les effets du venin et des conditions environnementales défavorables. Ces comportements suggèrent que la compétition pour la survie peut mener à des stratégies agressives et des réponses physiologiques variées entre espèces et individus.

### Perspectives

Les résultats de cette étude ne sont pas définitifs, car ils sont considérés comme les premières études du genre *Buthacus* en Algérie. Cela devrait être poursuivi grâce à des recherches ultérieures, notamment en ce qui concerne les comparaisons morphométriques et génétiques de différentes espèces du genre *Buthacus*, qui pourraient permettre d'obtenir de nouveaux résultats concernant la diversité biologique de ce genre de scorpion dans la région de Ghardaïa. Cela aiderait à identifier de nouvelles stations dans tout le territoire algérien dans le but d'inventorier et d'identifier de nouvelles espèces.

# **Références bibliographiques**

### Références bibliographiques

- Abonneau, J., 1983. Doctorat de troisième cycle en Art et Archéologie. « PRÉHISTOIRE DU M'ZAB (ALGÉRIE – WILAYA DE LAGHOUCHE) ». Université Paris I (Sorbonne Panthéon)
- Achour, M., 2005. Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride : cas de la vallée de M'Zab. Mémoire Magister université D'ORAN. Algérie. 120p.
- Ait Hammou, W., Dahmani, A., Chedad, M.A., Feghoul, N., Benali, M., El Bouhissi, A., Delhoum, Boukhors & Sadine, S.E., 2023. diversité et modèle de distribution des scorpions (arachnida:scorpiones) de la région de tiaret (nord-ouest Algérie).
- Alqahtani, A.R. & Badry, A., 2020. Interspecific phylogenetic relationship among different species of the genus *Buthacus* (Scorpiones: Buthidae) inferred from 16S rRNA in Egypt and Saudi Arabia. *Zoology in the Middle East*, 66 (2): 178–185.
- Araujo, C. S., Candido, D. M., Araújo, H. F. P., Dias, S. C., & Vasconcellos, A. 2010. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil. *Zoologia*, 27 (3): 372–376.
- Arroyo, H., 1961. Etude sur la variété oranaise du scorpion *Buthus occitanus* (Amoreux, 1789). *Arch. Inst. Pasteur Algérie*, 39 (2) : 186-189.
- Arroyo, H., 1963. Etude biométrique préliminaire sur la variété oranaise du scorpion *Buthus occitanus* (Amoreux, 1789). *Arch. Inst. Pasteur Algérie*, 41 (1-2) : 72-74.
- Barbault, R., 1993. Abrégé d'écologie générale, structure et fonctionnement de la biosphère. Maison d'édition Masson, Paris, p272.
- Bassam, A., Al-Saraireh, M., Abu Baker, M., Zuhair, A., Lourenço, W.R., 2002. The genus *Buthacus* Birula, 1908 in Jordan: description of a new species and comments on possible micro-endemic populations (Scorpiones: Buthidae). *Arthropoda Selecta*. 31(1) : 51-62.
- Baziz, B., 2002. Bioécologie et régime alimentaire de quelques rapaces dans différentes localités en Algérie. Cas de Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* Linné, 1758, de la Chouette effraie *Tyto alba* (Scopoli, 1759), de la Chouette hulotte *Strix aluco* Linné, 1758, de la Chouette chevêche *Athena noctua* (Scopoli, 1769), du Hibou moyen-duc *Asio otus* (Linné, 1758) et du Hibou grand-duc ascalaphe *Bubo ascalaphus* Savigny, 1809. Thèse Doctorat d'Etat sci. agro., Inst. national agro. El Harrach, 499p.
- Ben semaoune, Y., 2008. Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale: contribution à la mise en place d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace (SAGE)-cas de la région de Ghardaïa. Mémoire Magister, Université Kesdi Merbah, Ouargla. 114p.
- Bengaid, Y., 2018. Composition et structure de peuplement scorpionique de la région de Ghardaïa (Algérie). Mémoire de Master. Option Ecologie et environnement. Université de Ghardaïa. 51p.

- Bengaid, Y., Sadine, S.E., Zouatine, O., Abidi, H., Bissati, S., & Houhamdi, M., 2022. Notes and remarks on *Buthacus* species of Central Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Serket* (2022) 18(3): 274-281.
- Benkenzou, D., 2012. *Annuaire statistique*. p131.
- Bensemaoune, Y., 2008. Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale:(S.A.G.E.) cas de la région de Ghardaïa- Mémoire de Magister en agronomie Saharienne. U.K.M. Ouargla, p 33.
- Benslama, A., 2021. Qualité des eaux d'irrigation et salinisation des sols dans une palmeraie dans la région de Ghardaïa. Cas de Zelfana. Thèse de doctorat, université de ghardaïa, p 144.
- Bereni, J., 1950. Quelques remarques sur la biologie d'un scorpion saharien *Orthochirus innesi* E. Simon". *Arch. Inst. Pasteur Alger* 28 (4) : 509-511.
- Birula, A.A., 1896. *Miscellanea scorpiologica*. I. Zur Synonymie der russischen Skorpione. *Annuaire du Musée Zoologique de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg* 1: 229-245.
- Birula, A.A., 1905. Beiträge zur Kenntniss der Scorpionenfauna Persiens (Dritter Beiträge). *Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg* 23: 119-148.
- Birula, A.A., 1908. Ergebnisse der mit Subvention aus der Erbschaft Treitl unternommenen zoologischen Forschungsreise Dr. F. Werner's nach dem ägyptischen Sudan und Nord-Uganda. XIV. Scorpiones und Solifugae. *Sitzungsberichte der Mathematisch Naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Wien)* 117/2 (1): 121-152.
- Birula, A.A., 1911. 3. Scorpiologische Beiträge. 9. *Buthus (Buthacus) spatzi, sp. nov.* *Zoologischer Anzeiger* 37 (6-7): 137-142.
- Birula, A.A., 1914. Ergebnisse einer von Prof. Franz Werner im Sommer 1910 mit Unterstützung aus dem Legate Wedl ausgeführten zoologischen Forschungsreise nach Algérien. VI. Skorpione und Solifugen. *Sitzungsberichte der Kaiserlich-königlichen Akademie der Wissenschaften (Wien)* 123 (1): 633-688.
- Birula, A.A., 1917. *Arachnoidea Arthrogastra Caucásica*. Pars I. Scorpiones. *Zapiski Kavkazskogo Muzeya [Mémoires du Musée du Caucase]*. Tiflis: Imprimerie de la Chancellerie du Comité pour la Transcaucasie A (5): 1-253. in Russian; English translation: A.A. Byalynitskii-Birulya. 1964. *Arthrogastric arachnids of Caucasia*. 1. Scorpions. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 170p.
- Blondel, J. 1979. *Biogéographie et écologie*. Paris, Masson, Collection d'Ecologie, 15 : 153-155.
- Blondel, J., 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. I. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.). *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*. 29-4 : 533-589

- Borelli, A., 1929. Scorpions du Soudan. *Annals and Magazine of Natural History* 10 (3): 297–300.
- Bouisset, L. & Larrouy, G. 1963" Nouvelle station d'un scorpion peu connu, *Buthacus arenicola*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 98 (3-4): 395-297.
- Boukraa, S., 2009. Biodiversité des Nématocères (Diptera) d'intérêt agricole et médicovétérinaire dans la région de Ghardaia. these Ing, Ins National Agr. el Harrach (Alger).119p.
- Cain, S., Gefen, E. & Lorenzo, P., 2021. Systematic revision of the sand scorpions, genus *Buthacus* birula, 1908 (buthidae c.l. koch, 1837) of the levant, with redescription of *Buthacus arenicola* (simon, 1885) from algeria and tunisia. *American Museum of Natural History*: 450- 134.
- Chabour, N., 2006. Hydrogéologie des domaines de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie. *Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire*. p23.
- Chehma, A., 2011. Le Sahara en Algérie, situation et défis. Séminaire de « L'effet du Changement Climatique sur l'élevage et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb ». Université KASDI MERBAH - Ouargla- Algérie, du 21 au 24 Novembre 2011.
- Chehma, A., 2013. Etude bioécologique des Hyménoptères parasitoïdes des pucerons associant au milieu naturel et cultivé dans la région de Ghardaïa. Thèse magister, Univ Kasdi Merbah- Ouargla. p53.
- Chippaux, J.P. & Goyffon, M., 2008. Epidemiology of scorpionism: a global appraisal. *Acta Tropica*, 107: 71-79.
- Coyne, A., 1989. *Le M'Zab* Ed. Adolphejourdon, Algérie, p 41.
- D.P.S.B., 2020. Direction de la programmation et du suivi budgétaires. *Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa*.
- Daget, Ph., Gorden, M., 1982. Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Ed. Masson, Paris, 163p.
- Dajoz, R., 1971- *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris. 434p.
- Dajoz, R., 1975. *Précis d'Ecologie* (4è éd). Gauthiers-Villars : Paris. 503p.
- Dias, S.C., Candido, D.M & Brescovit, A.D.(2006). Scorpions from Mata do Buraquinho, João Pessoa, Paraíba, Brazil, with ecological notes on a population of *Ananteris mauryi* Lourenço (Scorpiones, Buthidae). *Rev Bras Zool.* 23 (3): 707-710.
- Dreux, P, 1980. *Précis d'écologie*. Ed. Presses universitaires de France, Paris, p 231.

- DSA., 2021. Direction des services agricoles. Rapport des cultures en wilaya.
- Dupré, G., El Bouhissi, M. & Sadine, S.E., 2023. La Faune des scorpions d'Algérie. *Arachnides*, 108:1-16.
- Ehrenberg, C. G. In Hemprich, F.W., & Ehrenberg, C. G. (1828). *Arachnoidea. Plates I +II. In Symbolae Physicae seu Icones et Descriptiones Animalium Evertebratorum sepositis Insectis quae ex itinere per Africam borealem et Asiam occidentalem. Friderici Guelmi Hemprich et Christiani Godofredi Ehrenberg, studio novae aut illustratae redierunt. Percensuit editit Dr. C. G. Ehrehberg. Decas I. Berolini ex officina Academica, venditur a Mittler: Index and plates.*
- El-Hennawy, H.K., 1992. A catalogue of the Scorpions described from the Arab countries (1758-1990) (Arachnida: Scorpionida)". *Serket*, 2 (4): 95-153.
- Faurie, C., Ferra, C., Medori, P & Devaux, J., 2003. *Ecologie-approche scientifique et pratique*. Ed. TEC & DOC, Paris, 399p.
- Fet, V & Lowe, G., 2000. Family Buthidae C.L. Koch, 1837. In V. Fet, W.D. Sissom, G. Lowe, and M.E. Braunwalder. *Catalog of the scorpions of the world (1758–1998)*: 54–286.
- Foley, H., 1944. Un scorpion nouveau pour le Sahara algérien, *Buthus (Buthus) quinquentium* (Hemprich & Ehrenberg, 1829). *Arch. Inst. Pasteur Algérie*, 22 (4): 267-270.
- Foley, H., 1945. Présentation de plusieurs spécimens d'un scorpion nouveau pour la faune Du Sahara algérien, *Orthochirus innesi* E. Simon ". *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 36 (6): 84.
- František, K., Graeme, L. & František, Š. 2016 .Review of Northwestern African *Buthacus*, with Description of *Buthacus stockmanni* sp. n. from Morocco and Western Sahara (Scorpiones, Buthidae). *Euscorpium. Occasional Publications in Scorpiology*. p236.
- Glèlè Kakai, R., Salako, V. K., Padonou, E. A. & Lykke A. M. 2016. *Méthodes Statistiques Multi variées Utilisées En Écologie*. 12- 13.
- Goyffon, M., 1991. Les scorpions des régions montagneuses". *Actes 116° Congr. Nat. Soc. sav.*, 29 avril-4 mai 1991, Chambéry, C.T.H.S. eds : 241-254.
- Goyffon, M., 2002. Le scorpionisme en Afrique sub-saharienne. *Bull. Soc. Patho. Exot.*, 95: 191-193.
- Hadj-Seyd, A., Kemassi, A., Hadj-Kouider, Y., & Harma, A., 2015. Traitement de l'infertilité : plantes spontanées du Sahara septentrional. *Phytothérapie*, 14 (4) : 241- 245.
- HAMEL, I., 2023. Caractérisation et cartographie des propriétés physicochimiques des sols de la région de Ghardaia (cas de la palmeraie de ZELFANA) Algérie. Thèse de doctorat. p 181.

- Hebbaz, S., 2009. Les espèces animales menacées de disparition dans la région d'Ouargla (cas des vertébrés). Mémoire Ingénieur d'Etat en Sciences Biologiques, Univ Kasdi Merbah- Ouargla, p32.
- Jiménez Martínez, J., 2018. Estatus del Escribano sahariano (*Emberiza sahari*) para Norte de Marruecos y la Ciudad de Ceuta. *Revista Alcudón* 15 : 4-10.
- Kemassi, A., Darem, S., Cherif, R., Boual, Z., Sadine, SE., Aggoune, MS., Ould El Hadj-Khelil, A & Ould Elhadj MD, 2014. Recherche et identification de quelques plantes médicinales à caractère hypoglycémiant de la pharmacopée traditionnelle des communautés de la vallée du M'Zab (Sahara septentrional Est Algérien). *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 1(1) : 1-5.
- Kinzelbach, R., 1985. Vorderer Orient. Skorpione (Arachnida: Scorpiones). *Tübinger Atlas der Vorderer Orients (TAVO)*, Karte Nr.14-2.
- Koch, C. L., 1838. Uebersicht des Arachnidensystems. Nurnberg. 1: 1-39.
- Koch, C.L., 1839. " Die Arachniden ". Nurnberg: C.H. Zeh'sche Buchhandlung, 5 (1-6): 25-30, 125-158.
- Kovarík, F., 1992. A check list of scorpions (Arachnida: Scorpiones) in the collections of the zoological department, National Museum in Prague". *Acta Soc. Zool. Bohem.*, 56 (3): 181-186.
- Kovařík, F., 2005. Taxonomic position of species of the genus *Buthacus* Birula, 1908 described by Ehrenberg and Lourenço, and description of a new species (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius* 28: 1–13.
- Kovařík, F., 2018. Notes on the genera *Buthacus*, *Compsobuthus*, and *Lanzatus* with several synonymies and corrections of published characters (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius* 269: 1–12.
- Kovařík, F., Lowe, G. & Šťáhlavský, F., 2016. Review of northwestern African *Buthacus*, with description of *Buthacus stockmanni* sp. n. from Morocco and Western Sahara (Scorpiones, Buthidae). *Euscorpius* 236: 1–18.
- Kovařík, F., Lowe, G., Plíšková, J & Šťáhlavský, F., 2013. A new scorpion genus, *Gint* gen. n., from the Horn of Africa (Scorpiones, Buthidae). *Euscorpius*, 173: 1–19.
- Kraepelin, K., 1899. Scorpiones und Pedipalpi. In F. Dahl (editor), *Das Tierreich*, 8 (Arachnoidea): 1–265. Herausgegeben von der Deutschen Zoologischen Gesellschaft. Berlin: R. Friedländer und Sohn Verlag.
- Lahrech, A., Souilem, Z., 2017. Contribution à l'étude de la faune scorpionique de la région de Ghardaïa. Mémoire de Master en Ecologie. Université de Ghardaïa. 45p.
- Larousse., 2015. Grand Larousse illustre. Édition Larousse. 2110p.

- Leach, W. E., 1815. A tabular view of the external characters of four classes of animals, which Linné arranged under Insecta; with the distribution of the genera composing three of these classes into orders, etc. and descriptions of several new genera and species. Transactions of the Linnean Society of London, 11, (2): 306–400.
- Levy, G. & Amitai, P., 1980. Fauna Palaestina, Arachnida I: Scorpiones. Academy of Sciences and Humanities, Palastine. 130p.
- Levy, G., Amitai, P & Shulov; A., 1973. New scorpions from Palastine, Jordan and Arabia. Zoological Journal of the Linnean Society 52 (2): 113–140.
- Lourenço W.R., 2003. New considerations on the Northwestern African species of *Buthacus* Birula (Scorpiones, Buthidae) and description of a new species ". Rev. Iber. Arachnol., 10: 225-231
- Lourenço, W. R. & Rossi, A., 2015. Two new species of *Cicileus* Vachon, 1948 from Hoggar mountains in Algeria (Scorpiones: Buthidae). Rivista Aracnologica Italiana, N°1: 2-12.
- Lourenço, W.R. & Jian-Xin, Q., 2006. A New Species Of The Genus *Buthacus* Birula, 1908 (Scorpiones, Buthidae), From Pakistan. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa. 39: 161–164.
- Lourenço, W.R. & Jian-Xin, Q., 2006. A new species of the genus *Buthacus* Birula, 1908 (Scorpiones, Buthidae) from Nigeria. Entomol. Mitt. zool. Mus. Hamburg. 174: 303-306.
- Lourenço, W.R. & Jian-Xin, Q., 2007. A new species of *Buthacus* Birula, 1908 (Scorpiones, Buthidae) from Mali. Entomol. Mitt. zool. Mus. Hamburg. 387-392.
- Lourenço, W.R. & Sadine, S.E., 2015. A new species of *Buthacus* Birula, 1908 from the region of Ghardaïa, Algeria (Scorpiones, Buthidae). Revista Ibérica de Aracnologia, 27 : 55-59.
- Lourenço, W.R. & Sadine, S.E., 2014. A new species of the rare buthidae scorpion genus *Lissothus* Vachon, 1948 from Central Algeria (Scorpiones, Buthidae). Comptes Rendus Biologies, 337(6): 416-422.
- Lourenço, W.R., & Leguin, E.A., 2009. A new species of the genus *Buthacus* Birula, 1908 from the United Arab Emirates (Scorpiones, Buthidae). Zoology in the Middle East 46: 103–108.
- Lourenço, W.R., 2001. Further taxonomie considerations on the Northwestern African species of *Buthacus* Birula (Scorpiones, Buthidae), and description of two new species. Entomol. Mitt. zool. Mus. Hamburg. 13 (163): 255-269.
- Lourenço, W.R., 2013. The *Buthacus* Birula, 1908 populations from Tassili n'Ajjer, Algeria (Scorpiones, Buthidae) and description of a new species. Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg. 16 (190): 89-99.

- Lourenço, W.R., Bissati, S. & Sadine, S.E., 2016. One more new species of *Buthacus* Birula, 1908 from the region of Ghardaïa, Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Rivista Aracnologica Italiana*. 8: 2-11.
- Lourenço, W.R., Duham, B. & Cloudsley, T., 2012. Scorpions from Ennedi, Kapka and Tibesti, the mountain of Chad, with description of nine a new species. *Arthropoda Selecta*. 21(4). 307-338.
- Lourenço, W.R., Kourim, M. L. & Sadine, S.E., 2017b. Scorpions from the region of Tamanrasset, Algeria. Part I. A new species of *Buthacus* Birula, 1908 (Scorpiones: Buthidae). *Rivista Aracnologica Italiana*, 13: 31-41.
- Lourenço, W.R., Kourim, M. L. & Sadine, S.E., 2018. Scorpions from the region of Tamanrasset, Algeria. Part II. A new African species of the genus *Leiurus* Ehrenberg, 1828 (Scorpiones : Buthidae). *Rivista Aracnologica Italiana*, 16: 3-14.
- Lourenço, W.R., Rossi, A. & Sadine, S.E., 2015. New data on the genus *Androctonus* Ehrenberg, 1828 (Scorpiones, Buthidae), with the description of a new species from Ethiopia. *Rivista Aracnologica Italiana*, 1: 11-29.
- Lourenço, W.R., Sadine, S.E., Bissati, S. & Houtia, A., 2017a. The genus *Buthacus* Birula, 1908 in Northern and Central Algeria; description of a new species and comments on possible microendemic populations (Scorpiones: Buthidae). *Rivista Aracnologica Italiana*, 12: 18-30.
- Lourenço, W.R., 2004. New considerations on the northwestern african species of *Buthacus birula* (scorpiones, buthidae), and description of a new species. *Revista Ibérica de Aracnología*. 10 (31): 225–231.
- Lourenço, W.R., 2004a. Description of a new species of *Buthacus* Birula (Scorpiones, Buthidae) from Afghanistan. *Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg* 14 (170): 205–210.
- Lourenço, W.R., 2004b. New considerations on the northwestern African species of *Buthacus* Birula (Scorpiones, Buthidae), and description of a new species. *Revista Ibérica de Aracnología* 10: 225– 231.
- Lourenço, W.R., 2006. “Further considerations on the genus *Buthacus* Birula, 1908 (Scorpiones, Buthidae) with a description of one new species and two new species”. *Bol. SEA*, 38: 59-70.
- Lourenço, W.R., 2006. Further considerations on the genus *Buthacus birula*, 1908 (scorpiones, buthidae), with a description of one new species and two new subspecies. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*. 38: 59–70
- Lowe, G., Kovařík, F., Plíšková, J & Šťáhlavský, F., 2013. *Trypanothacus* gen. n., a new genus of burrowing scorpion from the Arabian Peninsula (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 277.

- Lucas, P.H., 1849. Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842. Sciences physiques, Zoologie I. Histoire naturelle des Animaux Articulés. Première partie : Crustacés, Arachnides, Myriapodes et Hexapodes. Les Scorpionides". Paris, Imprimerie nationale, 403. 318- 325
- Lucas, P.H., 1861. Note sur une variété de l'*Androctonus funestus* ". Ann. Soc. entomol..Note on *Androctonus superbus* from Algeria and Tunisia.p26.
- Magurran, A. E., 1988. Ecological diversity and its measurement.Princeton university press, Priceton, New Jersey, p179.
- Meddour, S., 2019. Bio-écologie de deux espèces de Goundi (*Ctenodactylus gundi* et *Massoutiera mzabi*) dans les régions des Aurès et du M'Zab. Thèse Doctorat Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Mekahlia, M.N., Abidi, H., Slimane, F., Sadine, S.E., Dekak, A. & Chenchouni, H., 2021. Seasonal patterns of scorpion diversity along a gradient of aridity in Algeria.ActaOecologica, 792: 113:103.
- Miourigh, M., 2011. Evaluation de la qualité hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab : Cas de l'Oued N'Tissa .mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie, Option Hydraulique agricole.
- Monod, T., 1992. Du désert. Sécheresse, 3(1) :7-24.
- Nime, FM., Casanoves, F., Vrech, D.,& Mattoni, C.I. 2013. Relationship between environmental variables and the surface activity of the scorpions in a reserve of arid Chaco, Argentina. Invertebrate Biol, 132 (2): 145-155.
- Nouh Mefnoune, B., 2006. Contribution à la stratigraphie de la barre carbonatée céno-manuronienne de la plate-forme saharienne : étude des affleurements de Ghardaia (dorsale du M'Zab), Mém. Ing. USTHB. p 136.
- Odum, E.P., 1997. Ecology: A bridge between Science and Society. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Mass., USA
- Oulmane, K., 2016. Inventaire et écologie de l'avifaune aquatique du Lac El-Golea - Sebkhet El-Maleh
- Ozenda, P., 1977. Flore du Sahara. Ed. Cent. Nati. Rech. Scie. (C.N.R.S.), Paris, p 620.
- Ozenda, P., 1983. Flore du Sahara. Ed. Centre nati. rech. sci. (C.N.R.S.), Paris, p 622.
- Pallary, P., 1928.Description de quatre scorpions nouveaux de la Berbérie". Bull. Mus. Hist. Nat. Paris, 5: 346-351.
- Pallary, P., 1929. Les scorpions du Sahara central". Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 20 (7): 133-141.

- Pallary, P., 1934. Description de quatre scorpions nouveaux de la Berbérie". Bull. Mus. Hist. Nat. Paris, 5: 346-351.
- Pallary, P., 1937. Notes sur divers scorpions de l'Afrique du Nord". Arch. Inst. Pasteur Algérie, 15(1): 99-101.
- Pallary, P., 1938. Sur des scorpions de la Berbérie, de la Syrie et du Congo". Arch. Inst. Pasteur Algérie, 16 (3): 279-282.
- Penther, A., 1912. Wissenschaftliche Ergebnisse der Expedition nach Mesopotamien, 1910. Scorpiones. Annalen des Kaiserlich-Königlichen Naturhistorischen Hofmuseums in Wien 26 (1/2): 109–116.
- Pérez, S.M., 1974. Un inventario preliminar de los escorpiones de la región Paleártica y clave para l'identificación de los géneros de la región Paleártica Occidental. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Zoología, Cátedra de Artrópodos 7: 1-45.
- Peron, A., 1868. Sur les scorpions de l'Algérie ". Bull. Soc. sci. hist. nat. Yonne: 13-14.
- Phylogeography of the House Bunting complex: discordance between species limits and genetic markers. Journal of Ornithology, 159: 47-61
- Pisani, D., Poling, L., Lyons-Weiler, M. & Blair, S., 2004. The colonization of land by animals: molecular phylogeny and divergence times among arthropods. Bio Med Central Biology, 2 (1): 1-10.
- Pizarro-Araya, J., Ojanguren-Affilastro, A., López-Cortés, F., Agosto, P., Briones, R & Cepeda-Pizarro, J. 2014. Diversity and seasonal composition of the scorpiofauna (Arachnida: Scorpiones) of the Choros archipelago (Coquimbo Region, Chile). Gayana(concepc). 78(01).
- Pocock, R. I., 1900. The scorpions of the genus *Heterometrus*. Ann. Mag. Nat. Hist. (7), 5: 362-365. London.
- Pocock, R.I., 1895. On the Arachnida and Myriopoda obtained by Dr. Anderson's collector during Mr T. Brent's expedition to the Hadramaut, South Arabia, with a supplement upon the scorpions obtained by Dr. Anderson in Egypt and the Eastern Soudan. Journal of the Linnean Society 25: 292–316
- Pocock, R.I., 1900. The Scorpions of the genus *Heterometrus*. Ann. Mag. Nat., 7 (6): 362-365.
- Polis, G.A., 1990. Ecology. In: Polis, G.A. (Ed.). The Biology of Scorpions. Stanford University Press, 247-293.
- Quezel, P., & Santa, S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie. Ed. CN RS, Paris, Tome J et II. p 1169

- Ramade, F., 1984. Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale. Ed. Mc GrawHill Inc, Paris. p397.
- Ramade, F., 1984. Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale. McGraw-Hill, Paris. 281-282
- Rein, J.O., 2024. The Scorpion Files Newsblog (site web). (Accessed on 2024)
- Sadine, S. E. & Idder, M. A., 2009. Les principales espèces des scorpions dans la région d'Ouargla (Sahara septentrional du nord-est algérien). Séminaire international sur Protection et préservation des Ecosystèmes sahariens. Ouargla du 13 au 15 décembre 2009. p81.
- Sadine, S. E., 2005. Contribution à l'étude bioécologique de quelques espèces de scorpions ; *Androctonus australis*, *Androctonus amoreuxi*, *Buthacus arenicola*, *Buthus tunetanus* et *Orthochirus innesi* dans la wilaya de Ouargla, Mémoire Ingénieur d'Etat en Biologie, Option Ecologie et environnement, Université de Ouargla. Algérie. 100p.
- Sadine, S. E., 2012. Contribution à l'étude de la faune scorpionique du Sahara septentrional Est algérien (Ouargla et El Oued). Mémoire de Magister. Option Zoophytiatrie., Université d'Ouargla. Algérie. p84.
- Sadine, S. E., Alioua, Y. & Chenchouni, H., 2012. First data on scorpion diversity and ecological distribution in the National Park of Belezma, Northeast Algeria. *Serket*, 13(1/2) : 27-37.
- Sadine, S. E., Bissati, S. & Lourenço, W. R., 2015. The first true deserticolous species of *Buthus* Leach, 1815 from Algeria (Scorpiones: Buthidae); Ecological and biogeographic considerations. *Comptes Rendus Biologies*, 339: 44–49.
- Sadine, S. E., Souilem, Z., Chedad, A., Chebihi, B., Zebsa, R. & Houhamdi, M., Lourenço, W. R. & Ythier, E., 2024. Une nouvelle espèce de *Buthacus* Birula, 1908 du Sahara algérien (Scorpiones: Buthidae). *Faunitaxys*, 12(9): 1 – 9.
- Sadine, S.E., 2012. Contribution à l'étude bioécologique de quelques espèces de scorpions : *Androctonus australis*, *Androctonus amoreuxi*, *Buthacus arenicola*, *Buthus tunetanus* et *Orthochirus innesi* dans la wilaya de Ouargla. Mémoire Ingénieur d'Etat en Biologie.
- Sadine, S.E., 2012. Contribution à l'étude de la faunescorpionique du Sahara septentrional Est algérien (Ouargla et El Oued). M. Sc. Dissertation, Univ. Ouragla, Algeria, p93.
- Sadine, S.E., 2018. La faune scorpionique du Sahara septentrional algérien : Diversité et Ecologie. Thèse de Doctorat ès sciences. Université Kasdi Merbah-Ouargla. Algérie. 112p.
- Sadine, S.E., 2018. On the contribution of Wilson R. Lourenço to the knowledge of the scorpion fauna of Algeria. *Arachnida - Rivista Aracnologica Italiana*, 17: 12-17
- Sadine, S.E., 2020. New locality of *Orthochirus innesi* Simon, 1910 in Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Serket*. 17(3): 171-175.

- Sadine, S.E., Alioua, Y., Briki, A. & Chenchouni, H., 2010. Quelques aspects sur la diversité scorpionique du parc National de Belezma (Batna, Nord-est Algérie). Journées nationales de Zoologie Agricole et Forestière, 19-21.
- Sadine, S.E., Alioua, Y., Kemassi, A., Mebarki, M.T., Houtia, A. & Bissati, S., 2014. Aperçu sur les scorpions de Ghardaïa (Algérie). Journal of Advanced Research in Science and Technology, 1(1): 12-17.
- Sadine, S.E., Bissati, S. & Idder, M.A., 2018. Diversity and structure of scorpion fauna from arid ecosystem in Algerian Septentrional Sahara (2005-2018). Serket, 16(2): 51-59.
- Sadine, S.E., Bissati, S. & Ouled Elhadj, M.D., 2011. Premières données sur la diversité scorpionique dans la région du Souf (Algérie). Arachnides, 61 : 2-10.
- Sadine, S.E., Bissati, S. & OuldEl-Hadj, M. D., 2011. Premières données sur la diversité scorpionique dans la région du Souf (Algérie). Arachnides, 61: 2-10.
- Sadine, S.E., Djilani S. & Kerboua K.E., 2020. Overview on Scorpions of Algeria. Algerian Journal of Health Sciences, 2 (s): 8-14.
- Sadine, S.E., Souilem, Z., Bengaid, Y., Chedad, A., Djelloud, Z., Souilem, Chebihi, B., Zouaïmia, A., Bensakhri, Z., Houhamdi, M & Zebza, R., 2023. Effects of Climate on Scorpion Diversity in Arid Ecosystems of the Sahara Desert of Algeria. Diversify. 15(4).541.
- Sadine, S.E., Souilem, Z., Chedad, A., Chebihi, B., Zebza, R., Houhamdi, M., Lourenço, W.R., & Ythier, E., 2024. A new species of *Buthacus* Birula, 1908 from the Algerian Saharan Desert (Scorpiones: Buthidae). Faunitaxys, 2024, 12 (9):1-9.
- Sadine, SE., Alioua, Y., Kemassi, A., Mebarki, MT., Houtia, A & Bissati S., 2014. Aperçu sur les scorpions de Ghardaïa (Algérie). Journal of Advanced Research in Science and Technology, 1(1) :12-17.
- Sergent, E. & Parrot, L., 1961. Contribution de l'Institut Pasteur d'Algérie à la connaissance humaine du Sahara (1900-1960). Scorpions». Institut Pasteur Algérie. 111-133.
- Sergent, E., 1941. Sur le postabdomen (queue) de quelques scorpions de l'Afrique du nord. Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie, 19 (3): 66–100.
- Seurat, L.G., 1930. Scorpions". In " Explorations zoologiques de l'Algérie". Coll. Centen. Algérie, Masson ed. Paris, 694 : 345-350.
- Simon, E., 1885. Étude sur les arachnides recueillis en Tunisie en 1883 et 1884 par MM. A. Letourneux, M. Sédillot et Valéry Mayet, membres de la mission de l'exploration scientifique de la Tunisie. In Exploration scientifique de la Tunisie. Paris: Imprimerie Nationale, p59.

- Simon, E., 1892. Liste des arachnides recueillis en Syrie par M. le docteur Théod. Barrois. *Revue Biologique du Nord de la France* 5: 80–84.
- Simon, E., 1910. Révision des scorpions d'Égypte. *Bulletin de la Société Entomologique d'Égypte (Cairo)*. 57–87.
- Souilem, Z & Lahrech, A., 2017. Contribution à l'étude de la faune scorpionique de la région de Ghardaïa (Algérie). Université de Ghardaïa. Mémoire de master. Option écologie et environnement. 45p.
- Thorell, T., 1893. Scorpiones exotici R. *Musei Historiae Naturalis Florentini. Boll. Soc. Ent. Ital.* 25 (4): 356-387.
- Touffet, J., 1982. Dictionnaire essentiel d'écologie. Ed. Ouest France, Rennes. 108p.
- Touloun O., Slimani T., Qninba A., & Boumezzough A., 2014. Nouvelles observations sur les scorpions des régions sahariennes du Maroc. *Poiretia, la revue naturaliste du Maghreb*. 6 : 16-21.
- Toutain G., 1979. *Eléments d'agronomie saharienne, de la recherche au développement*. Paris INRA-GRET. 270p.
- Vachon, M., 1948. Études sur les scorpions. III (suite). Description des scorpions du nord de l'Afrique. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie* 26 (4): 441–481.
- Vachon, M., 1949. Études sur les scorpions. III (suite). Description des scorpions du nord de l'Afrique. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie* 27 (1): 66–100.
- Vachon, M., 1951. Les Scorpions, leur morphologie, leur histoire et leurs légendes. *Revue d'Écologie*. 1 : 1-20.
- Vachon, M., 1952. *Étude sur les scorpions*. Institut Pasteur d'Algérie. Alger. 482p.
- Vachon, M., 1953. Contribution à l'étude du peuplement de la Mauritanie. Scorpions. *Bulletin d'Institut Français d'Afrique Noire* 55 (3): 1012–1028.
- Vachon, M., 1958. Scorpions, mission scientifique au Tassili des Ajjer (1949). *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes de l'Université d'Alger. Zoologie* 3: 177–193.
- Viera-Dasilva, J., 1979. *Introduction à la théorie écologique*. Ed. Masson, Paris. 112p.
- Werner, F., 1936. Neu-Eingänge von Skorpionen im Zoologischen Museum in Hamburg. *Festschrift zum 60. Geburtstag von Professor Dr. Embrik Strand* 2: 171–193.
- Werner, F. 1929. *Wissenschaftliche Ergebnisse einer zoologischen Forschungsreise nach Westalgerien und Marokko*. *Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien*, 138 : 1-34.
- Yağmur, E.A., Yalçın, M. & Çalışır, G., 2008. Distribution of *Androctonus crassicauda* (Olivier 1807) and *Buthacus macrocentrus* (Ehrenberg 1828) (Scorpiones: Buthidae) in Turkey. *Serket* 11: 13–18.

- Ythier, E., 2021. A new species of *Buthacus* Birula, 1908 from Western Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Faunitaxys*, 10(28): 1 – 6.
- Zambre, A, M. & Lourenço, W. R., 2010. A new species of *Buthacus* birula, 1908 (Scorpiones, Buthidae) from India. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 46 : 115-119.
- Zouatine, I., Bissati, S., Chebout, A., Chedad, A & Sadine, SA., 2023. *Feeding behaviour of two buthid scorpions of the genus Androctonus Ehrenberg, 1828 from the central Sahara of Algeria (Scorpiones: Buthidae)*. *Journal of Arachnology*. *Zoology and Ecology* (2024) 34(2): 130-139.

# **Annexe**



1985  
جامعة محمد بoudiaf - م'Sila  
Université Mohamed Boudiaf - M'Sila

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**Université Mohamed Boudiaf de M'Sila**  
Faculté des Sciences  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie  
**Laboratoire de la biodiversité et techniques biotechnologiques de la valorisation**  
des ressources végétales (BTB-VRV)



1985  
جامعة محمد بoudiaf - م'Sila  
Université Mohamed Boudiaf - M'Sila

**International Seminar on Biodiversity, Valorization and Conservation of Urban and Forest Ecosystems:**  
**(In support of sustainable development)**  
28.29.04.2021

**ATTESTATION DE PARTICIPATION**

Le comité scientifique du Séminaire atteste que :  
Melle/Mme/Mr : BENGHAID Yacine  
A présenté une **Communication affichée**

Intitulée : **Etude comparative de la faune scorpionique entre la palmeraie et le milieu urbain dans la région de Metlili (centre algérien)**

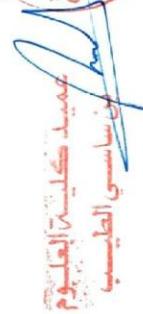
Co-auteurs : **SADINE Salah Eddine, HOUHAMDI Moussa**

Le Président du Séminaire  
**Dr. Rabah BOUNAR**



Univ. M. B. M'Sila  
Faculté des Sciences / Dépt SNV  
28.29-04.2021

Le Doyen de la Faculté des Sciences  
**Pr. Ettayib BENSACI**






Democratic and Popular Republic of Algeria  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
University of Oum El Bouaghi  
Research Laboratory: Functional Ecology and Environment «EFE»



# Certificate of Attendance

The Scientific Committee of the First International Seminar on Biodiversity in Algeria :  
Richness and Conservation ISBA'1 RC

Certifies that: **Yacine Bengaid**

Co-authors: Salah Eddine Sadine, Oumyama Zouatine, Haroun Abidi, Samia Bissati & Moussa Houhamdi

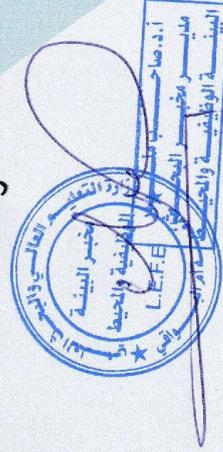
presented an **Poster** communication entitled: **BIODIVERSITE ET REVISION SYSTEMATIQUE DU GENRE BUTHACUS (FAUNE SCORPIONIQUE) DANS LA REGION DE GHARDAÏA (SAHARA CENTRAL DE L'ALGERIE)**

Seminar Chair



Dr. KHAMMAR Hichem

Laboratory Director



September 25-26 2022





Parc National de Tlemcen



Réserve de Biosphère MAB



Laboratoire de Biodiversité Végétale  
Conservation & Valorisation



Association Nationale Algérienne d'Ornithologie



Laboratoire Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels



Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA)

شهادة مشاركة

**ATTESTATION DE PARTICIPATION**

Attribuée à : **BENGAID Yacine**, / Université 8 Mai 1945 Guelma

Co-auteurs : **Sadine Salah Eddine & Houhamdi Moussa**

**Pour leur participation au 1er Séminaire National en ligne (Webinaire) sur les Zones Humides en Algérie organisé à Tlemcen, le 02 Février 2021, avec une communication intitulée :**

**Premières données sur les scorpions de la zone humide de Kaf El-Dokhan, Ghardaia (Centre algérien)**



Conférence Scientifique Nationale en Ligne  
Tlemcen Le 02 Février 2021  
SUR LES ZONES HUMIDES EN ALGERIE  
Président du Colloque  
Tlemcen Le 02 Février 2021  
Dr **BENARADJ Abdelkrir**



لجنة اللجنة العلمية  
Director of the Laboratory of research  
Président du comité scientifique  
Dr **CHERIFI K. Abdelhakim**  
Université de Tlemcen  
Tlemcen



مركز الأبحاث  
Dr **BOURIA Brahim** Station  
Représentant du CRSTRA  
Directeur du Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA)  
Expérimental de l'Université de NAAMA  
CRSTRA