



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

Université Kasdi Merbah-Ouargla

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences biologiques

N°d'enregistrement

/...../...../...../...../.....

THÈSE

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat 3^{ème} cycle LMD

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Animale

Bio-écologie des scorpions du genre *Androctonus* Ehrenberg, 1828 dans la région de Ghardaïa, Algérie.

Soutenue publiquement le : 27 / 10 /2025

Par

M^{lle}. ZOUATINE Oumyma

Devant le jury composé de

M ^r . IDDER Mohamed Azzedine	Pr	U.K.M. Ouargla	Président
M ^r . SADINE Salah Eddine	Pr	Université de Ghardaïa	Directeur de thèse
M ^{me} . BISSATI Samia	Pr	U.K.M. Ouargla	Co- directeur de thèse
M ^r . BOUZID Abdelhakim	Pr	U.K.M. Ouargla	Examineur
M ^r . KORICHI Raouf	MCA	U.K.M. Ouargla	Examineur
M ^{me} . MOUANE Aicha	MCA	Université d'El Oued	Examineur

Année universitaire : 2025 - 2026

Dédicaces

*Je dédie cette thèse à celles qui auraient empli la salle de leurs youyous si
elles étaient encore parmi nous :*

*À l'âme de mes chères grands-mères **Djamila** et **Rabiaa** que je n'oublierai
jamais elles resteront à jamais gravées dans mon cœur avec leur tendresse et
leurs sourires.*

*À mon grand-père maternel **Kamel** que Dieu le garde pour moi.*

*À ceux qui m'ont donné la vie et tant d'amour mes parents **Mohamed** et
Malika qui sont toujours à mes côtés pour m'encourager.*

*À mes chers frères : **Abderrezeg**, **Billel** et **Abd Elkarim***

*À mon grand frère, ami **Chebout Abderrezak** ma lumière et mon miroir qui
m'a toujours soutenue.*

*À ma tante, ma sœur de cœur **Chikh Fethia** et à sa petite-fille ma petite
princesse **Mira***

À mon mari et à ma belle-famille.

À tous mes amis et à mes enseignants.

À tous mes cousins et cousines, chacun et chacune se reconnaîtra.

*À Madame **Boudjabi Sonia** pour ses encouragements et ses précieux conseils.*

*Et à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin dans la
réalisation de ce travail.*

Remerciements

Avant tout, je rends grâce à Dieu, le Tout-Puissant, de m'avoir accordé la santé, le courage, la volonté et la patience nécessaires pour entreprendre et mener à bien cette thèse de doctorat.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail avec attention et bienveillance, à savoir :

- *Prof BOUZID Abdelhakim Université de Ouargla*
- *Prof IDDER Azzdine Université de Ouargla*
- *M^r KORICHI Raouf Université Ouargla*
- *M^{me} MOUANE Aicha Université d'El-oued*

Leur lecture attentive et leurs remarques pertinentes ont grandement contribué à enrichir ce travail.

*Je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à mon directeur de thèse, Professeur **SADME Salah Eddine**, pour son encadrement rigoureux, sa disponibilité constante, ses conseils précieux et son soutien tout au long de ces années de recherche. Je lui suis profondément reconnaissante pour la confiance qu'il m'a témoignée durant cette aventure scientifique.*

*Mes sincères remerciements vont également à ma co-promotrice, Professeure **BISSAM - BOUAFIA Samia**, pour sa patience, sa générosité et ses remarques constructives qui ont permis d'améliorer la qualité de ce travail.*

J'adresse également ma gratitude:

- *À tous les enseignants de l'Université de Ghardaïa et de l'Université de Ouargla, pour leur appui académique et leur accompagnement.*
 - *Aux membres du laboratoire **BRS**, pour leur soutien scientifique et technique.*
- *À mes chers amis de l'Université d'Oum El Bouaghi et de l'Université Ghardaïa pour leur encouragement constant.*
- *À tous ceux et celles qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de cette thèse*

Résumé

Les scorpions du genre *Androctonus* sont largement reconnus pour leur importance médicale et jouent également un rôle écologique fondamental dans les écosystèmes sahariens. La présente étude a été menée entre janvier 2022 et décembre 2023 dans la région de Ghardaïa (Sahara septentrional algérien). Elle s'appuie sur l'analyse bioécologique de 1457 spécimens collectés dans huit localités, ainsi que sur des observations comportementales en conditions de laboratoire.

Trois espèces ont été identifiées : *A. australis* est abondant en milieu urbain (81,5 % en 2023), *A. amoreuxi* prédominant en milieux agricoles et naturelles (61,7 % et 61,9 % respectivement) et *A. aeneas* nettement plus rare (1,2 % de l'échantillon). L'activité saisonnière atteint son pic durant les mois de juillet et septembre. Les données morphométriques ont révélé qu'*A. amoreuxi* est l'espèce la plus grande (9,44 cm en moyenne chez les mâles) suivie de *A. australis* (9,24 cm) tandis que *A. aeneas* le reste plus petit (6,46 cm). Trois cas de malformations ont été recensés représentant un taux global de 0,22 %.

Les essais comportementaux ont permis d'évaluer les préférences alimentaires, la voracité, ainsi que les interactions intra- et inter guildes en réponse à différentes proies (*Tenebrio molitor*, *Pimelia angulata*, *Periplaneta americana* ...). Les résultats indiquent une consommation totale de *T. molitor* (100 %), tandis que *P. angulata* est partiellement consommée (31–33 %). L'*A. amoreuxi* se distingue par une agressivité accrue (jusqu'à 7 piqures), alors qu'*A. australis* présente le taux de cannibalisme le plus élevé (33,3 %). Les analyses statistiques (GLMM, ANOVA, ANCOVA) ont montré que l'espèce de proie influence significativement le temps de fixation, la voracité et le taux de consommation ($p < 0,0001$), contrairement à sa taille. Bien que les observations concernant *A. aeneas* soient limitées, son comportement alimentaire semble similaire à celui des deux autres espèces.

Enfin, des données originales sur le comportement reproducteur ont été obtenues pour *A. amoreuxi* et *A. australis*, avec une durée moyenne d'accouplement de 3 h 30 et des tailles de portées atteignant respectivement 95 ± 33 et 110 ± 22 pullus.

Mots clés : Scorpion, *Androctonus*, Ghardaia, Bioécologie, Comportement.

Bio-ecology of scorpions of the genus *Androctonus* Ehrenberg, 1828, in the Ghardaïa region, Algeria.

Abstract

Scorpions of the genus *Androctonus* are widely recognized for their medical importance and also play a key ecological role in Saharan ecosystems. This study was conducted between January 2022 and December 2023 in the Ghardaïa region of northern Saharan Algeria. It is based on a bioecological analysis of 1457 specimens collected from eight localities, complemented by behavioral observations under laboratory conditions.

Three species were identified: *A. australis* which was predominant in urban environments (81.5% in 2023) *A. amoreuxi* dominant in agricultural and natural areas (61.7% and 61.9%, respectively) and *A. aeneas*, which was notably rare (1.2% of the total sample). Seasonal activity peaked during the months of July and September. Morphometric data revealed that *A. amoreuxi* was the largest species (average male length: 9.44 cm) followed by *A. australis* (9.24 cm), while *A. aeneas* was smaller (6.46 cm). Three cases of malformations were recorded representing an overall rate of 0.22%.

Behavioral assays assessed food preferences, voracity, and both intra- and interguild interactions in response to different prey species (*Tenebrio molitor*, *Pimelia angulata*, *Periplaneta americana* ...). Results showed full consumption of *T. molitor* (100%), whereas *P. angulata* was only partially consumed (31–33%). *A. amoreuxi* exhibited higher aggressiveness (up to 7 stings) while *A. australis* showed the highest rate of cannibalism (33.3%). Statistical analyses (GLMM, ANOVA, ANCOVA) indicated that prey species significantly influenced fixation time voracity and consumption rate ($p < 0.0001$), while prey size had no significant effect. Although observations on *A. aeneas* were limited, its feeding behavior appeared similar to that of the other two species.

Finally, original data were obtained on the reproductive behavior of *A. amoreuxi* and *A. australis* with an average mating duration of 3 hours and 30 minutes and brood sizes of 95 ± 33 and 110 ± 22 pullus.

Keywords: Scorpion, *Androctonus*, Ghardaïa, Bioecology, Behavior

دراسة بيوايكولوجية لعقارب من جنس أندروكتونوس (*Androctonus Ehrenberg*) (1828 في منطقة غرداية، الجزائر)

المخلص

تُعرف العقارب من جنس *Androctonus* على نطاق واسع بأهميتها الطبية ودورها الاساسي في النظم الإيكولوجية الصحراوية مما جعلها هدفا للدراسة. أجريت هذه الدراسة بين يناير 2022 وديسمبر 2023 في منطقة غرداية، جنوب الجزائر (الصحراء الشمالية)، وقد استندت إلى تحليل بيئي حيوي لـ 1457 عينة جُمعت من ثماني مناطق مختلفة من الولاية تمت دراستها ميدانيا ومراقبة سلوكها في الظروف المخبرية.

تم من خلال الدراسة تحديد ثلاث أنواع: *A. australis* والتي كانت مهيمنة في المناطق الحضرية على مدار السنتين بنسبة 81,5% و *A. amoreuxi* سائدة في المناطق الزراعية والطبيعية (بنسبة 61,7% و 61,9% على التوالي)، أما *A. aeneas* فكان نادراً (1,2% من العينة). بلغت ذروة النشاط الموسمي خلال شهري جوان وسبتمبر.

كشفت بيانات القياس المورفومترية أن *A. amoreuxi* هو الأكبر حجماً (بمتوسط 9,44 سم للذكور)، يليه *A. australis* (9,24 سم)، في حين يبقى *A. aeneas* الأصغر (6,46 سم). تم تسجيل ثلاث حالات تشوه عقربي مست حالة من كل نوع بنسبة عامة من مجموع العينات قدرت ب 0,22%.

مكّنت التجارب السلوكية من تقييم تفضيلات الغذاء و الشراسة والتفاعلات داخل النوع intra-gilde وبين الأنواع inter-gilde استجابةً لعدة فرائس مثل *Tenebrio molitor*، *Pimelia angulata* و *Periplaneta americana* أشارت النتائج إلى استهلاك كامل لـ (100%) *T. molitor*، بينما تم استهلاك *P. angulata* جزئياً فقط (بنسبة تتراوح بين 31% و 33%). تتميز *A. amoreuxi* بعدوانية واضحة (حتى 7 لسعات)، في حين أظهر عقرب *A. australis* أعلى معدل في الافتراس ب (33,3%). أبرزت التحاليل الإحصائية (GLMM، ANOVA، ANCOVA) تأثيراً معنوياً لنوع الفريسة على زمن التثبيت والشراسة بنسبة استهلاك ($p < 0,0001$)، بينما لم يكن لحجم الفريسة أي تأثير واضح. بالرغم من أن ملاحظات *A. aeneas* كانت محدودة إلا أن سلوكه الغذائي بدا مشابهاً للنوعين الآخرين تم الحصول كذلك على معطيات أصلية حول السلوك التكاثري لـ *A. amoreuxi* و *A. australis*، حيث بلغ متوسط مدة التزاوج 3 ساعات و 30 دقيقة، وسُجلت أحجام ولادات ب 95 ± 33 و 22 ± 110 صغيراً (pullus) على التوالي.

الكلمات المفتاحية: عقرب، *Androctonus*، غرداية، بيئة حيوية، سلوك

Liste des tableaux

Tableau	Intitulé	Page
01	Inventaire systématique des espèces du genre <i>Androctonus</i> et analyse de leur distribution géographique	07
02	Répartition et diversité des espèces du genre <i>Androctonus</i> en Algérie	08
03	Dairas et communes de la Wilaya de Ghardaïa	11
04	Données climatiques de la Wilaya de Ghardaïa de 1990 à 2018	12
05	Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage	17
06	Répartition et nombre de scorpions capturés.	26
07	Valeurs des mesures (en mm) des différentes parties des pédipalpes de la femelle malformée d' <i>Androctonus amoreuxi</i> .	55
08	Résultats de test ANOVA à deux facteurs	63
09	Résultats de test ANOVA à un facteur	64
10	Espèces proies utilisées chez <i>A. amoreuxi</i> et <i>A. australis</i>	69
11	Variations des moyennes des poids et tailles des proies scorpions et des moyennes de leur consommation.	75
12	Espèces proies utilisées pour tester la préférence alimentaire chez 02 espèces du genre <i>Androctonus</i> .	80
13	Résultats des modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM) pour l'effet du temps de fixation et d'attaque de la proie (TAF), Temps de voracité (VT), Nombre de piqûres (NS) et Taux de consommation (RC) en fonction du poids, de la taille et de l'espèce de la proie.	82
14	Analyse ANOVA des effets de l'espèce proie et de l'espèce de scorpion sur le comportement alimentaire.	83
15	Analyse de covariance (ANCOVA).	84

Liste des figures

Figure	Intitulé	Page
01	(A) : Vue dorsale du scorpion <i>Androctonus australis</i> , (B) : Vue ventrale du scorpion <i>Androctonus australis</i>	05
02	Répartition actuelle du genre <i>Androctonus</i> Ehrenberg, 1828 dans le monde.	06
03	Carte de la situation géographique de la région d'étude.	12
04	Diagramme Ombrothermique de la station de Ghardaïa (1990-2018).	15
05	Climagramme d'Emberger pour la région de Ghardaïa.	16
06	Mesures biométriques d'après.	21
07	Répartition des scorpions collectés selon les localités.	27
08	Répartition des effectifs collectés par localités.	28
09	Répartition des scorpions collectés selon les biotopes.	29
10	Répartition des effectifs de scorpions par biotopes.	30
11	Répartition des effectifs de scorpions selon la période (diurne et nocturne).	31
12	Distribution des effectifs d' <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839 selon les localités.	37
13	Distribution des effectifs d' <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826) selon les localités.	38
14	Distribution des effectifs d' <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758) selon les localités.	39
15	Répartition en pourcentages des effectifs par biotopes.	40
16	Distribution des effectifs d' <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839 par biotopes.	41
17	Distribution des effectifs d' <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826) par biotope.	42
18	Distributions des effectifs d' <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758) selon les biotopes.	43
19	Répartition saisonnière d' <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839.	44
20	Répartition saisonnière d' <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826).	46
21	Répartition saisonnière d' <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758).	48
22	Distribution saisonnière d' <i>Androctonus aeneas</i> selon les différents milieux.	49
23	Distribution saisonnière d' <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826)	50

	Selon les différents milieux.	
24	Distribution saisonnière d' <i>Androctonus australis</i> selon les différents milieux.	51
25	Analyse des composants principaux (ACP) des espèces.	52
26	Variation des poids chez les espèces du genre <i>Androctonus</i> .	57
27	Variation de longueur du prosoma des 03 espèces d' <i>Androctonus</i> étudiées.	58
28	Variation de la longueur du mésosoma des 03 espèces d' <i>Androctonus</i> étudiées.	59
29	<i>Variation de longueur du métasoma des 03 espèces d'Androctonus étudiées.</i>	60
30	Variation de la longueur totale des 03 espèces d' <i>Androctonus</i> étudiées.	61
31	Corrélations entre les différentes parties chez les 03 espèces	62
32	Phénologie mensuelle d' <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839..	66
33	Phénologie mensuelle d' <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin,1826).	67
34	Phénologie mensuelle d' <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758).	68
35	Temps de fixation des différentes espèces proies (TAF) par les deux espèces de scorpions du genre <i>Androctonus</i> .	71
36	Variations du nombre de piqûres des proies par <i>A. amoreuxi</i> et <i>A. australis</i> .	71
37	Variations du temps de voracité (VT) dans l'interaction inter-guildes chez <i>A. amoreuxi</i> et <i>A. australis</i> .	72
38	Variation des taux de consommation et des restes de proies chez <i>A. amoreuxi</i> et <i>A.australis</i> .	73
39	Variation du temps de fixation et d'attaque entre les différentes espèces de scorpions.	77
40	Variation du nombre de piqûres entre les deux espèces de scorpions.	78
41	Variation du temps de voracité chez les deux espèces de scorpions	79
42	Variations de taux de reste et de consommation dans le cas d'interaction intragilde.	80
43	Variation de la longueur chez les couples.	86
44	Variation du poids des couples.	87
45	Variation de la durée de la parade nuptiale chez <i>A. australis</i> et <i>A.amoreuxi</i> .	88
46	Durée totale de l'accouplement chez <i>A. australis</i> et <i>A.amoreuxi</i> .	89
47	Variation de la durée d'acceptation du spermatophore chez <i>A. Australis</i> .	90

48	Variation de la durée de séparation chez les couples.	91
49	Variation de taille de portée chez <i>Androctonus australis</i> et <i>Androctonus amoreuxi</i> .	93
50	Variation de la durée de mise bas chez <i>A. australis</i> et <i>A. amoreuxi</i>	94

Liste des photos

Photo	Intitulé	Page
01	Différents biotopes de la zone d'étude. A : milieu agricole, B : milieu naturel, C : milieu urbain.	17
02	Capture diurne et nocturne des espèces de scorpions.	19
03	Adulte mâle vivant d' <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839.	32
04	Adulte femelle vivante d' <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826).	34
05	Adulte femelle vivante d' <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758).	35
06	Leucisme partiel localisé au niveau du céphalothorax chez <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839.	53
07	<i>Androctonus amoreuxi</i> , femelle. A. Habitus. B. Le pédipalpe droit en vue dorsale montre un doigt fixe atrophié. C. Le pédipalpe droit en vue ventrale montre la disparition totale du doigt mobile .	54
08	<i>Androctonus australis</i> , femelle montrant un élargissement de la chélicère droite	56
09	Scorpion en pleine chasse A :(<i>A.amoreuxi</i> × <i>Pimelia angulata</i>), B :(<i>A. australis</i> × <i>Mantis religiosa</i>), C :(<i>A. australis</i> × <i>Tenebrio molitor</i>), D :(<i>A.amoreuxi</i> × <i>Mantis religiosa</i>).	70
10	Cannibalisme et prédation intra-gilde chez les scorpions A :(<i>A.amoreuxi</i> × <i>A.amoreuxi</i>), B et C :(<i>A.amoreuxi</i> × <i>A.australis</i>).	76
11	<i>Androctonus aeneas</i> en pleine chasse A :(<i>A.amoreuxi</i> × <i>A.aeneas</i>), B :(<i>A.aeneas</i> × <i>Anax sp</i>), C :(<i>A.aeneas</i> × <i>Tenebrio molitor</i>), D :(<i>A.aeneas</i> × <i>Mantis religiosa</i>).	81
12	Accouplement chez les scorpions du genre <i>Androctonus</i> A:(<i>A.amoreuxi</i> × <i>A. amoreuxi</i>), B :(<i>A.australis</i> × <i>A. australis</i>).	85
13	Femelles gestantes et en état de mise bas A et B : <i>A. australis</i> , C et D : <i>Androctonus amoreuxi</i> .	92

Liste des Abréviations

H : Humidité relative.

T : Température.

P : Pluviométrie.

I : Insolation.

V.V : Vitesse de vent.

E : Evaporation.

UV : Lumière ultra-violette.

LPrs : Longueur de la prosoma.

LMes : Longueur du mésosome.

LMT : Longueur de la metasome,

LT : Longueur totale.

P : Poids.

TFA : Temps de fixation et d'attaque

NP : Nombre de piqûres.

TV : Temps de voracité.

TC : Taux de consommation.

MIPW : Moyenne du poids initial des proies.

MPWAP : Moyenne du poids des proies restantes après la prédation.

PC : Moyenne du poids des proies consommées.

PPC : Pourcentage de proies consommées.

PS : Taille moyenne des proies.

PR : Pourcentage de reste.

DPN : Durée de la parade nuptiale.

DTA : Durée totale de l'accouplement.

DASF : Durée de l'acceptation du spermatophore par la femelle.

DS : Durée de la séparation.

TP : Taille de la portée.

GLMM : Modèles linéaires mixtes généralisés.

Titres	Pages
Introduction	02

Chapitre I : Généralités sur le genre *Androctonus*

1. Historique et évolution de la systématique du genre <i>Androctonus</i>	04
2. Description et identification morphologique du genre <i>Androctonus</i>	04
2.1 Céphalothorax	04
2.2 Tergites et sternites	04
2.3 Queue (métrasome)	04
2.4 Chélicères et pinces	04
2.5 Sternum et peignes	05
2.6 Pattes mâchoires (pédipalpes) et pattes ambulateurs	05
2.7 Organe reproducteur mâle	05
3. Répartition géographique de genre <i>Androctonus</i>	06
3.1. Dans le monde	06
3.2. En Algérie	06
3.2.1. Aperçu Général des espèces <i>Androctonus</i> en Algérie	07
3.2.2. L'endémisme des espèces <i>Androctonus</i> en Algérie	08
4. Ecologie et comportement de genre <i>Androctonus</i>	09
4.1. Régime alimentaire	10
4.2. Reproduction	11

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Circonscription d'étude	12
1.1 Délimitation de la zone d'étude	13
1.2 Caractéristiques climatiques	14
1.3 Synthèse climatique	16
1.3.1 Le diagramme ombrothermique	16
1.3.2 Climagramme D'Emberger	17
2. Choix et description des stations d'étude	18
3. Échantillonnage	19
3.1 Méthodes de ramassage	20

3.2 Matériel de capture	20
3.3 Conservation des individus	21
4. Identification	21
5. Exploitation des résultats	21
5.1 Etude de la répartition	21
5.2 Etude biométrique	22
5.3 Etude phénologique	23
5.4 Etude de comportement alimentaire	23
5.5 Etude de comportement reproducteur	23
5.5.1 Le suivi d'accouplement	24
5.5.2 Le suivi de mise bas	24
6. Analyse statistique	25

Chapitre III : Résultats et discussions

Résultats	26
1. Échantillonnage	26
1.1. Bilan des scorpions ramassés	27
1.1.1. Répartition en pourcentage des scorpions collectés selon dans les différentes Localités	28
1.1.2. Répartition des effectifs de scorpions collectés par localités	29
1.2. Bilan des scorpions ramassés selon les biotopes	30
1.2.1 Répartition en pourcentage des scorpions collectés par biotopes	30
1.2.2 Répartition des effectifs par biotopes	31
1.3. Bilan des collectes de scorpions selon les périodes de ramassage (diurne et nocturne)	31
2. Identification	32
2.1. <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839	32
2.2. <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826)	33
2.3. <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	34
3. Etude de la répartition des espèces	35
3.1. Répartition des espèces selon les localités	35
3.1.1. <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839	36

3.2.2. <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826)	37
3.1.3. <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	38
3.2. Répartition des espèces par biotopes	39
3.2.1. <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839	40
3.2.2. <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826)	41
3.2.3. <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	42
3.3. Répartition saisonnière des espèces selon les localités	43
3.3.1. <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839	43
3.3.2. <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826)	44
3.3.3. <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	46
3.4. Répartition saisonnière des espèces du genre <i>Androctonus</i> selon les biotopes	48
3.4.1 <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839	48
3.4.2 <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826)	49
3.4.3 <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	50
3.5 Analyse des composantes principales (ACP) dans la région d'étude	52
4. Étude des malformations tératologiques des espèces	52
4.1 Malformation d' <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839	52
4.2 Malformation d' <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826)	53
4.3 Malformation d' <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	55
5. Etude morphométrique des espèces du genre <i>Androctonus</i>	56
5.1 Variation du poids	56
5.2 Variation de la longueur du prosoma	57
5.3 Variation de la longueur du mésosoma	58
5.4 Variation de la longueur du métasoma	59
5.5 Variation de la longueur totale	60
5.6 Analyse morphométrique	61
5.6.1 Analyse des corrélations entre les différentes parties chez les trois espèces	61
5.6.2 ANOVA à deux facteurs (Effets combinés de l'espèce et du sexe)	62
5.6.3 ANOVA à un facteur (Effet de l'espèce uniquement)	63
6. Etude phénologique des espèces	64
6.1 <i>Androctonus aeneas</i> Koch, 1839	65

6.2 <i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1826)	66
6.3 <i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	67
7. Etude du comportement alimentaire des espèces	68
7.1 Interaction inter-gilde	69
7.1.1 Variation du temps de fixation et d'attaque	70
7.1.2 Variation de nombre des piqures	71
7.1.3 Variation du temps de voracité	72
7.1.4 Suivi du taux de consommation et du reste des proies	73
7.2 Cannibalisme et interaction intra-gilde	75
7.2.1 Variation de temps de fixation et d'attaque dans le cas de prédation Inter-gilde	76
7.2.2 Variation de nombre des piqures dans le cas de la prédation inter-gilde	77
7.2.3 Variation de temps de voracité dans le cas d'une prédation inter-gilde	78
7.2.4 Suivi du taux de consommation des proies chez les scorpions dans le cas d'une prédation inter-gilde	79
7.3 Comportement alimentaire d' <i>Androctonus aeneas</i>	80
7.4 Analyse du comportement alimentaire chez les espèces du genre <i>Androctonus</i>	81
8. Etude de comportement reproducteur des espèces	84
8.1 Le suivi d'accouplement	85
8.1.1 Variation de taille des couples	85
8.1.1.1 Variation de la longueur	85
8.1.1.2 Variation du poids	86
8.1.2 Durée de la parade	87
8.1.3 Durée totale de l'accouplement	88
8.1.4 Durée d'acceptation de spermatophore	89
8.1.5 Durée de séparation	90
8.2 Suivis des mises basses	91
8.2.1 Taille des portées	92
8.2.2 Durée de portage	93
8.2.3 Durée de mise bas	94
9. Discussion	95
9.1 Etude de la répartition des individus	95

9.2 Etude des malformations	95
9.3 Etude morphométrique des espèces	95
9.4 Etude phénologique des espèces	97
9.5 Etude du comportement alimentaire des espèces	98
9.6 Etude du comportement reproducteur des espèces	101
Conclusion et perspectives	103
Références bibliographiques	106
Annexes	113

Introduction

Les scorpions constituent un groupe d'arachnides hautement diversifié avec plus de 2 732 espèces réparties sur tous les continents. Leur présence est particulièrement marquée dans les régions arides et désertiques où ils occupent une place essentielle dans leurs écosystèmes **(Lourenço et Duhem, 2009 ; Rein, 2024)**. Parmi ces espèces, 126 sont d'importance médicale en raison de leur venin potentiellement dangereux pour l'homme **(Rein, 2024)**. Chaque année entre 1,2 et 1,5 million voire plus de personnes sont victimes d'envenimations scorpioniques, entraînant environ 2600 décès **(Alhamoud et al., 2021)**.

Ces arachnides sont présents sur une vaste zone géographique avec une répartition qui s'étend jusqu'à environ 50° de latitude au Nord et au Sud de l'équateur **(Vachon, 1952 ; Goyffon, 2002 ; Chippaux et Goyffon, 2008)**.

L'Algérie en raison de sa diversité géographique et climatique constitue un habitat favorable à une grande variété de scorpions dont un taux d'endémisme élevé estimé à plus de 58 % **(Sadine et al., 2012 ; Sadine et al., 2020 ; Abidi et al., 2021 ; Ythier et al., 2021 ; Khammassi et al., 2023 ; Zekri, 2023 ; Rein, 2024 ; Sadine et al., 2024 ; Ythier et al., 2024 ; Ythier et al., 2025)**. À ce jour, plus de 54 espèces ont été recensées sur le territoire national **(Dupre et al., 2023)** avec une concentration particulièrement notable dans le Sahara septentrional qui compte plus de 36 % de la diversité nationale **(Sadine, 2018)**. Cependant cette richesse spécifique reste probablement sous-estimée en raison de l'absence d'inventaires exhaustifs **(Sadine et al., 2018 ; Zekri et al., 2022)**.

Parmi cette diversité au minimum sept espèces sont considérées comme dangereuses pour l'homme principalement celles appartenant à la famille des *Buthidae*. Ce groupe comprend plusieurs genres d'intérêt médical notamment *Androctonus*, *Buthus*, *Buthacus* et *Leiurus* **(Polis, 1990 ; Fet et al., 2000 ; Fet et al., 2003 ; Al-Asmari et al., 2007 ; Sadine et al., 2020 ; Mekahlia et al., 2021 ; Rein, 2024)**.

Durant la dernière décennie plusieurs révisions taxonomiques et synthèses ont permis d'affiner la classification et d'actualiser les connaissances sur la faune scorpionique algérienne notamment à travers des travaux portant sur la description de nouvelles espèces et la révision de la systématique des taxons connus **(Sadine et al., 2014; Lourenço et Sadine, 2014; Lourenço et al., 2015; Lourenço et Rossi, 2015; Sadine et al., 2015; Lourenço et al., 2016; Sadine et al., 2016; Lourenço et al., 2017a, 2017 b; Lourenço et al., 2018; Sadine, 2018; Sadine et al., 2018; Sadine**

et al., 2020 ;Ythier, 2022; Sadine et al., 2023 ; Khammassi et al., 2023 ; Sadine et al., 2024 ;Ythier et al., 2024 ; Ythier et al., 2025).

Bien que les scorpions jouent un rôle majeur en médecine et santé publique leur diversité en Algérie reste insuffisamment documentée. Depuis les premières explorations du XIX^e siècle culminant avec les travaux de **Vachon (1952)**, les recherches se sont intensifiées enrichissant significativement les connaissances sur cette faune (**Lourenço, 2002 ; Sadine et al., 2011, 2012, 2014, 2018, 2020, 2022, 2023, 2024 ; Meddour et al., 2017 ; Ouici et al., 2020 ; Abidi et al., 2021 ; Touati et al., 2021 ; Mekahlia et al., 2021 ; Bengaid et al., 2022 ; Chedad et al., 2022 ; Zekri et al., 2022 ; Zouatine et al., 2024**). Toutefois des lacunes persistent nécessitant des investigations plus approfondies.

Le genre *Androctonus* constitue l'un des plus importants genres de la famille des Buthidae, comptant 41 espèces réparties de l'Afrique du Nord à l'Inde occidentale (**Fet et al., 2000 ; Rein, 2024**). En Algérie, on recense sept espèces, dont trois endémiques (*A. eburneus*, *A. hoggarensis* et *A. ajjer sp. n.*) avec une distribution qui s'étend des Hauts plateaux jusqu'au Sahara septentrional (**Dupré, 2023 ; Ythier et al., 2025**).

Ces scorpions venimeux particulièrement adaptés aux milieux arides représentent un élément significatif de la biodiversité scorpionique nord-africaine (**Vachon, 1952 ; Lourenço, 2005**). La majorité des études sur les scorpions d'Algérie ont principalement porté sur la systématique et la révision des espèces contribuant ainsi à une meilleure compréhension de leur diversité et de leur distribution. Les connaissances sur la bio écologie et les comportements alimentaires et reproducteurs des scorpions restent limités notamment en Algérie. Récemment, une nouvelle espèce du genre *Androctonus* Ehrenberg, 1828 a été décrite et ajoutée à la faune scorpionique algérienne (**Ythier et al., 2025**). Cette découverte porte à sept le nombre d'espèces du genre *Androctonus* répertoriées en Algérie, dont trois sont endémiques.

Cette étude vise à renforcer les connaissances sur le genre *Androctonus* en réalisant une analyse morphométrique détaillée pour identifier les variations interspécifiques et sexuelles. La répartition spatiale des espèces dans la région de Ghardaïa a été évaluée à partir d'un inventaire systématique des localités et biotopes prospectés. Un suivi phénologique a permis de déterminer les dynamiques saisonnières des espèces, tandis que des observations en laboratoire ont décrit leur

comportement alimentaire. Des comportements reproducteurs ont également été analysés, fournissant des éléments essentiels à la compréhension globale de la biologie et de l'écologie de ce genre d'importance médicale.

Le présent document est structuré en trois chapitres : le premier est consacré aux généralités sur le genre *Androctonus*. Le deuxième chapitre décrit la région d'étude, le matériel utilisé et les méthodes adoptées pour mener cette recherche.

Enfin, le troisième chapitre présente les résultats obtenus concernant la composition et la structure des populations des espèces du genre *Androctonus* recensées dans la région d'étude en abordant notamment les aspects bioécologiques tel que la biométrie, les malformations ainsi que les comportements alimentaire et reproducteur. Ce dernier chapitre inclut également une discussion comparative des résultats avec des travaux antérieurs.

Chapitre I :
Généralités sur le genre
Androctonus

1. Historique et évolution de la systématique du genre *Androctonus*

Le genre *Androctonus* a été initialement décrit par Ehrenberg en 1828 et mentionné dans le travail de Hemprich et Ehrenberg (1829). Il incluait deux sous-genres : *Prionurus* et *Leiurus*, avec le *Scorpio australis* Linnaeus, 1758 actuellement synonyme de *Androctonus australis* comme espèce type générique.

Par la suite, le genre a été abandonné au profit du sous-genre *Prionurus* et souvent intégré au genre *Buthus*. Toutefois, en raison de la préoccupation du nom *Prionurus* dans d'autres taxons, Vachon (1952) a restauré l'utilisation du nom *Androctonus* pour regrouper les espèces de l'ancien sous-genre *Prionurus*. Cette révision a été validée par des études ultérieures (Fet et al., 2000 ; Lourenço, 2005).

Le genre *Androctonus* est l'un des genres les plus étendus et les plus largement distribués au sein de la famille des Buthidae, ordre des Scorpiones, connu par ses espèces capables de provoquer des piqûres sévères et mortelles. La taxonomie de ce genre demeure complexe, notamment en raison de la grande variabilité morphologique et moléculaire intraspécifique (Ben Ali et al., 2000 ; Lourenço, 2005 ; Lourenço, 2008 ; Othmen et al., 2009 ; Alqahtani et al., 2022a, 2022 b, 2023).

2. Description et identification morphologique du genre *Androctonus*

Selon les clés d'identification établies par Vachon en 1952, le genre *Androctonus* se caractérise par la description et les critères morphologiques suivants (figure 1) :

2.1. Céphalothorax

Il est légèrement droit ou concave avec des carènes granulées distinctes mais sans carènes latérales postérieures ni lyre définie. Les yeux médians sont petits, espacés et centrés ou légèrement en avant tandis que les yeux latéraux souvent confondus avec les granulations voisines, sont peu visibles. Le bord postérieur est droit sans macrochètes (Vachon, 1952).

2.2. Tergites et sternites

Les tergites, à partir du troisième, montrent trois carènes bien définies un sternite abdominal 7 avec quatre carènes linéaires. Ces régions sont dépourvues de macrochètes. (Vachon, 1952).

2.3. Queue (métasome)

La queue est épaisse avec une forte concavité dorsale due à des carènes bien développées. Le cinquième anneau est concave sur sa face dorsale et avec des carènes courbées distinctes.

L'aiguillon est peu courbée sans tubercule basal et le cadre anal est anguleux, avec trois ou quatre lobes latéraux (**Vachon, 1952**).

2.4. Chélicères et pinces

Les chélicères possèdent un doigt fixe à deux dents ventrales distinctes. Les doigts des pinces sont dentés et chaque série de dents se termine par une autre plus grande flanquée de granules accessoires caractéristiques (**Vachon, 1952**).

2.5. Sternum et peignes

Le sternum est triangulaire et présente une profonde invagination postérieure. Les peignes sont bien développés, avec un nombre de lames chez la femelle de 20 à 29 et chez le mâle de 26 à 36. Les fulcres internes des peignes portent des soies accessoires (**Vachon, 1952**).

2.6. Pattes mâchoires (pédipalpes) et pattes ambulateires

Les pattes mâchoires ont des carènes visibles et des trichobothries bien réparties avec une organisation précise sur le bras, l'avant-bras et les doigts. Les pattes ambulateires sont équipées d'éperons tibiaux (pattes 3 et 4) et de basitarses ornés de longues soies (**Vachon, 1952**).

2.7. Organe reproducteur mâle

Cet organe comporte un flagelle complexe, avec une pars recta et une pars reflexa bien développées. La base du flagelle présente quatre lobes dont le lobe interne est nettement plus grand (**Vachon, 1952**).

Les espèces du genre *Androctonus* sont de taille moyenne à grande, mesurant entre 60 mm et 110 mm, avec une coloration allant du jaune pâle au noir foncé (**Lourenço, 2005**).

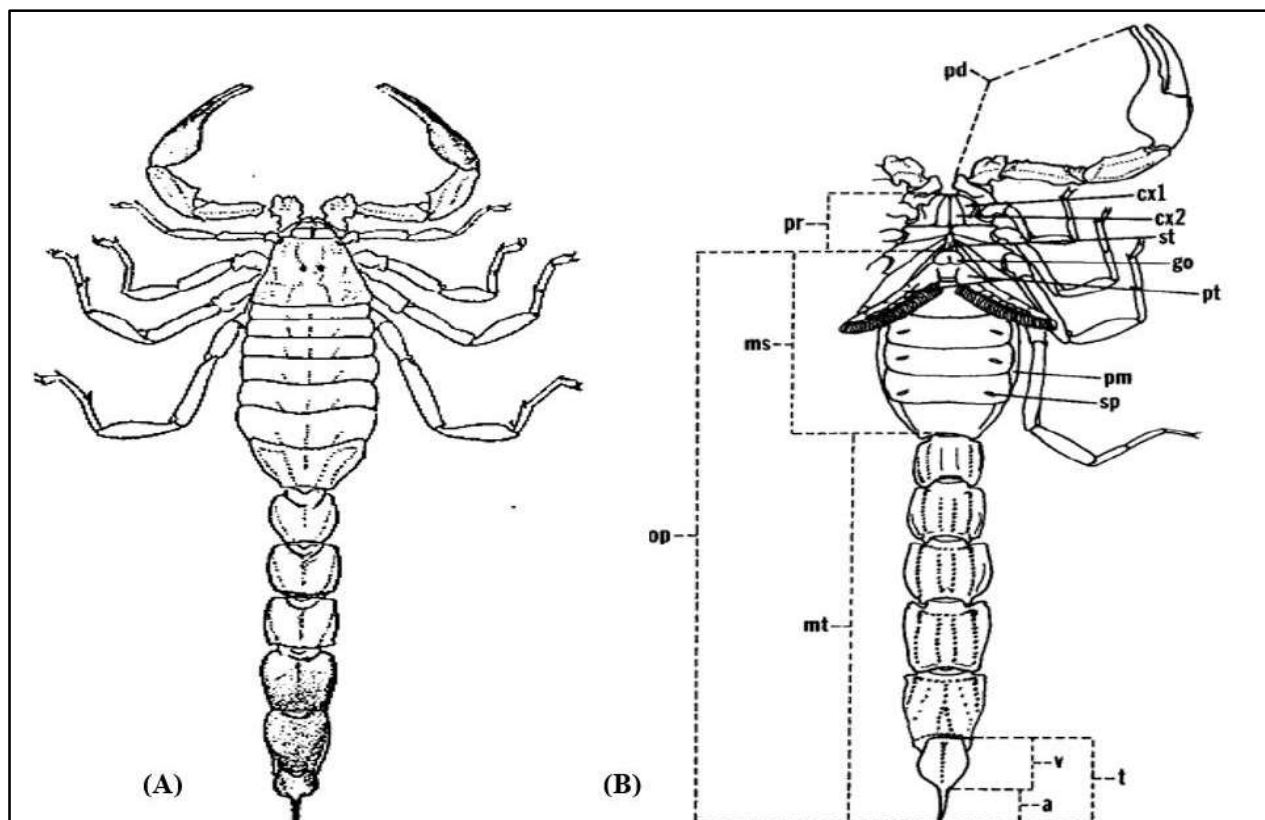


Figure 01. (A) : Vue dorsale du scorpion *Androctonus australis*, (B) : Vue ventrale du scorpion *Androctonus australis* : A, Aiguillon ; Cx1, Coxapophyse I ; Cx2, Coxapophyse II ; Go, Opercule Génital ; Ms, Mésosoma ; Mt, Métasoma ; Op, Opisthosoma ; Pd, Pédipalpe ; Pm, Membrane Pleurale ; Pr, Prosoma ; Pt, Peignes ; Sp, Stigmate Respiratoire ; St, Sternum ; T, Telson ; V, Vésicule (Polis,1990).

3. Répartition géographique de genre *Androctonus*

3.1. Dans le monde

3.1.1. Délimitation géographique

L'*Androctonus* Ehrenberg, 1828 est l'un des genres les plus grands et les plus largement répartis de la famille des Buthidae. Ce genre est typiquement saharo-sindien et se rencontre de manière continue depuis la côte atlantique de l'Afrique du Nord jusqu'à l'Ouest de l'Inde (Fet et al., 2000).

Sa distribution couvre une large zone géographique inclus de nombreux pays :

- **En Afrique** : Algérie, Burkina Faso, Tchad, Égypte, Érythrée, Éthiopie, Libye, Mauritanie, Maroc, Niger, Sénégal, Tunisie, Togo

- **En Asie** : Afghanistan, Arabie Saoudite, Arménie, Azerbaïdjan, Bahreïn, Émirats Arabes Unis, Inde, Iran, Irak, Palestine, Jordanie, Koweït, Liban, Oman, Pakistan, Syrie, Turquie, Yémen. (Fet et al., 2000 ; Rein, 2024).

La figure 02 montre la répartition géographique actuelle du genre *Androctonus* Ehrenberg, 1828 à l'échelle mondiale.

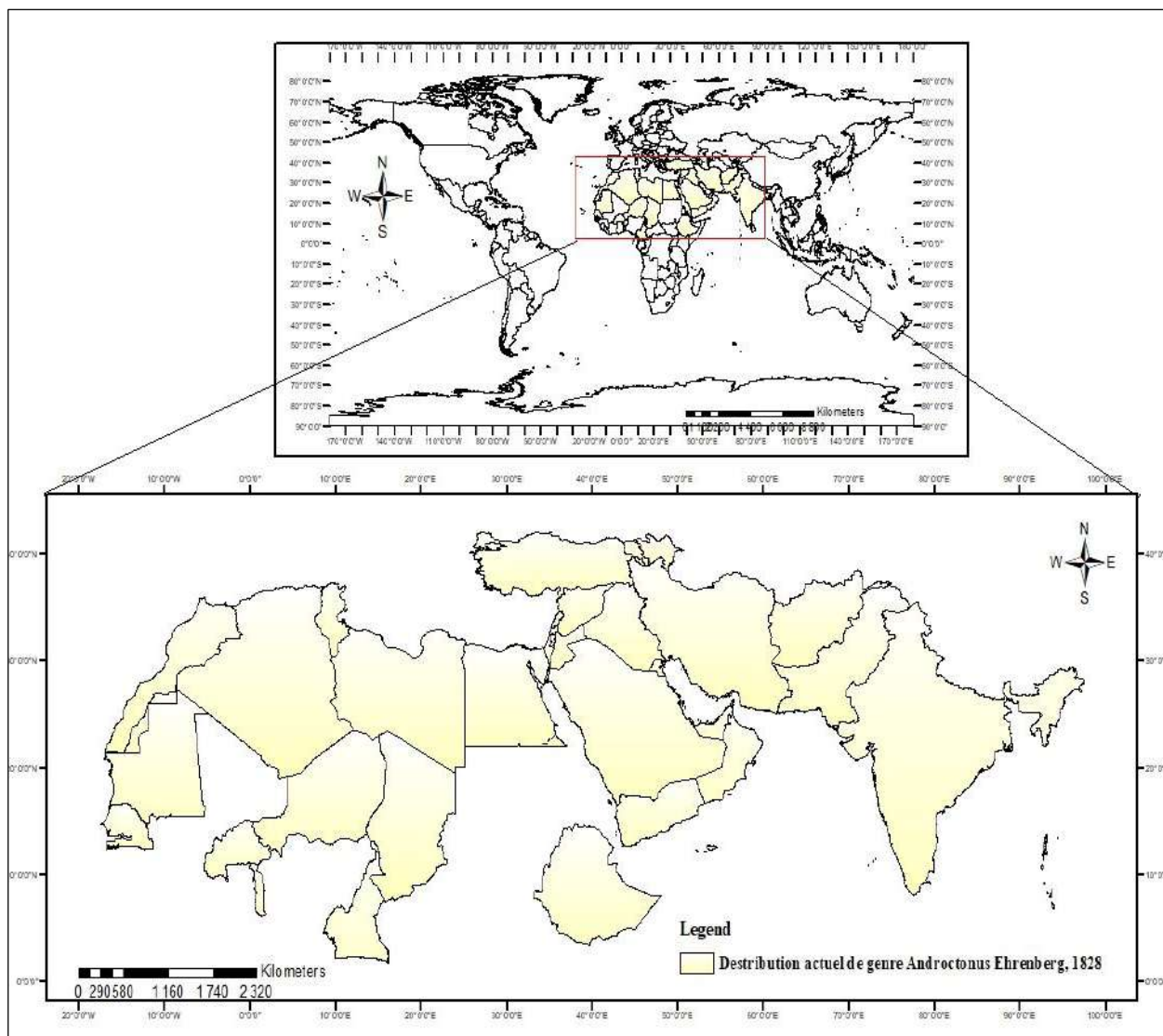


Figure 02. Répartition actuelle de genre *Androctonus* Ehrenberg, 1828 dans le monde.

(Zouatine, 2025)

3.1.2. Liste actuelle des espèces de genre *Androctonus* :

Le **tableau 01** présente un inventaire détaillé des espèces du genre *Androctonus*, incluant leur classification systématique, leur année de description, ainsi qu'une analyse de leur répartition géographique actuelle.

Tableau 01. Inventaire systématique des espèces du genre *Androctonus* et analyse de leur distribution géographique (Dupré, 2023 ; Rein, 2024)

N°	Espèces	Années de description	Localités
1	<i>A. aeneas</i> C. L. Koch, 1839	1839	Algérie, Tunisie
2	<i>A. afghanus</i> Lourenço & Qi, 2006	2006	Afghanistan
3	<i>A. agrab</i> Ythier & Lourenço, 2022	2022	Sahara occidental
4	<i>A. aleksandrplotkini</i> Lourenço & Qi, 2007	2007	Mauritanie
5	<i>A. amoreuxi</i> (Audouin, 1826)	1826	Algérie, Libye, Égypte, Mauritanie, Maroc, Palestine
6	<i>A. australis</i> (Linnaeus, 1758)	1758	Algérie, Égypte, Libye, Tunisie
7	<i>A. baluchicus</i> (Pocock, 1900)	1900	Afghanistan, Pakistan
8	<i>A. barbouri</i> (Werner, 1932)	1932	Maroc
9	<i>A. bartolozzii</i> Rossi & Merendino, 2016	2016	Pakistan
10	<i>A. bicolor</i> Ehrenberg, 1828	1828	Égypte, Palestine, Libye, Syrie, Jordanie, Liban
11	<i>A. bourdoni</i> Vachon, 1948	1948	Maroc
12	<i>A. burkinensis</i> Ythier, 2021	2021	Burkina Faso
13	<i>A. cacahuati</i> Lourenço, 2023	2023	Cameroon
14	<i>A. cholistanus</i> Kovarik & Ahmed, 2013	2013	Inde, Pakistan
15	<i>A. crassicauda</i> (Olivier, 1807)	1807	Arménie, Azerbaïdjan, Bahreïn, Égypte, Irak, Iran, Palestine, Jordanie, Koweït, Libye, Oman, Arabie Saoudite, Syrie, Turquie, Émirats Arabes Unis, Yémen
16	<i>A. dekeyseri</i> Lourenço, 2005	2005	Mauritanie, Sénégal
17	<i>A. donairei</i> Rossi, 2015	2015	Maroc
18	<i>A. eburneus</i> (Pallary, 1928)	1928	Algérie
19	<i>A. finitimus</i> (Pocock, 1897)	1897	Pakistan
20	<i>A. gonneti</i> Vachon, 1948	1948	Mauritanie, Maroc
21	<i>A. hoggarensis</i> (Pallary, 1929)	1929	Algérie
22	<i>A. kunti</i> Yagmur, 2023	2023	Turquie
23	<i>A. liouvillei</i> (Pallary, 1924)	1924	Algérie, Maroc
24	<i>A. malfaiti</i> Lourenço, 2005	2005	Inde
25	<i>A. mauritanicus</i> (Pocock, 1902)	1902	Mauritanie, Maroc
26	<i>A. maroccanus</i> Lourenço, Ythier & Leguin, 2009	2009	Maroc

27	<i>A. pallidus</i> Lourenço, Duhem & Cloudsley-Thompson, 2012	2012	Tchad
28	<i>A. robustus</i> Kovarik & Ahmed, 2013	2013	Pakistan
29	<i>A. santi</i> Lourenço, 2015	2015	Niger
30	<i>A. sergenti</i> Vachon, 1948	1948	Maroc
31	<i>A. simonettai</i> Rossi, 2015	2015	Ethiopie
32	<i>A. sistanus</i> Barahoei & Mirshamsi, 2022	2022	Iran
33	<i>A. sumericus</i> Al-Khazali & Yagmur, 2023	2023	Irak
34	<i>A. tenuissimus</i> Teruel, Kovarik & Turiel, 2013	2013	Égypte
35	<i>A. tibesti</i> Lourenço & El-Hennawy, 2022	2022	Libya
36	<i>A. tigrai</i> Lourenço, Rossi & Sadine, 2015	2015	Éthiopie
37	<i>A. tihamicus</i> Alqahtani, Yagmur & Badry, 2023	2023	Arabie Saoudite
38	<i>A. togolensis</i> Lourenço, 2008	2008	Togo
39	<i>A. tropeai</i> Rossi, 2015	2015	Pakistan
40	<i>A. turkiyensis</i> Yagmur, 2021	2021	Turquie
41	<i>A. ajjer</i> sp. n.	2025	Algérie

3.2. En Algérie

3.2.1. Aperçu Général des Espèces *Androctonus* en Algérie

En Algérie, six espèces du genre *Androctonus* ont été identifiées (Ythier, 2021; Ythier et al., 2022 ; Dupre et al., 2023).

Le **tableau 02** recense la diversité des espèces du genre *Androctonus* identifiées en Algérie, ainsi que leurs localités.

Tableau 02. Répartition et diversité des espèces du genre *Androctonus* en Algérie

Espèces	Localités	Auteurs
<i>Androctonus aeneas</i> C. L. Koch, 1839	Les Hauts plateaux, notamment dans les régions d'Oran, Bou Saâda, Ghardaïa, Ouargla, M'Sila, Tebessa, Sidi Bel Abbès, Tiaret, et El Oued	Vachon, 1952, Sadine et al., 2011 ; Sadine et al., 2012 ; Sadine et al., 2014 ; Sadine, 2018 ; Ouici et al., 2020 ; Mekahlia et al., 2021 ; Ait Hammou et al., 2024

<i>Androctonus amareuxi</i> (Audouin, 1826)	Le Sud du pays, notamment à Ouargla, El-Oued et Ghardaïa	Sadine, 2018 ; Sadine et al., 2020
<i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	Le Sahara septentrional, particulièrement dans les régions : Ouargla, El- Oued, Khenchela, Naama, Tlemcen et Bechar	(Sadine et Bissati, 2014 ; Hasnaoui et al., 2018 ; Sadine et al., 2018 ; Touati et al., 2021 ; Mekahlia et al., 2021 ; Chedad et al., 2022)
<i>Androctonus eburneus</i> (Pallary, 1928)	Le Sud-est de l'Algérie notamment à Djanet, dans la région du Tassili n'Ajjer	Dupre et al., 2023
<i>Androctonus hoggarensis</i> (Pallary, 1929)	Le Sud de l'Algérie, notamment dans la région Hoggar, Ameri, Fergane et Ahaggar.	Dupre et al., 2023
<i>Androctonus liouvillei</i> (Pallary, 1924)	El Bayadh et dans l'Ouest de l'Algérie	Dupre et al., 2023
<i>A. ajjer sp. n.</i>	Tassili n'Ajjer wilaya de Djanet	Ythier et al., 2025

3.2.2. L'endémisme des espèces d'*Androctonus* en Algérie

Selon **Dupré (2023)**, le genre *Androctonus* en Algérie présente un taux d'endémisme de 42,85 % avec trois espèces endémiques sur un total de sept : *Androctonus eburneus* (Pallary, 1928), *Androctonus hoggarensis* (Pallary, 1929) et plus récemment la nouvelle espèce endémique *Androctonus ajjer sp. n.*, a décrite par **Ythier et al. (2025)**.

4. Ecologie et comportement du genre *Androctonus*

4.1. Régime alimentaire

Les scorpions du genre *Androctonus*, comme toutes les espèces de la famille des Buthidae, sont des carnivores qui se nourrissent principalement d'insectes tels que les criquets, les sauterelles et les larves, ainsi que d'araignées, préférant les proies vivantes ou fraîchement tuées (**Vachon, 1952 ; Williams, 1987 ; McCormick et Polis, 1995 ; Sadine, 2005 ; Zouatine et al., 2024**).

Les grandes espèces peuvent également capturer des invertébrés, des lézards, des serpents et même des petites souris (**Vachon, 1952 ; McCormick et Polis, 1995 ; Sadine, 2018 ; Sadine & Elbouhissi, 2021**). De plus, elles présentent un comportement cannibale pouvant dévorer d'autres scorpions ou leurs propres petits (**Vachon, 1952 ; Polis et Mc Cormick, 1987 ; Sadine, 2005 ; Zouatine et al., 2024**).

4.2. Reproduction

En général, les scorpions quelle que soit l'espèce, sont vivipares avec une gestation allant de 7 à 12 mois (**Bradley, 1988 ; Farley, 2001 ; Karren, 2001**). Leur reproduction implique une danse nuptiale complexe appelée "courtship", où le mâle et la femelle interagissent pour transférer le sperme (**Lourenço, 2000**). Le mâle saisit la femelle avec ses pinces après que leurs queues soient relevées verticalement (**Vachon, 1952**). Une femelle peut produire entre 14 et 100 jeunes, appelés "pullus", bien que ce nombre varie selon l'espèce (**Vachon, 1952 ; Pinkston et Wright, 2001**), et *Androctonus australis* peut donner naissance à plus de 130 pullus (**Sadine, 2012**).

Chapitre II :

Matériel et méthodes

1. Circonscription d'étude

Dans le cadre de notre étude nous avons choisi la région du centre du Sahara septentrional algérien précisément la wilaya de Ghardaïa comme zone d'investigation. Cette région est particulièrement connue par sa diversité scorpionique remarquable offrant ainsi un terrain propice à l'étude des espèces locales et de leurs interactions avec l'environnement.

Notre travail a couvert l'ensemble du territoire de cette wilaya à l'exception de la commune de Guerrara. L'étude a été menée dans trois types d'écosystèmes distincts : le milieu urbain, le milieu agricole (palmeraie) et le milieu naturel (erg, reg, oued et daya) sélectionnés selon certaines caractéristiques spécifiques de chaque station.

1.1 Délimitation de la zone d'étude

La wilaya de Ghardaïa, issue du dernier découpage administratif, défini par la loi n°19-12 du 12 novembre 2019, est localisée au centre de la partie Nord du Sahara algérien, à une distance de 600 km au Sud de la capitale Alger.

Elle s'étend sur une superficie de 26 165,43 km² et abrite une population estimée à plus de 409660 habitants. Administrativement, cette population est répartie en 08 daïras et 10 communes (**tab .03**) comme illustré dans la figure 03 (**D.S.A, 2021**).

La wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200Km)
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300Km)
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km)
- Au Sud par la Wilaya de Ménea (270Km)
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350Km).

Tableau 03. Daïras et communes de la Wilaya de Ghardaïa (D.P.S.B, 2021).

Daïrates	Nombre de communes	Communes
Ghardaïa	01	Ghardaïa
Metlili	02	Metlili-Sebseb
Berriane	01	Berriane
Guerrara	01	Guerrara
Bounoura	02	Bounoura- El-Atteuf
Dhayet Bendhahoua	01	Dhayet Bendhahoua
Zelfana	01	Zelfana
Mansoura	01	Mansoura

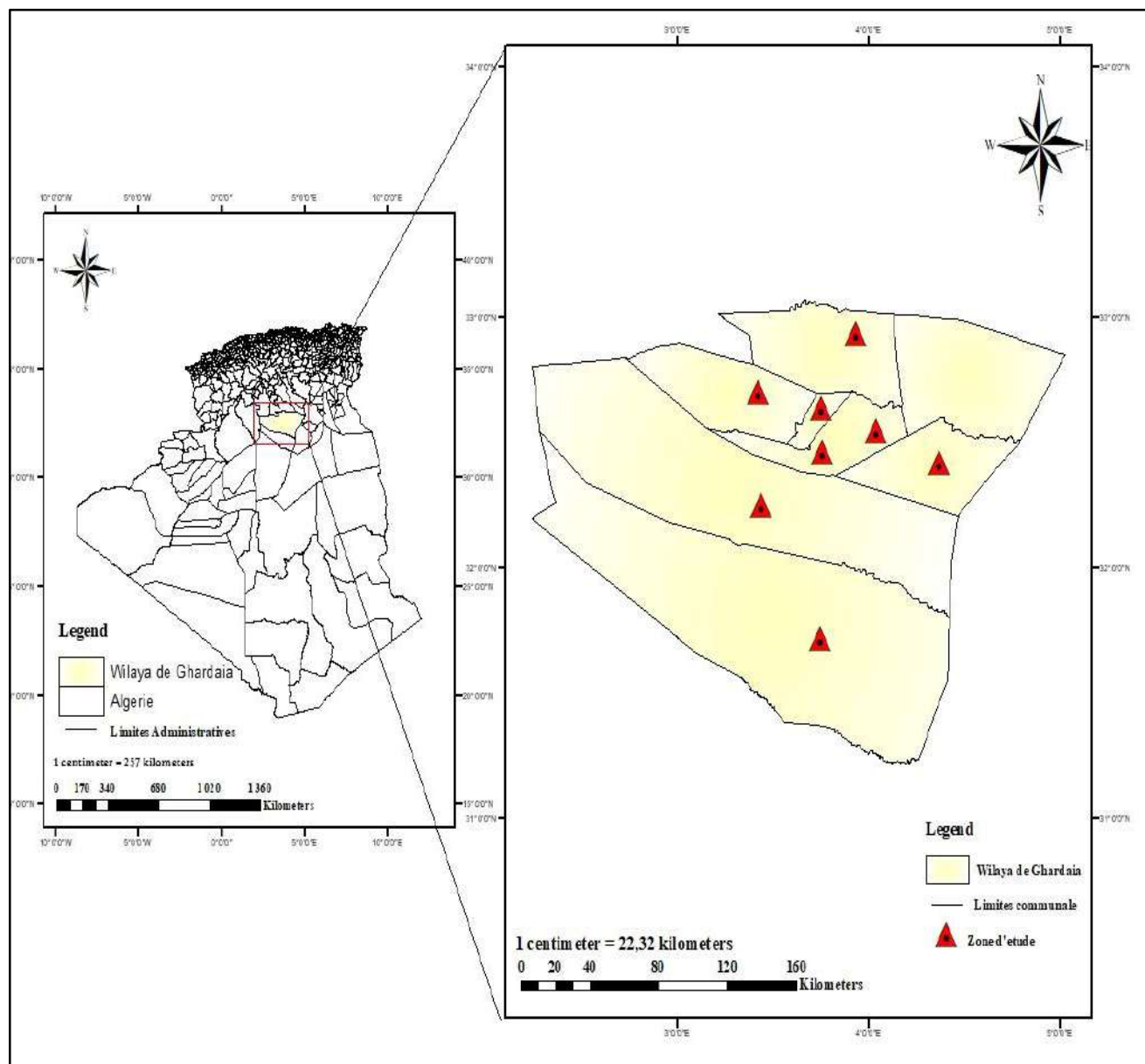


Figure 03. Carte de la situation géographique de la région d'étude (Zouatine, 2025).

1.2 Caractéristiques climatiques

Le **tableau 04** présente une synthèse climatique basée sur 28 années de données (1990-2018), recueillies auprès de l'Office National de Météorologie (**O.N.M, 2023**).

Tableau 04. Données climatiques de la Wilaya de Ghardaïa de 1990 à 2018 (O.N.M, 2023).

Mois	Température (°C)			P (mm)	H (%)	I (h)	E (mm)	V.V (m/s)
	Min	Max	Moy					
Janvier	4.78	21.05	12.01	9.6	28.6	262	105	17.18
Février	5.93	23.02	13.87	8.6	25.4	256	183	19.29
Mars	9.22	28.29	18.24	7.3	21.5	293	183	19.68
Avril	13.15	33.67	31.73	6.1	26.1	310	263	21.36
Mai	17.80	37.69	28.31	2.7	36.6	338	313	22.27
Juin	23.08	42.58	32.93	2.5	43.6	355	370	22.15
Juillet	27.74	45.65	36.70	2.1	50.2	361	418	21.27
Août	26.63	43.60	35.63	5.7	58.1	342	376	22.71
Septembre	21.70	38.79	30.88	16.6	53.3	282	281	21.03
Octobre	16.59	34.38	25.02	7.4	45.1	281	188	27.34
Novembre	8.93	26.36	17.54	5.5	38.3	262	127	17.27
Décembre	5.49	21.21	12.86	6.0	34.2	253	130	17.77
Moyenne	15.09	33.08	24.64	80.1*	38.4	299.58	2882	20.78
H : Humidité relative T : Température P : Pluviométrie I : Insolation V.V : Vitesse de vent E : Evaporation * : Cumul annuel								

• Températures

La variation thermique quotidienne joue un rôle écologique fondamental, influençant directement les processus métaboliques et la distribution des espèces dans la biosphère (**Ramade, 1984 ; Leveque, 2003**).

La température moyenne annuelle de la région de Ghardaïa est de 24.64°C. Le mois le plus chaud est juillet avec une température moyenne maximale de 45.65°C, tandis que le mois le plus froid est janvier avec en moyenne 12,01°C (**O.N.M., 2023**).

• Précipitations

Les précipitations représentent un facteur déterminant dans la caractérisation des types de climat (**Djebaili, 1978**). Elles exercent une influence écologique majeure, impactant directement

la biodiversité et les communautés biologiques associées (**Mutin, 1977**).

Les précipitations sont rares et irrégulières, tant au niveau mensuel qu'annuel. Il existe une sécheresse quasi absolue entre mai et juillet et le mois de septembre enregistre les précipitations les plus élevées avec 16,6 mm. Les précipitations moyennes annuelles sont de 80,1 mm (**O.N.M., 2023**).

- **Humidité relative**

L'humidité relative de l'air est très faible. En mars, elle est de 21,5 %, atteignant un maximum de 58,1 % en août, pour une moyenne annuelle de 38,4 % (**O.N.M., 2023**).

- **Insolation**

L'ensoleillement dans la région de Ghardaïa est élevé grâce à l'atmosphère claire tout au long de l'année. La durée moyenne mensuelle d'insolation est de 299,58 heures, avec un maximum de 361 heures en juillet et un minimum de 253 heures en décembre. L'insolation moyenne annuelle entre 1998 et 2018 est de 299.58 heures, soit environ 9,85 heures par jour (**O.N.M., 2023**).

- **Évaporation**

L'évaporation est très intense, en particulier avec les vents chauds. Elle atteint 2882 mm/an, avec un maximum de 418 mm en juillet et un minimum de 105 mm en janvier (**O.N.M., 2023**).

- **Vents**

Les mouvements éoliens jouent un rôle fondamental dans la structuration des paysages désertiques, notamment par leur contribution à l'aridité et à l'intensification de l'évaporation sous l'effet des vents secs (**Moulias, 1927**). Ils constituent le principal agent de transport et d'accumulation du sable et de la formation des dunes, ainsi que de l'érosion et du polissage des roches (**Monod, 1992**). Par ailleurs, ces vents sont des vecteurs majeurs de l'anémochorie, permettant la dispersion des graines sur de longues distances (**Kuhnelt, 1969**). Les vents dans la région d'étude sont de deux types :

- Les vents de sable, qui soufflent du Nord-ouest en automne, au printemps et en hiver.
- Les vents chauds (Sirocco), qui dominent l'été, soufflant du Sud vers le Nord.

Ces vents sont très secs et favorisent une évapotranspiration intense, nécessitant des

irrigations importantes (**Bensamoune, 2008 ; Boukraa, 2009 ; Chehma, 2013**). D'après les données de **I'O.N.M. (2023)**, les vents sont fréquents tout au long de l'année avec une vitesse moyenne annuelle de 20,78 m/s.

1.3 Synthèse bioclimatique

Son objectif est de caractériser le climat d'une région à travers une synthèse des principaux facteurs climatiques, à savoir la température et les précipitations.

Le climat de la région d'étude est typiquement saharien caractérisé par deux saisons distinctes : une saison chaude et sèche qui s'étendant d'avril à septembre et une saison tempérée d'octobre à mars. Ce climat se distingue également par une importante amplitude thermique entre les températures estivales et hivernales (**A.N.R.H., 2012**).

1.3.1 Le diagramme ombrothermique

Selon **BAGNOULS et GAUSSEN (1953)** un mois est sec lorsque $P \leq 2T$. Le diagramme pluviométrique permet de visualiser la période de sécheresse en comparant précipitations et températures sur une échelle à double axe. Le diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa pour la période 1990-2018 (**Figure.04**) montre que la sécheresse persiste tout au long de l'année.

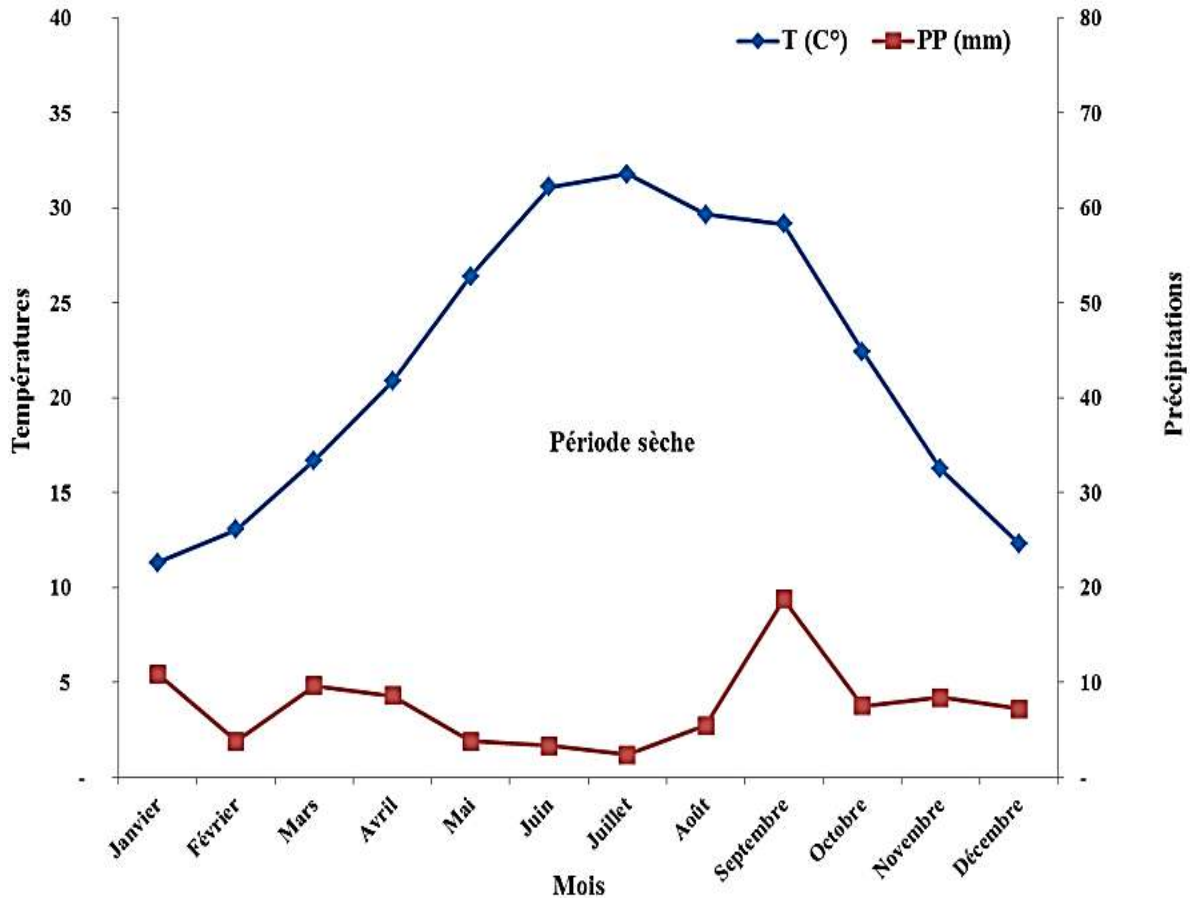


Figure 04. Diagramme Ombrothermique de la station de Ghardaïa (1990-2018).

1.3.2 Climagramme d'Emberger

Le climagramme d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique de la région étudiée. Il se construit à partir de deux éléments :

- La moyenne des températures minimales du mois le plus froid, placée sur l'axe des abscisses.
- Le quotient pluviométrique (Q_2) d'Emberger, inscrit sur l'axe des ordonnées.

Le calcul du Q_2 se fait à l'aide de la formule de Stewart, adaptée pour l'Algérie, comme suit :

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

Où :

- Q_2 : est le quotient pluviothermique d'Emberger,
- P : représente les précipitations moyennes annuelles (en mm),
- M : représente la température maximale du mois le plus chaud (en °C),
- m : représente la température minimale du mois le plus froid (en °C).

D'après cette formule, la Wilaya de Ghardaïa est classée dans l'étage bioclimatique saharien, à hiver doux, avec un Q_2 de 6,51 (**Figure 05**).

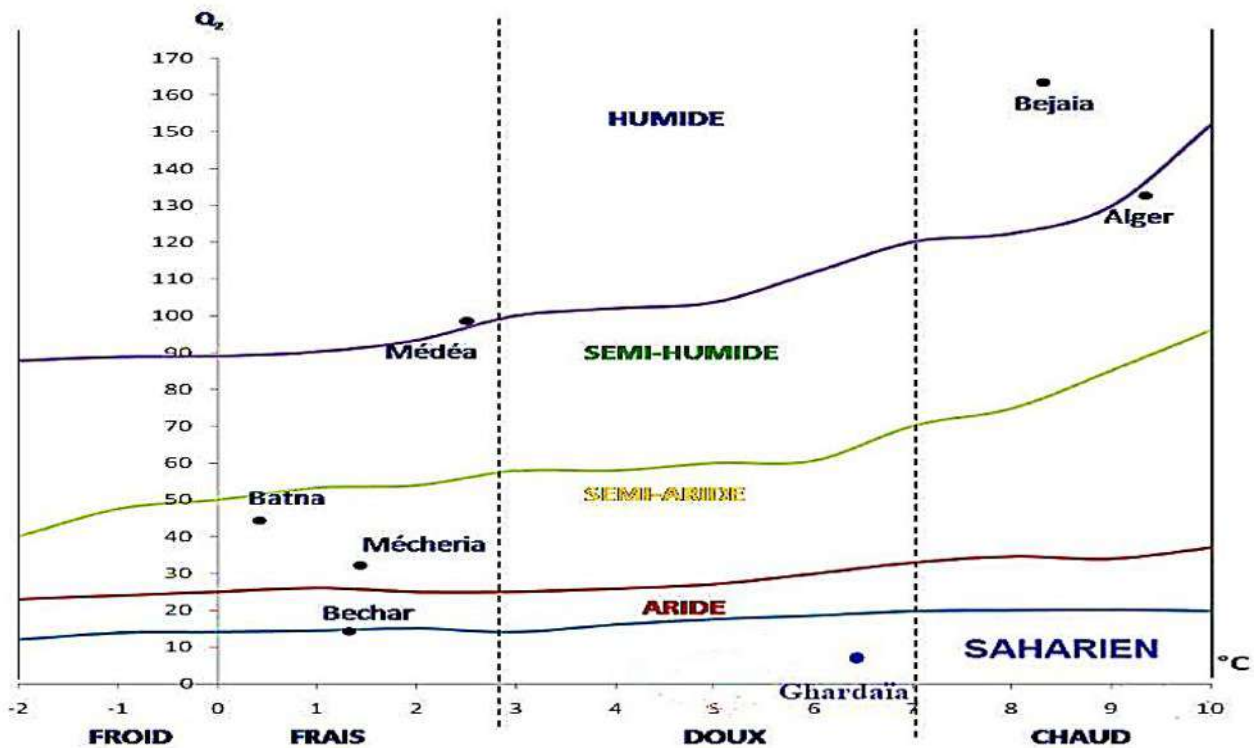


Figure 05. Climagramme d'Emberger pour la région de Ghardaïa.

2. Choix et description des stations d'étude

Une station d'étude correspond à un espace délimité, de dimensions variables, regroupant un ensemble distinct et homogène de conditions environnementales, indispensables à la survie et au développement des espèces qui y résident (**Daget et Godron, 1982**). Dans le cadre de cette étude, trois types de biotopes ont été identifiés dans huit stations de la wilaya de Ghardaïa : les milieux agricoles, les milieux urbains et les milieux naturels. Ces stations ont été sélectionnées en raison de leur représentativité écologique et de la forte présence des scorpions du genre *Androctonus*, offrant ainsi de bonnes conditions pour l'analyse de leur comportement et de leur écologie.



Photo 01. Différents biotopes de la zone d'étude. A : milieu agricole, B : milieu naturel, C : milieu urbain.

Le **tableau 05** présente les coordonnées géographiques des stations sélectionnées selon les types d'écosystèmes dans les huit communes étudiées.

Tableau 05. Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage.

Limite administrative	Types d'écosystèmes	Latitudes	Longitudes	Altitudes
Ghardaïa	Milieu Urbain	32°30'17"N	3°38'51"E	511m
	Milieu Agricole	32°30'23"N	3°38'48"E	511m
	Milieu Naturel	32°30'29"N	3°39'06"E	543m
El-Atteuf	Milieu Urbain	32°28'11"N	3°43'10"E	471m
	Milieu Agricole	32°26'27"N	3°44'38"E	448m
	Milieu Naturel	32°26'24"N	3°42'56"E	475m
Bounoura	Milieu Urbain	32°29'23"N	3°41'26"E	513m
	Milieu Agricole	32°29'39"N	3°41'48"E	491m
	Milieu Naturel	32°29'38"N	3°42'29"E	521m
Berriane	Milieu Urbain	32°49'32"N	3°45'38"E	547m
	Milieu Agricole	32°49'09"N	3°46'13"E	524m

	Milieu Naturel	32°50'36"N	3°45'03"E	540m
Metlili	Milieu Urbain	32°15'41"N	3°37'36"E	493m
	Milieu Agricole	32°18'05"N	3°33'59"E	525m
	Milieu Naturel	32°15'54"N	3°38'15"E	507m
Sebseb	Milieu Urbain	32°10'27"N	3°34'57"E	476m
	Milieu Agricole	32°10'13"N	3°34'50"E	471m
	Milieu Naturel	32°11'46"N	3°32'12"E	500m
Zelfana	Milieu Urbain	32°23'49"N	4°13'19"E	356m
	Milieu Agricole	32°23'42"N	4°12'46"E	348m
	Milieu Naturel	32°20'51"N	4°22'24"E	321m
Mansoura	Milieu Urbain	31°58'41"N	3°44'47"E	427m
	Milieu Agricole	31°57'18"N	3°38'40"E	423m
	Milieu Naturel	31°57'39"N	3°38'34"E	425m
Dhayet Bendhahoua	Milieu Urbain	32°32'25"N	3°36'36"E	543m
	Milieu Agricole	32°33'18"N	3°37'56"E	529m
	Milieu Naturel	32°33'27"N	3°38'24"E	532m

3. Échantillonnage

L'échantillonnage des scorpions du genre *Androctonus* a été réalisé sur une période allant de 2021 à la fin 2023. Des sorties régulières ont été effectuées avec un minimum d'une sortie par mois pour chaque station.

L'échantillonnage a été effectué selon une méthode aléatoire. Sur chaque site étudié, les scorpions ont été recherchés en explorant les refuges potentiels ainsi que les micro-habitats susceptibles de les abriter.

3.1 Techniques de capture

La capture des scorpions a été effectuée à l'aide de deux techniques : la capture collective et la collecte individuelle. Elles ont été réalisées le jour (collecte diurne) et la nuit (collecte nocturne).

- **Collecte diurne :** Cette collecte débute tôt le matin en recherchant les scorpions dans leurs cachettes, souvent situées à proximité de déchets, de branches de palmiers, d'arbres coupés... Les refuges naturels sont généralement observés autour des palmeraies, des décharges dans la zone urbaine et des zones rocheuses.
- **Collecte nocturne :** La capture nocturne a lieu principalement entre 21 heures et 2 heures du matin, période durant laquelle les scorpions sont les plus actifs (**Sadine, 2005**). Cette

prospection est facilitée par l'utilisation d'un projecteur à lampe ultraviolette (**photo 02**) qui permet de détecter les scorpions à distance grâce à la fluorescence de leur cuticule. Ce type de collecte est particulièrement adapté aux zones très fréquentées par les populations scorpioniques car la cuticule des scorpions quelle que soit leur couleur devient fluorescente en jaune sous la lumière UV.



Photo 02. Capture diurne et nocturne des espèces de scorpions.

3.2 Matériel de capture

Sur le terrain

Pour capturer les scorpions, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Pinces métalliques de 20 à 30 cm de longueur, permettant une manipulation sécurisée des spécimens.
- Boîtes de collecte individuelle généralement en plastique pour le transport des individus capturés en sécurité et pour éviter tout risque de cannibalisme.
- Appareil photo numérique équipé d'un zoom pour photographier les spécimens et leurs habitats.
- GPS pour enregistrer avec précision les coordonnées des sites de collecte.

Au laboratoire

- Un stéréo microscope équipé d'une lumière froide pour examiner les détails morphologiques.
- Un pied à coulisse et du papier millimétré utilisés pour effectuer les mensurations morphométriques.

- Une balance de précision 0,01 g pour peser les scorpions et les proies.
- Des terrariums de dimensions 40 cm × 20 cm × 15 cm ont été utilisés pour observer le comportement des différentes espèces
- Éthanol à 70°

3.3 Conservation des individus

Chaque scorpion collecté est placé individuellement dans une boîte en plastique ou en verre, afin d'éviter tout risque de cannibalisme et étiqueté avec les informations essentielles telles que le lieu et la date de capture, le state évolutif et le sexe.

Les spécimens morts sont placés dans de l'alcool à 70% pour assurer une conservation adéquate et éviter toute dégradation en vue de procéder à des analyses morphologiques.

4. Identification

Les scorpions prélevés dans notre étude sont transportés au laboratoire pour leur identification. Les individus du genre *Androctonus* sont facilement identifiables à l'œil nu lorsqu'ils sont vivants. Cependant, après leur mort leur identification requiert un stéréomicroscope, équipé d'une lumière froide pour observer les détails ultra-morphologiques, conformément aux clés taxonomiques établies par Vachon (1952, 1974). L'analyse morphologique a été réalisée au laboratoire de zoologie de l'Université de Ghardaïa.

5. Exploitation des résultats

5.1 Etude de la répartition des espèces

Les scorpions présentent une forte affinité pour des biotopes spécifiques, également appelés biotopes préférentiels (Vachon, 1952 ; Sadine, 2012). La distribution des espèces de scorpions est principalement influencée par des variables géomorphologiques et climatiques, propres à leurs habitats (Sadine, 2012). Dans le cadre de notre travail nous avons analysé la répartition des espèces du genre *Androctonus* durant deux ans d'étude dans trois types de biotopes distincts et à travers huit communes de la wilaya de Ghardaïa.

5.2 Etude biométrique

Les spécimens adultes des deux sexes du genre *Androctonus* ont été capturés dans les localités mentionnées dans le tableau 05. Ces spécimens ont été utilisés pour une étude biométrique. Les mesures ont été prises à l'aide d'un pied à coulisse de précision (0,01 mm) conformément à la méthode décrite par **Polis (1990)**. Les paramètres mesurés incluent : le poids, la longueur totale du corps, la longueur de la prosoma, la longueur du mésosome et la longueur du métasome (**Figure .06**).

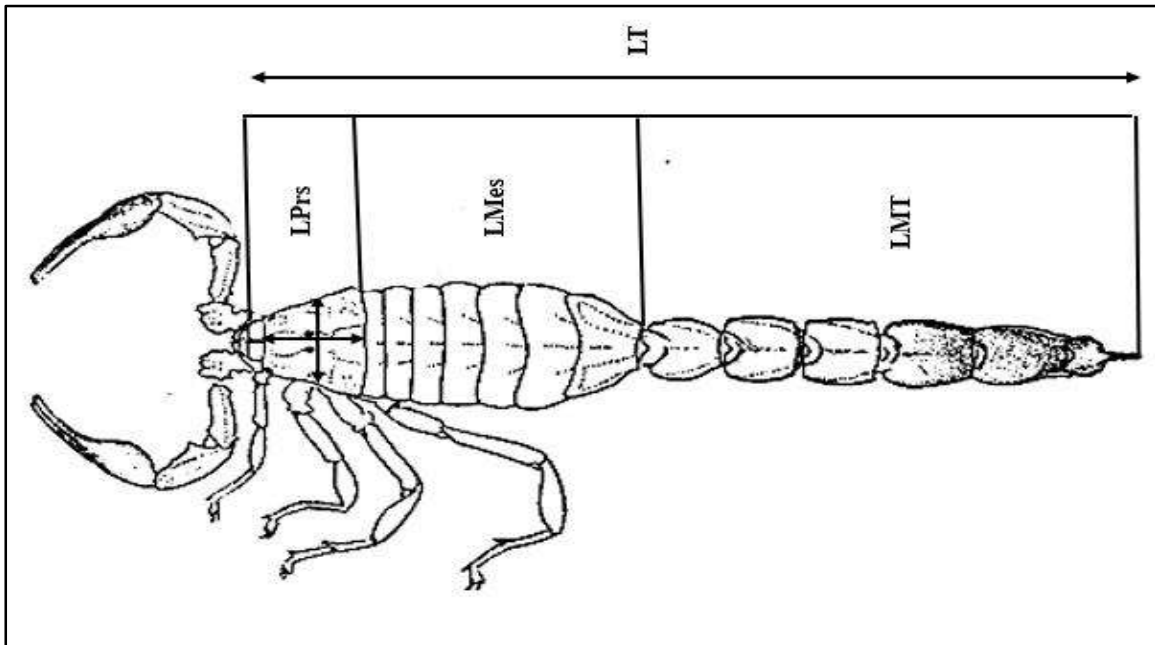


Figure 06. Mesures biométriques d'après (Polis, 1990). LPrs : longueur du la prosoma, LMes : longueur du la mésosome, LMT : longueur du la metasome, LT : longueur totale.

5.3 Etude phénologique

La phénologie constitue une discipline scientifique qui analyse les interactions entre les phases de développement des organismes et les variations saisonnières, essentiellement climatiques (**Leith, 1974 ; Odum, 1997**). Le cycle phénologique d'une espèce traduit les fluctuations saisonnières de ses stades de développement et s'inscrit en règle générale dans une période annuelle (**Touffet, 1982**). Notre étude porte sur la phénologie des espèces du genre *Androctonus* dans les 8 stations de la région de Ghardaïa.

5.4 Etude de comportement alimentaire

Cette étude explore les interactions intra et inter-guildes, notamment la prédation et le cannibalisme chez les espèces du genre *Androctonus* dans notre région d'étude. Les paramètres évalués pour comprendre les dynamiques trophiques et les mécanismes régulateurs au sein de ces populations sont :

- **Temps de fixation et d'attaque (TFA)** : intervalle de temps entre l'introduction de l'espèce proie dans le terrarium et sa capture par le scorpion (Zouatine et al., 2024).
- **Nombre de piqûres (NP)** : nombre de piqûres effectuées par le scorpion pour tuer ou maîtriser sa proie (Zouatine et al., 2024).
- **Temps de voracité (TV)** : temps de consommation, défini comme l'intervalle de temps entre la maîtrise de la proie et le moment où le scorpion l'abandonne définitivement (Zouatine et al., 2024).
- **Taux de consommation (TC)** : pourcentage de la proie consommée, calculé en soustrayant le poids de la proie restante de son poids initial (Zouatine et al., 2024).

$$\text{Taux de consommation} = [(\text{Poids initial} - \text{Poids restant} / \text{Poids initial}) \times 100]$$

5.5 Etude de comportement reproducteur

Nous avons mené une analyse approfondie du comportement reproducteur chez les femelles et les couples du genre *Androctonus*.

Les spécimens ont été capturés puis maintenus en conditions contrôlées au laboratoire afin d'assurer un environnement standardisé pour l'observation. Nous avons focalisé nos observations sur deux aspects : l'accouplement et la mise bas.

5.5.1. Suivi d'accouplement

L'accouplement chez les scorpions se caractérise par une danse appelée “ **court ship** ” (parade nuptiale), au cours de laquelle se déroule le transfert de sperme. Ce processus complexe implique divers aspects comportementaux (Lourenço, 2000). Nous avons mesuré les paramètres suivants :

- **Taille des couples** : Il s'agit de la mesure du poids (**P**) et de la longueur totale (**LT**) du mâle et de la femelle lors de l'accouplement.

- **Durée de la parade nuptiale (DPN) :** Temps écoulé entre le premier contact et le début de l'accouplement.
- **Durée totale de l'accouplement (DTA) :** Du début de la prise en pince (chéllicères ou pédipalpes) jusqu'à la séparation des couples.
- **Durée de l'acceptation du spermatophore par la femelle (DASF) :** Temps écoulé entre le dépôt et l'acceptation.
- **Durée de la séparation (DS) :** Temps écoulé entre la fin de l'accouplement et le retour à un comportement normal.

5.5.2. Suivi de mise bas

Les paramètres observés lors de la mise bas des scorpions du genre *Androctonus*, fournissent des informations essentielles sur leur biologie reproductive et les facteurs déterminants pour le succès de cette étape biologique. Les principaux paramètres étudiés sont :

- **Taille de la portée (TP) :** Nombre total de petits (pullus), produits par la femelle.
- **Durée du portage (DP) :** Période pendant laquelle les petits demeurent sur le dos de la mère avant leur dispersion.
- **Durée totale de la mise bas :** Intervalle de temps écoulé entre l'expulsion du premier et du dernier nouveau-né.
- **Taux de survie des pullus après 24 heures**

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

- **Moyenne de pullus par mise bas**

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

- **Moyenne de pullus au premier stade par mise bas**

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

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

$$\frac{\text{Nombre des pullus 1^{er} stade}}{\text{Nombre des pullus vivants après 24h}} \times 100$$

6. Analyse statistique

Les données collectées dans le cadre de notre étude écologique sur les scorpions du genre *Androctonus* sur le terrain et aux conditions de laboratoire ont été analysées à l'aide de deux outils statistiques distincts : R version 3.3.2 (**R Core Team, 2009**) et SPSS **version 22**.

Le traitement statistique des données a été réalisé en fonction des variables par les tests statistiques suivantes :

Dans cette étude, le seuil de signification a été fixé à $\alpha = 0,05$. La normalité des données a été évaluée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Les moyennes et les écarts-types ont été calculés pour toutes les variables quantitatives.

Nous avons également étudié les corrélations morphométriques entre les différentes parties du corps des scorpions et évalué l'effet du sexe sur leur morphologie à l'aide d'une ANOVA ($P < 0,05$). Les relations entre les variables dépendantes (PAT, VT, NS et RC) et les espèces de proies ou de scorpions, ont été analysées à l'aide de modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM) sous R avec des fonctions de lien appropriées : gaussienne pour PAT et VT, Poisson pour NS et binomiale pour RC. Les différences et l'impact des espèces de scorpions et des proies sur ces variables ont également été évalués par un test ANOVA. Enfin pour l'étude du comportement reproducteur, nous avons calculé les moyennes et les écarts-type

Chapitre III :

Résultats et discussion

Dans ce chapitre nous exposons les résultats relatifs à l'identification et à la caractérisation des espèces du genre *Androctonus* observées dans la région de Ghardaïa. L'étude inclut également une analyse de plusieurs aspects bioécologiques de ces espèces.

1. Échantillonnage

La collecte des scorpions a été menée sur une période de deux ans, de janvier 2022 à décembre 2023 dans huit communes de la région de Ghardaïa, couvrant trois types d'écosystèmes avec une fréquence moyenne d'une sortie par mois.

Au total, 1457 individus ont été collectés au cours de cette période. Les données issues de cette étude à travers les 08 communes et divers écosystèmes sont synthétisées dans le **tableau 06**.

Tableau 06. Répartition et nombre de scorpions capturés.

limite administrative	Types d'écosystèmes	Nombre d'individus		Total
		2022	2023	
Ghardaïa	Milieu Urbain	13	9	46
	Milieu Agricole	07	8	
	Milieu Naturel	03	6	
El-Atteuf	Milieu Urbain	50	55	294
	Milieu Agricole	45	53	
	Milieu Naturel	38	53	
Berriane	Milieu Urbain	12	5	116
	Milieu Agricole	15	62	
	Milieu Naturel	13	9	
Metlili	Milieu Urbain	36	41	241
	Milieu Agricole	44	40	
	Milieu Naturel	38	42	
Sebseb	Milieu Urbain	44	35	248
	Milieu Agricole	52	34	
	Milieu Naturel	47	36	
Zelfana	Milieu Urbain	7	18	142
	Milieu Agricole	57	20	
	Milieu Naturel	17	23	
Mansoura	Milieu Urbain	26	27	175
	Milieu Agricole	33	30	
	Milieu Naturel	30	29	
Dhayet Bendhahoua	Milieu Urbain	35	32	195
	Milieu Agricole	33	31	
	Milieu Naturel	32	32	

1.1. Bilan des scorpions ramassés

L'étude de la répartition des scorpions selon les localités, permet de mieux comprendre leur diversité, leur écologie et leur adaptation à différents environnements.

1.1.1 Répartition en pourcentage des scorpions collectés selon dans les différentes localités

Les diagrammes en secteurs dans la **figure 07** illustrent la répartition des données de scorpions collectées dans huit localités de la région de Ghardaïa entre 2022 et 2023 mettant en évidence des variations spatiales et temporelles.

Entre 2022 et 2023, des variations notables ont été observées entre les différentes communes. El-Ateuf, Metlili, et Berriane montrent des augmentations, avec une progression marquée pour El-Ateuf (18% à 22%) tandis que Ghardaïa et Mansoura demeurent stables à 3 et 12 % respectivement.

En revanche, des diminutions sont enregistrées à Sebseb (20% à 14%), Zelfana (11% à 9%) et Dhayet Ben Dhahoua (14% à 13%).

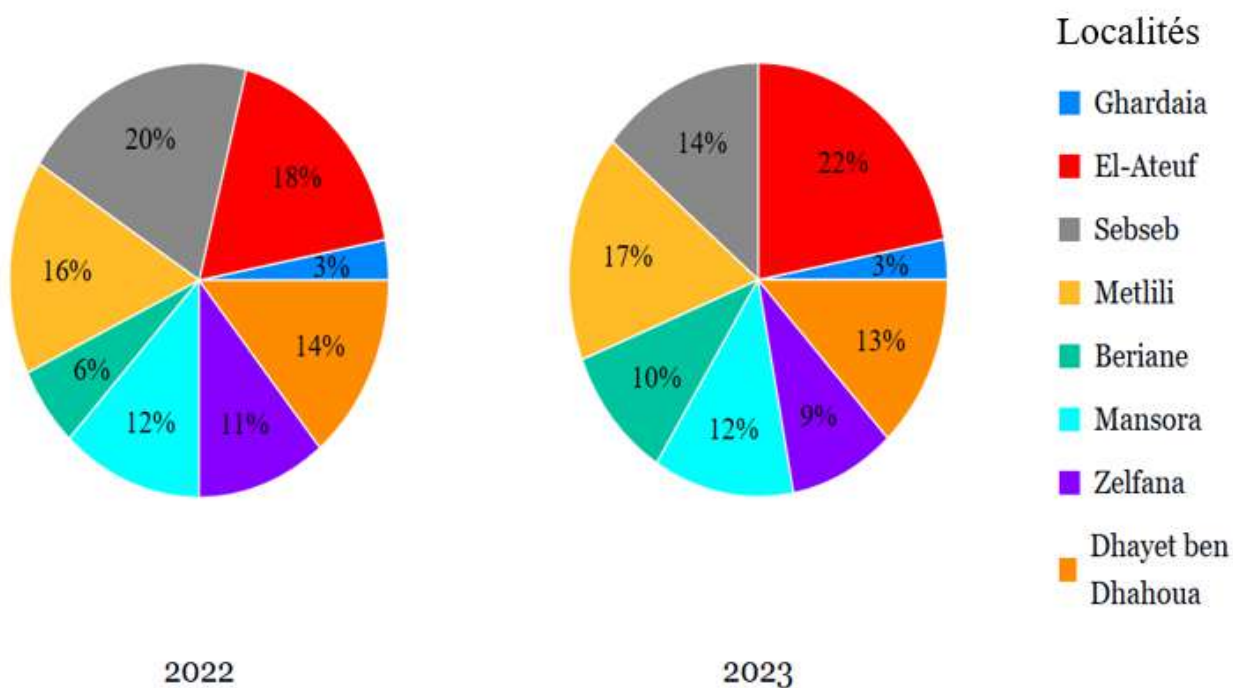


Figure 07. Répartition des scorpions collectés selon les localités.

1.1.2 Répartition des effectifs de scorpions collectés par localité

Entre 2022 et 2023 les effectifs des scorpions capturés au niveau des communes étudiées, ont montré des variations notables. Ainsi, **El-Ateuf** a connu une augmentation significative passant de 133 à 161. **Berriane** a enregistré une forte hausse passant de 40 à 71 et Metlili a montré une légère progression de 118 à 123 individus. En revanche, Sebseb a observé une diminution marquée, passant de 143 à 105 individus. **Zelfana** a vu ses effectifs baisser de 81 à 63 individus. A Dhayet Ben Dhahoua, nous avons relevé une diminution, passant de 100 à 95 individus.

Enfin, **Ghardaïa** a connu une augmentation modeste de 23 à 26 individus, tandis qu'à **Mansoura**, l'effectif est demeuré stable avec une légère baisse, passant de 89 à 86 individus. La **figure 08** illustre la variation des effectifs dans ces communes.

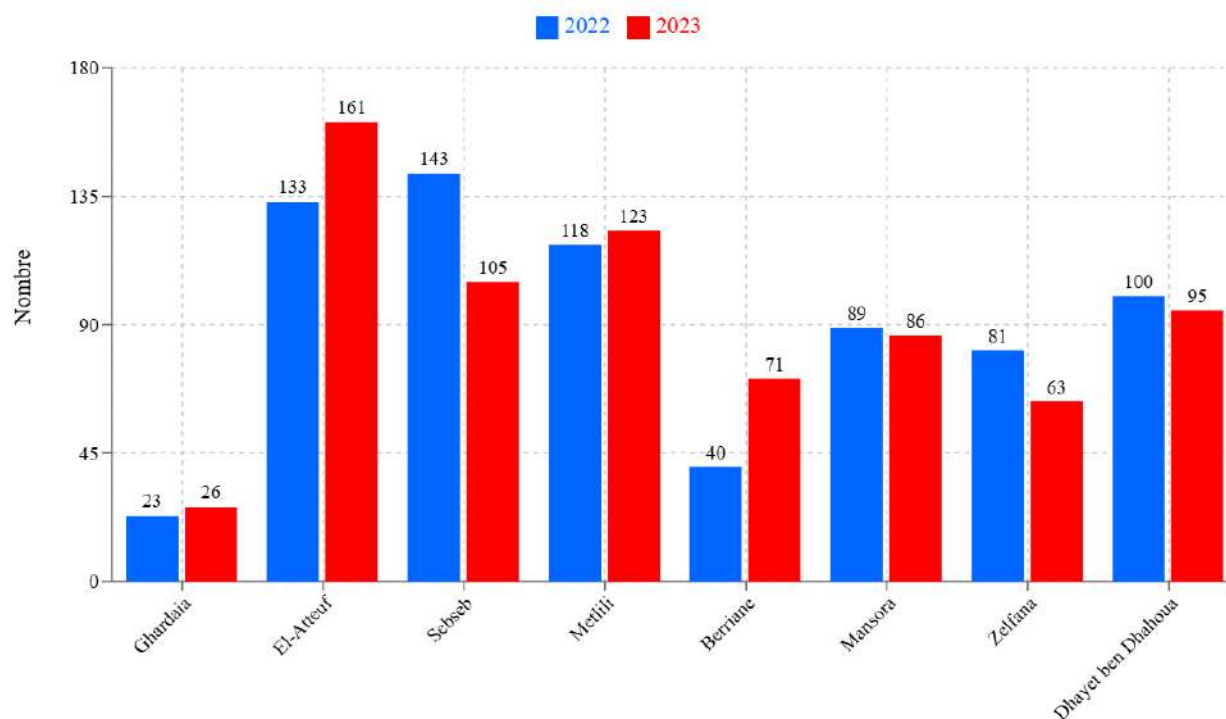


Figure 08. Répartition des effectifs collectés par localités.

1.2. Bilan des scorpions ramassés selon les biotopes

L'étude des scorpions en fonction des biotopes permet d'explorer leur adaptation aux divers milieux naturels. Ce bilan vise à répertorier les spécimens collectés selon leur habitat.

1.2.1 Répartition en pourcentage des scorpions collectés par biotopes

Les pourcentages de répartitions des scorpions selon les biotopes, durant les années 2022 et 2023, montrent une certaine stabilité avec une légère dominance du milieu agricole soit 39 % en 2022 et 38 % en 2023.

Les parts des milieux urbain et naturel sont équivalentes (31 % chacun en 2023), reflétant une stabilité interannuelle globale (**Fig .09**).

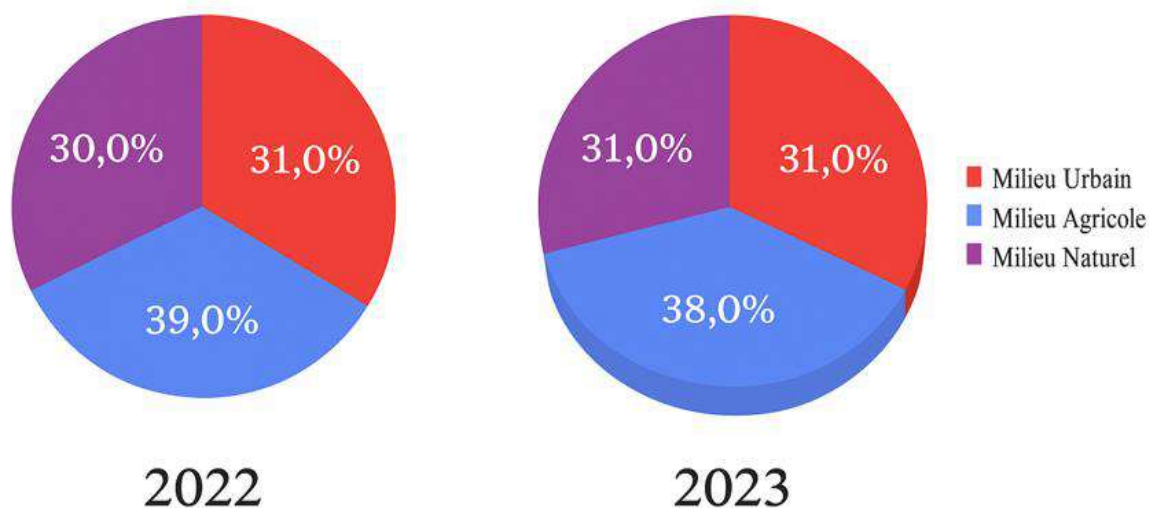


Figure 09. Répartition des scorpions collectés par biotopes.

1.2.2 Répartition des effectifs par biotopes

Les effectifs des scorpions ramassés dans les trois types de milieux indiquent une stabilité relative entre 2022 et 2023 avec de légères variations observées (**Fig.10**).

En 2022, le milieu agricole a révélé le nombre d'effectifs le plus élevé (283 individus), suivi du milieu urbain (223 individus) puis du milieu naturel (217 individus).

En 2023, une diminution des effectifs a été enregistrée dans le milieu agricole avec 277 individus et une légère augmentation dans les milieux urbain (226 individus) et naturel (230 individus).

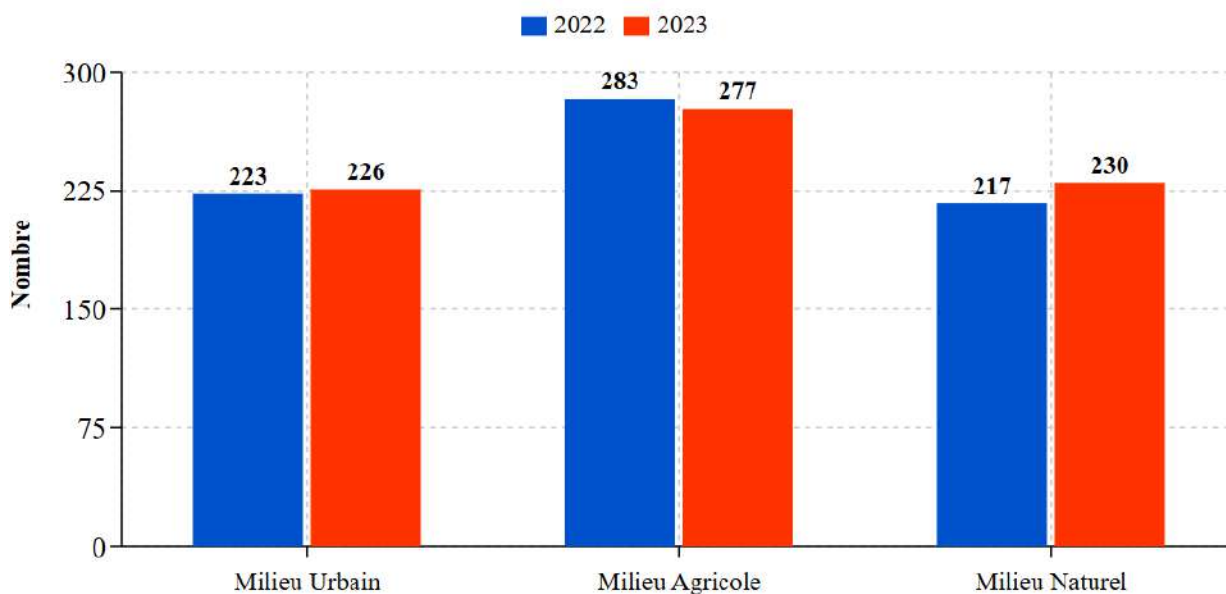


Figure 10. Répartition des effectifs de scorpions par biotopes.

1.3. Bilan des collectes de scorpions selon les périodes de ramassage (diurne et nocturne)

Les données présentées dans la **figure 11** montrent les variations des effectifs de scorpions collectés au cours des périodes diurnes et nocturnes entre 2022 et 2023.

En 2022, un total de 175 scorpions a été collectés pendant la nuit tandis que 552 ont été ramassés durant la journée.

En 2023, le nombre de captures nocturnes a considérablement augmenté atteignant 234 contre 496 scorpions collectés la journée.

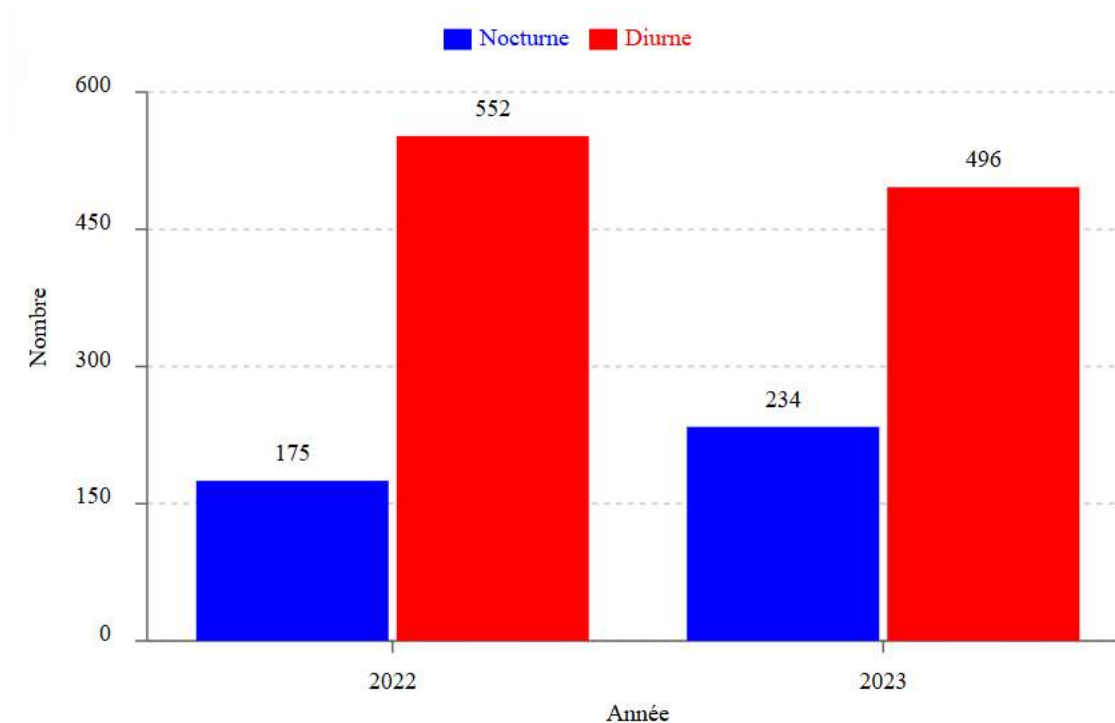


Figure 11. Répartition des effectifs de scorpions selon la période (diurne et nocturne).

La capture nocturne des scorpions est nettement plus facile et efficace, comparée à la capture diurne qui nécessite des efforts considérables notamment pour fouiller sous les pierres.

Dans notre étude, la méthode diurne reste la plus sécurisée c'est pourquoi le nombre de scorpions capturés durant la journée sur une période de deux ans est plus élevé que celui des scorpions capturés la nuit.

2. Identification

Nous avons pu identifier trois espèces appartenant au genre *Androctonus* lors de la période d'échantillonnage menée dans la région de Ghardaïa.

Ces trois espèces représentent 42,85% de la richesse spécifique nationale et 6,66% de la diversité spécifique mondiale de ce genre et sont :

2.1. *Androctonus aeneas* Koch, 1839

Les scorpions d'*Androctonus aeneas* Koch, 1839 mesurent entre 7 et 8 cm de longueur et présentent une coloration allant du brun sombre au noir. Les extrémités des pattes ambulatoires et des pinces sont plus claires, contrastant avec le reste du corps (**Vachon, 1952 ; Lourenço, 2005**) (**photo.03**). Les doigts fixes et mobiles sont dotés de 13 à 15 séries semi-obliques de granules. Leurs peignes comportent 27 à 32 dents chez les mâles et 21 à 27 chez les femelles (**Lourenço et al., 2015**).



Photo 03. Adulte mâle vivant d'*Androctonus aeneas* Koch, 1839.

L'espèce *A. aeneas* a été décrite pour la première fois par Koch en 1839, à partir d'individus collectés à Aïn El-Turk (Oran) connue pour sa grande plasticité morphologique. Elle a souvent été confondue avec *Androctonus bicolor* (**Ehrenberg, 1828**) ou divisée en trois sous-espèces *Androctonus.aeneas aeneas* (**Koch, 1839**), *Androctonus aeneas liouvillei* (**Pallary, 1924**) et *Androctonus bicolor aeneas* (**Levy et Amitai, 1980**).

Lourenço (2005) après l'examen d'échantillons provenant d'Égypte, de Tripolitaine, de

Syrie et de Tunisie a suggéré l'existence d'un gradient de variations morphologiques et proposé de synonymiser *Androctonus aeneas* avec *Androctonus bicolor*. Cependant, **Teruel et Kovařík (2014)** ont considéré *A. aeneas* comme un nomen dubium en raison de la perte des spécimens types et de l'insuffisance de la description originale de Koch et ils ont identifié deux espèces distinctes : *A. turieli* (Tunisie) et *A. tenuissimus* (Égypte). Pour clarifier le statut de *A. aeneas*, **Lourenço et al. (2015)** ont désigné un néotype, un mâle collecté à Aïn El-Turk et ont confirmé la synonymie entre *A. aeneas* et *A. turieli*.

En Algérie, *Androctonus aeneas* présente une large distribution s'étendant de Tébessa, Khenchela et El-Oued à l'Est jusqu'à Aïn El-Tork à l'Ouest considérée comme la localité type de cette espèce. Son aire de répartition inclut également Batna, Ouargla, M'Sila et Sidi Bel Abbès (**Vachon, 1952 ; Sadine et al., 2011, 2012, 2014 ; Sadine, 2018 ; Ouici et al., 2020 ; Mekahlia et al., 2022**). Plus récemment, **Ait Hammou et al. (2024)** ont confirmé la vaste distribution de cette espèce à travers le pays.

Dans la région de Ghardaïa sur la base de nos suivis réguliers et de nos sorties sur le terrain, *Androctonus aeneas* s'est révélé relativement rare en comparaison avec les autres espèces.

2.2. *Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826)

Il s'agit d'une espèce de scorpion de grande taille, la plus grande d'Algérie (**Sadine, 2012**), pouvant atteindre jusqu'à 12 cm de longueur. Sa queue devient sensiblement plus fine à partir du troisième segment (**Vachon, 1952**) (photo. 04). Les pinces fixes et mobiles sont équipées de 12 à 13 rangées semi-obliques de granules et les peignes sont constitués de 31 à 35 dents chez les mâles et de 21 à 25 dents chez les femelles (**Vachon, 1952 ; Lourenço, 2005**).

Cette espèce décrite pour la première fois en Égypte (**Vachon, 1952**), a ensuite été signalée sur une vaste zone allant du Sénégal et de la Mauritanie jusqu'en Inde (**Lourenço, 2005**).

Les études sur les formes du Moyen-Orient montrent qu'elles ne présentent aucune affinité avec *A. amoreuxi*. Seuls **Levy et Amitai (1980)** confirment la présence de cette espèce en Égypte. Par ailleurs, **Vachon (1952)** indique que cette espèce semble avoir une distribution limitée à l'Afrique du Nord : Égypte, Libye, Tunisie, Algérie, Nord de la Mauritanie et une présence discrète au Maroc. De plus, la population d'*Androctonus amoreuxi* du Pays N'Ajjer, au Sud de l'Algérie, correspond à une autre espèce *A. eburneus* (Pallary, 1928) bien distincte.

Dans notre étude, *Androctonus amoreuxi* est l'espèce la plus abondante dans la wilaya de Ghardaia, particulièrement en milieux agricoles et naturels.



Photo 04. Adulte femelle vivante d'*Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826).

2.3. *Androctonus australis* (Linnaeus, 1758)

Il s'agit d'une grande espèce pouvant dépasser 10 cm de longueur, caractérisée par une queue épaisse et une teinte jaune paille. Certaines parties du corps telles que les pinces et les derniers segments de la queue, sont partiellement assombries (**Vachon, 1952**) (**photo. 05**). Les doigts fixes et mobiles possèdent 12 à 14 séries de granules semi-obliques, généralement de couleur sombre. Les peignes comportent 30 à 36 dents chez les mâles et 22 à 26 chez les femelles (**Vachon, 1952 ; Lourenço, 2005**).

Androctonus australis est probablement décrite en Afrique du Nord sans localité précise et les spécimens types sont sans doute perdus (**Lourenço, 2005**). Plusieurs sous-espèces ont été proposées dont *A. australis australis*, *A. australis hector*, et *A. australis libycus* (**Vachon, 1952**), ainsi que *A. australis garzoni* et *A. australis africanus* (**Goyffon et Lamy, 1973 ; Lamy, Le Pape et Weill, 1974**). **Fet et Lowe (2000)** considèrent *A. australis hector* comme synonyme d'*A. australis*.

Lourenço (2005) a révisé le genre *Androctonus* concluant que *A. australis* est une espèce unique présentant un polymorphisme notable. Dans notre étude, *Androctonus australis* a été très abondant surtout dans le milieu urbain.



Photo 05. Adulte femelle vivante d'*Androctonus australis* (Linnaeus, 1758).

3. Etude de la répartition des espèces

Dans le cadre de notre étude, nous avons analysé la répartition des scorpions du genre *Androctonus* dans différents biotopes et régions de la wilaya de Ghardaïa. L'objectif principal était de déterminer la densité des populations de ces espèces, comprendre leurs distributions saisonnières, de cartographier leur aire de distribution.

3.1. Répartition des espèces selon les localités

L'évolution des effectifs de scorpions du genre *Androctonus* (*A. amoreuxi*, *A. australis* et *A. aeneas*) entre 2022 et 2023 varie en fonction des sites étudiés. De manière générale une augmentation des effectifs a été observée dans plusieurs localités de la région d'étude entre les deux années.

3.1.1. *Androctonus aeneas* Koch, 1839

Les histogrammes présentés dans la **figure 12** illustrent la répartition des effectifs de cette espèce dans diverses localités de la région d'étude, durant les années 2022 et 2023.

Les résultats mettent en évidence une concentration de l'espèce à El-Atteuf, qui enregistre le nombre le plus élevé d'individus (5 individus) et de manière constante sur les deux années. À Metlili, une diminution des effectifs est observée entre les deux ans, passant de 2 à 1 individu, tandis qu'une faible augmentation est constatée à Dhayet Ben Dhahoua, de 2 à 3 individus. Par contre, aucune présence d'*Androctonus aeneas* n'a été relevée dans les autres localités, ce qui confirme la rareté de cette espèce dans la région de Ghardaïa.

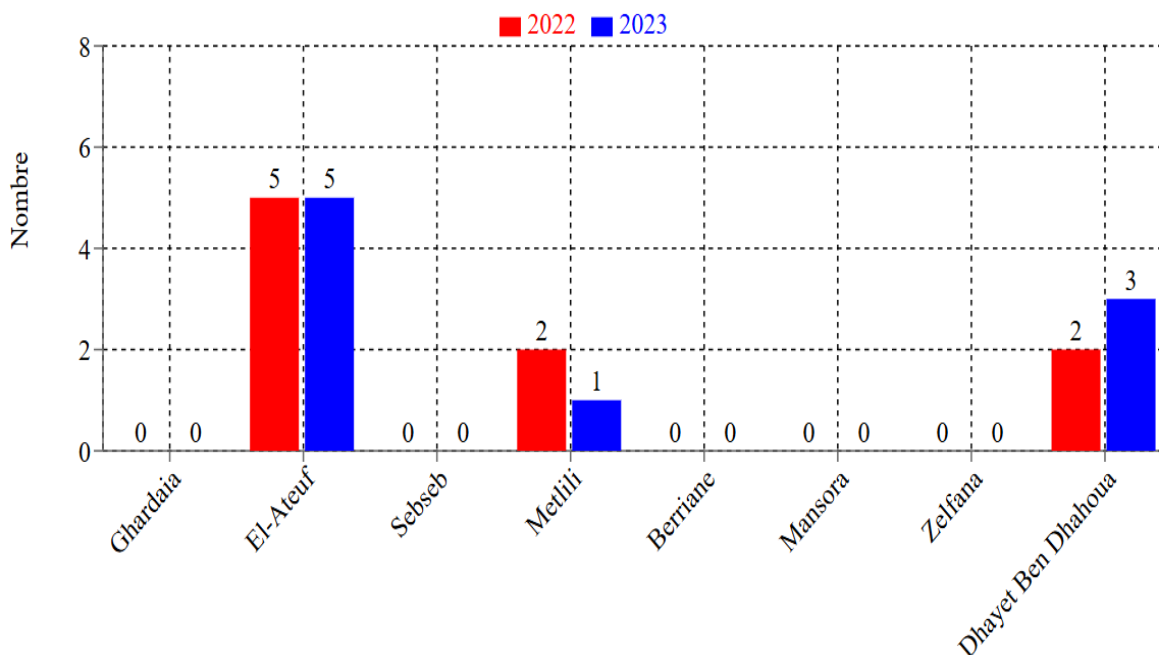


Figure 12. Distribution des effectifs d'*Androctonus aeneas* Koch, 1839 selon les localités.

3.1.2. *Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826)

La figure 13 montre l'évolution des effectifs d'*Androctonus amoreuxi* entre 2022 et 2023.

En 2022, Sebseb a affiché les effectifs les plus élevés (78 individus), suivie d'El-Atteuf avec 60 individus et de Mansora 59 individus.

En 2023, une légère baisse est observée à Sebseb 59 individus et à Mansora 58 individus, tandis qu'El-Atteuf enregistre une augmentation, passant de 60 à 70 individus.

Dans les localités de Metlili, Berriane, Zelfana, et Dhayet Ben Dhahoua, des fluctuations sont également notées, avec une hausse marquée à Berriane de 16 à 27 individus et une diminution à Zelfana de 49 à 37 individus. Ghardaïa reste la localité la plus faible des effectifs d'*A. amoreuxi* avec des spécimens passant de 7 à 9 individus, d'où une légère progression.

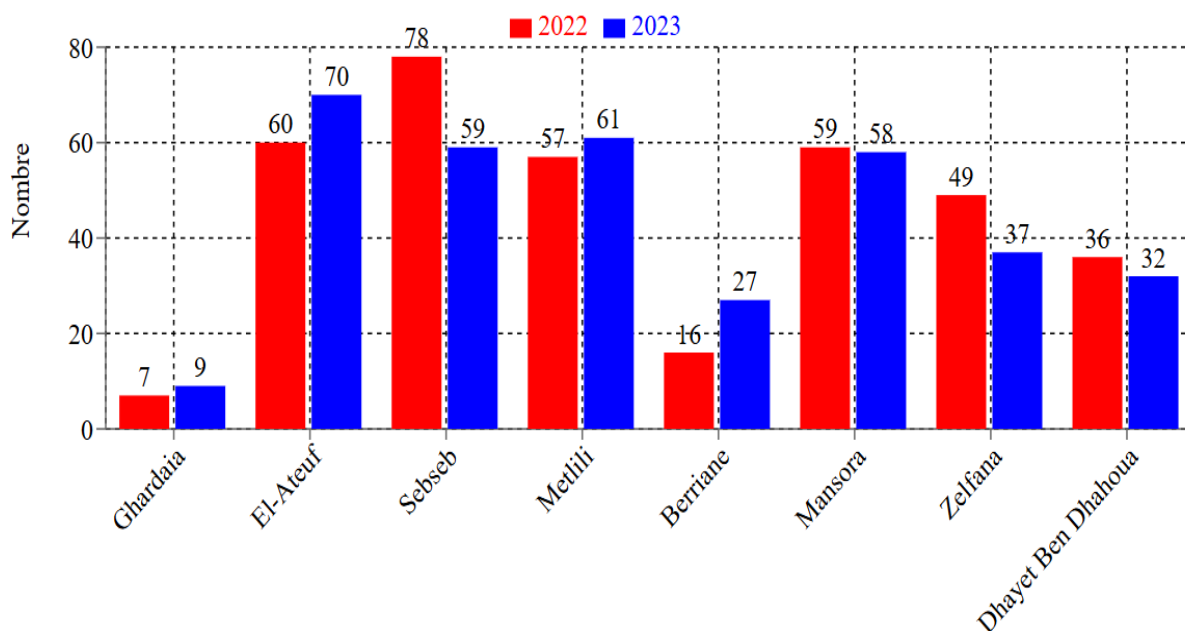


Figure 13. Distribution des effectifs d'*Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826) selon les localités.

3.1.3. *Androctonus australis* (Linnaeus, 1758)

L'analyse des effectifs d'*Androctonus australis* en 2022 et 2023 (**Fig.14**) révèle des variations significatives selon les localités.

À El-Ateuf le nombre de spécimens collectés est passé de 68 en 2022 à 86 en 2023, indiquant une nette augmentation. À Berriane, les effectifs ont également évolué passant de 24 à 44 individus.

En revanche, certaines localités ont enregistré une diminution notamment Sebseb où le nombre de spécimens a chuté de 65 en 2022 à 46 en 2023, ainsi que Zelfana où les effectifs ont diminué de 32 à 26 individus.

La situation de Ghardaïa reste relativement stable avec une légère hausse de 16 à 17 individus. Par ailleurs, Dhayet Ben Dhahoua a connu une baisse modérée passant de 62 à 60 spécimens tandis qu'à Mansora le nombre de scorpions collectés est passé de 30 à 28.

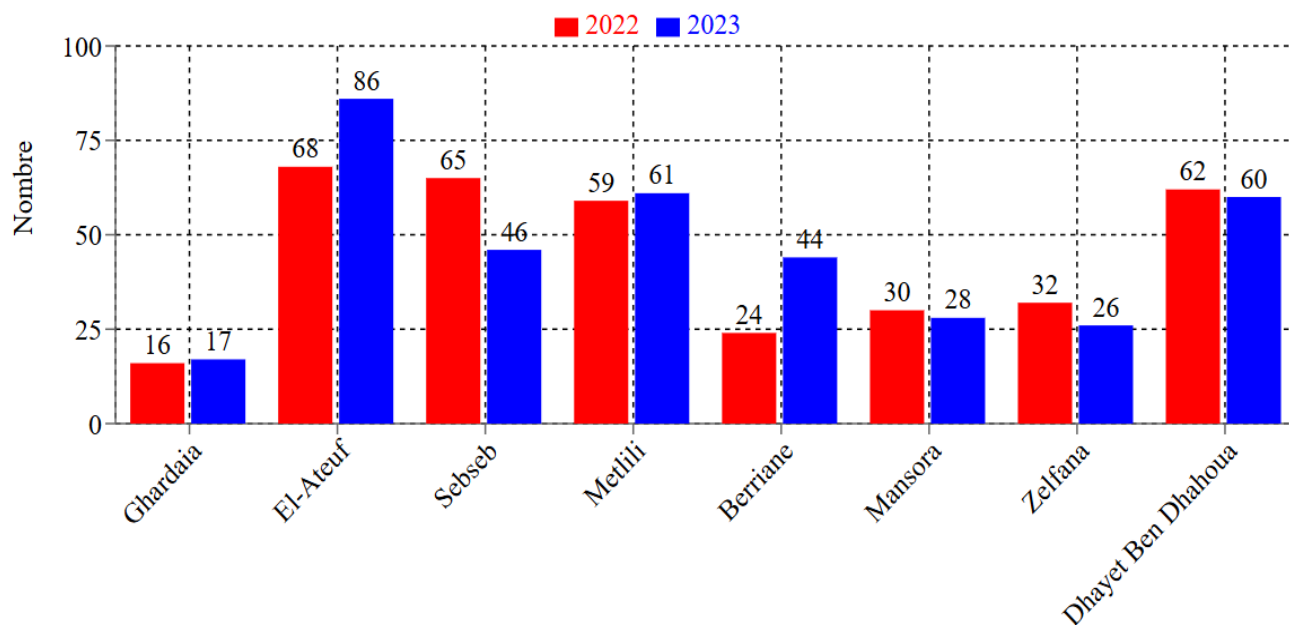


Figure 14. Distribution des effectifs d'*Androctonus australis* (Linnaeus, 1758) selon les localités.

3.2. Répartition des espèces par biotopes

La Figure 15 illustre la répartition des trois espèces de scorpions *Androctonus australis*, *Androctonus amoreuxi* et *Androctonus aeneas* dans trois milieux (urbain, agricole et naturel) en 2022 et 2023. En milieu urbain, *A. australis* est dominant avec 79,4 % en 2022 et 81,5 % en 2023, tandis que *A. amoreuxi* représente respectivement 20,6% et 18,5%, et *A. aeneas* est absent (0%) durant les deux années. En milieu agricole, *A. amoreuxi* est majoritaire avec 64,3 % en 2022 et 61,7% en 2023, suivi de *A. australis* (34,6% et 37,9% respectivement), alors que *A. aeneas* est très rare, avec 1,1% en 2022 et 0,4% en 2023. En milieu naturel, *A. amoreuxi* domine également avec 61,5% en 2022 et 61,9% en 2023, suivi d'*A. australis* (35,3 % et 34,6 %) puis d'*A. aeneas* qui est rare et légèrement plus présent avec des taux respectivement de 3,2 % et 3,5 %.

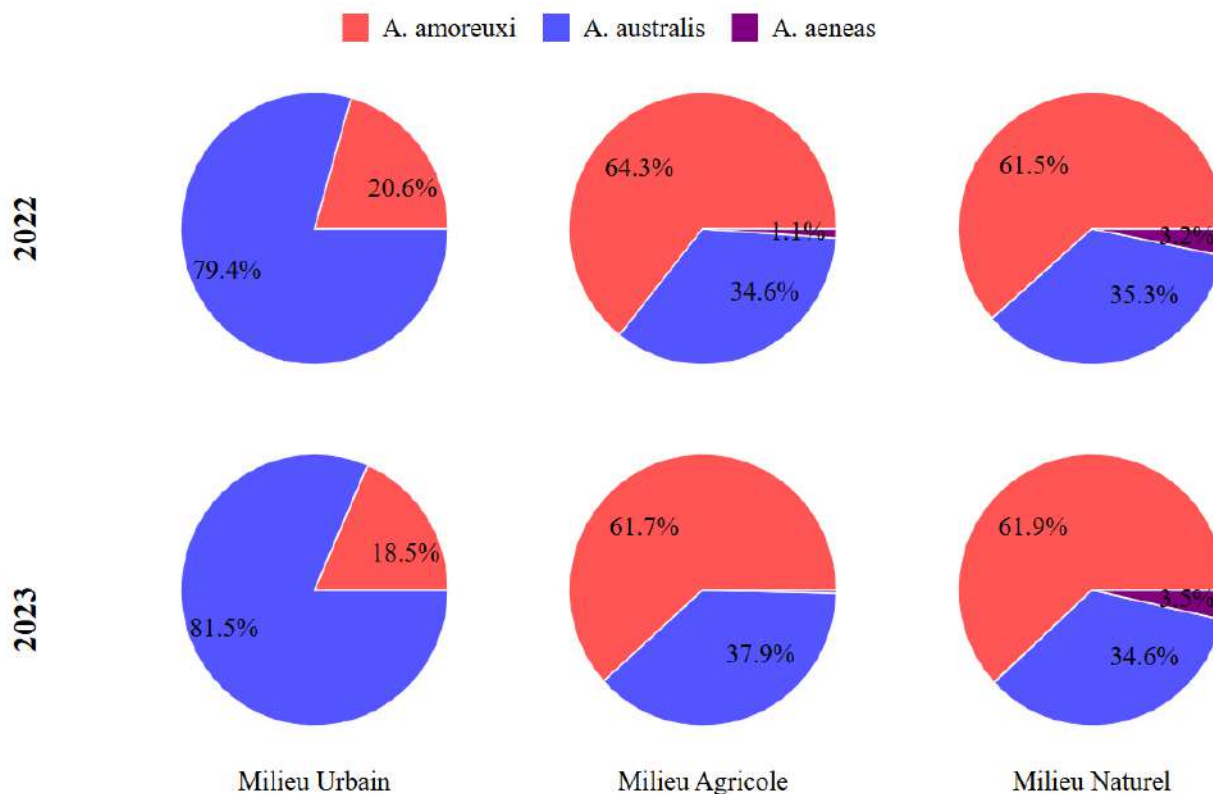


Figure 15. Répartition en pourcentages des effectifs par biotopes.

3.2.1 *Androctonus aeneas* Koch, 1839

La figure 16 indique la distribution des effectifs d'*Androctonus aeneas* selon les différents biotopes d'étude. Elle montre une absence totale de cette espèce en milieu urbain durant les années 2022 et 2023, ainsi qu'une faible présence et rareté en milieu agricole avec une diminution des effectifs de 3 à 1 individu. On note une prédominance en milieu naturel pour lequel les effectifs augmentent légèrement (de 7 à 8 individus).

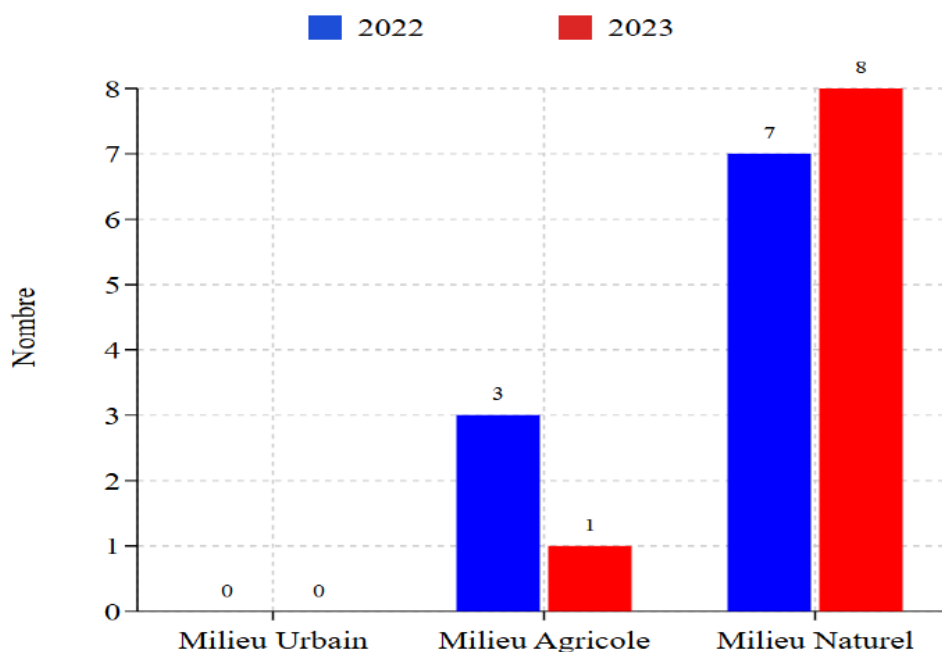


Figure 16. Distribution des effectifs d'*Androctonus aeneas* Koch, 1839 par biotopes.

3.2.2 *Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826)

La figure 17 illustre l'évolution des effectifs de scorpions d'*Androctonus amoreuxi* dans trois milieux entre 2022 et 2023.

En 2022, l'abondance de cette espèce était plus élevée en milieu agricole avec 182 individus, suivie du milieu naturel par 134 individus ; alors que le milieu urbain affichait un effectif plus faible de 46 individus. En 2023, une légère diminution a été observée en milieu urbain (42 individus) et en milieu agricole (171 individus), alors que le milieu naturel a connu une légère hausse avec 143 individus.

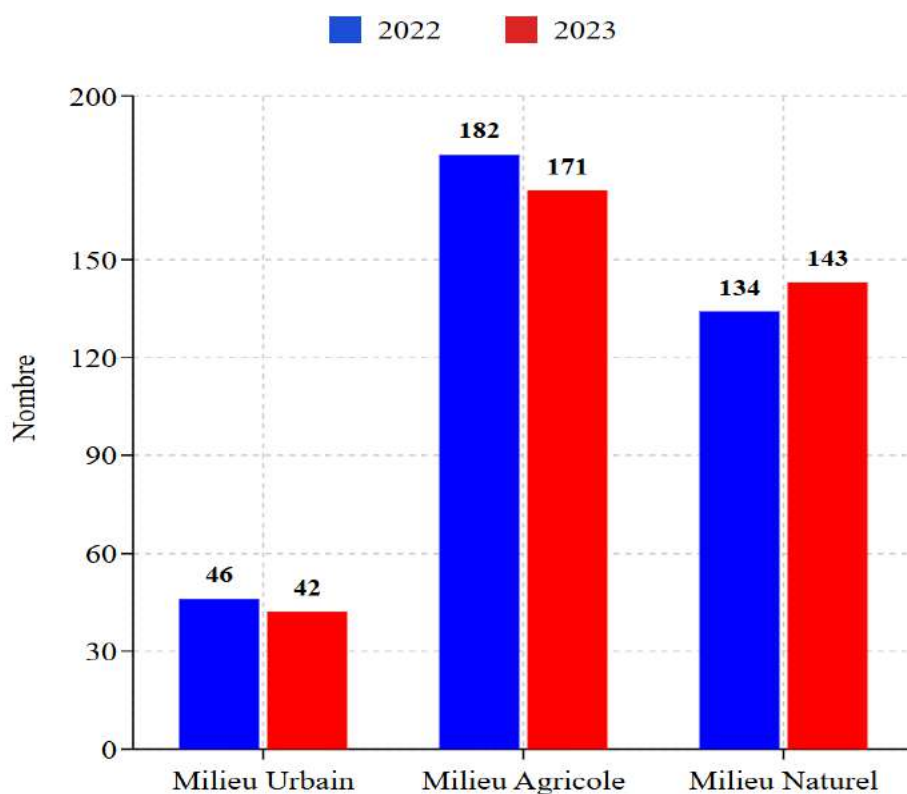


Figure 17. Distribution des effectifs d'*Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826) par biotope.

3.2.3 *Androctonus australis* (Linnaeus, 1758)

La figure 18 met en évidence la répartition d'*Androctonus australis* dans les trois milieux en 2022 et 2023.

En 2022, le milieu urbain a abrité le plus grand nombre d'individus (177), suivi du milieu agricole avec 98 individus, tandis que le milieu naturel en compte beaucoup moins (77 individus). En 2023, une légère augmentation est observée en milieu urbain par (185 individus et en milieu agricole (105 individus), alors que le milieu naturel enregistre une légère augmentation ,passant de 77 à 80 individus.

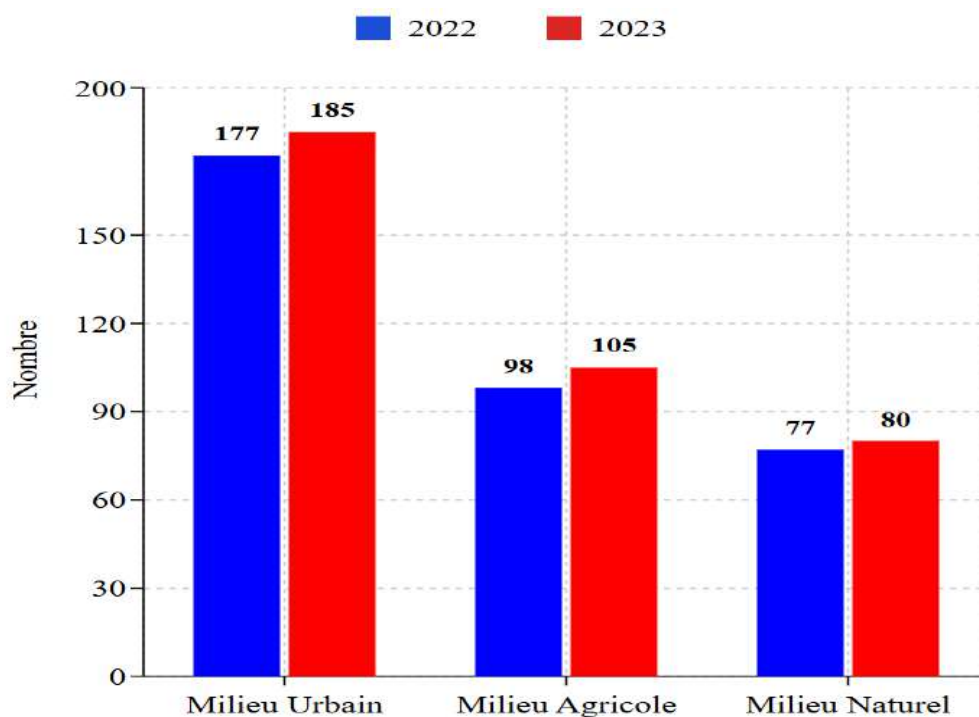


Figure 18. Distributions des effectifs d'*Androctonus australis* (Linnaeus, 1758) selon les Biotopes.

3.3. Répartition saisonnière des espèces selon les localités

La répartition saisonnière des espèces du genre *Androctonus* varie en fonction des conditions environnementales propres à chaque région et principalement des facteurs climatiques tels que la température et l'humidité. Ces derniers influencent leur activité et leur abondance. Cette étude vise à analyser les variations saisonnières des effectifs de ces espèces selon les localités étudiées.

3.3.1 *Androctonus aeneas* Koch, 1839

La figure 19 présente la répartition saisonnière des effectifs d'*Androctonus aeneas* selon les localités de la région de Ghardaïa en 2022 et 2023. Nous constatons une concentration des effectifs en été, notamment à El-Ateuf avec 3 observations en 2022 et 3 en 2023, ainsi qu'à Dhayet Ben Dhahoua avec 1 observation en été 2022 et 2 en été 2023. Le printemps présente également quelques observations avec 1 cas retenu à El-Ateuf, Metlili et Dhayet Ben Dhahoua pour les deux années. On remarque également que l'espèce est totalement absente quelle que soit la saison dans les localités de Ghardaïa, Sebseb, Berriane, Mansoura et Zelfana.

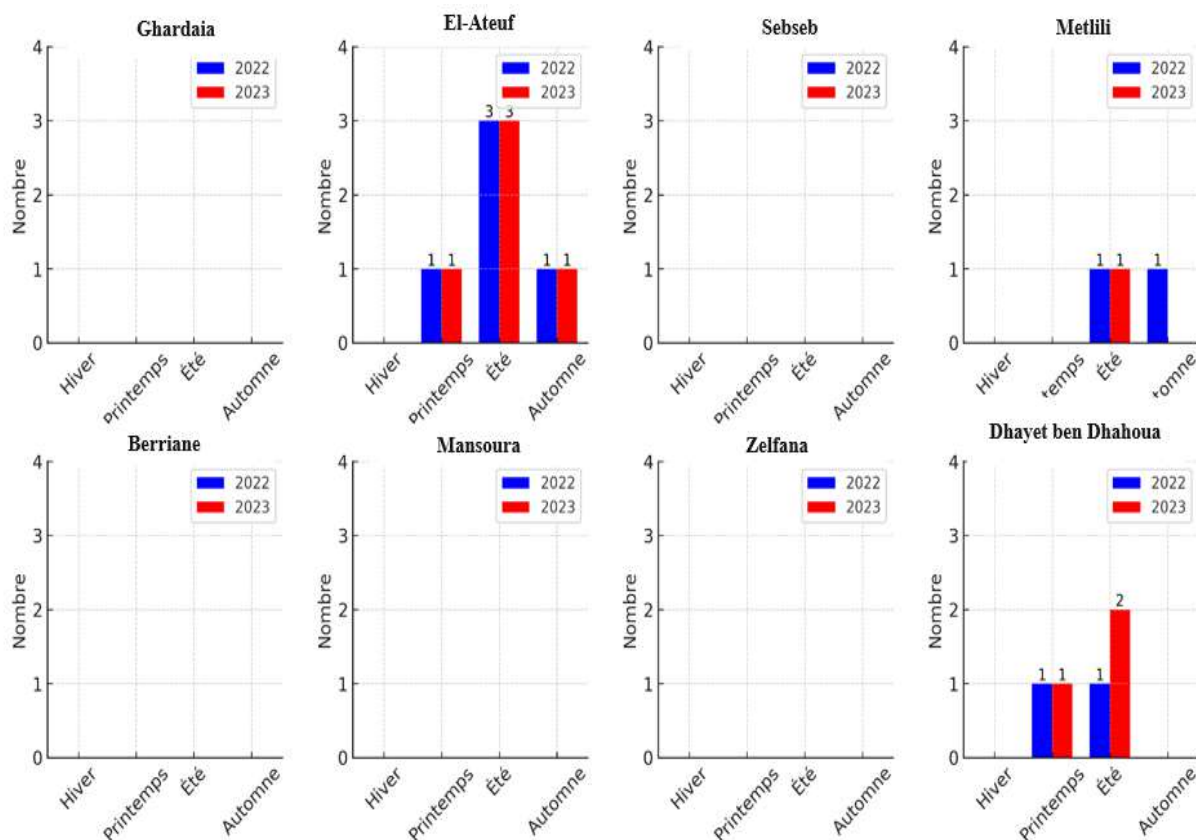


Figure 19. Répartition saisonnière d'*Androctonus aeneas* Koch, 1839.

3.3.2 *Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826)

La figure 20 présente la répartition saisonnière des effectifs d'*Androctonus amoreuxi* entre 2022 et 2023. Les résultats montrent une forte variabilité saisonnière et spatiale avec une activité principalement concentrée au printemps et en été. Par contre, cette activité diminue nettement en hiver et en automne.

- **Ghardaïa** : les effectifs d'*A. amoreuxi* sont faibles avec un maximum de 5 observations au printemps 2022 et 7 au printemps 2023 ; tandis que l'hiver et l'automne 2022 n'ont révélé aucune présence. En automne 2023, une seule apparition a été notée.

- **El-Ateuf** : Nous avons noté une forte activité estivale des effectifs d'*A. amoreuxi* avec 41 observations en 2022 et 36 en 2023. Le printemps suit avec 13 observations en 2022 et 26 en 2023, tandis que l'automne et l'hiver enregistrent un très faible nombre d'individus qui varie entre 2 et 5 spécimens.

- **Sebseb** : les effectifs sont très élevés en été avec 43 observations en 2022 et 41 en 2023. Le printemps est également bien représenté avec 25 apparitions en 2022 et 39 en 2023 ; tandis que l'automne et l'hiver sont très faiblement représentés.

- **Metlili** : L'activité est principalement estivale avec 39 individus en 2022 et en 2023. Durant le printemps, nous avons relevé 13 observations en 2022 et 14 en 2023. L'hiver et l'automne restent insignifiants.

- **Berriane** : Se caractérise par une faible activité globale avec toutefois un pic en été avec 12 cas en 2022 et 25 en 2023. Au cours du printemps 2022, nous avons pu observer 2 individus en 2022 et 1 seul en 2023 ; alors qu'en hiver et en automne, aucun scorpion n'a été observé.

- **Mansora** : Cette localité présente une forte activité scorpionique estivale, affichant 33 individus en 2022 et 44 en 2023. Le printemps suit avec 17 individus en 2022 et 11 en 2023. L'automne et l'hiver demeurent insignifiants, voire nuls.

- **Zelfana** : L'activité y est élevée en été avec 32 individus en 2022 et 31 en 2023. Le printemps présente un nombre modéré d'individus (12 en 2022 et 6 en 2023), tandis que l'hiver et l'automne sont très peu représentés.

▪ **Dhayet Ben Dhahoua** : Cette localité se caractérise par une activité assez importante en été avec 26 individus en 2022 et 23 en 2023. Le printemps affiche une diminution entre les deux ans passant de 9 individus en 2022 à 5 en 2023. En automne et en hiver, les effectifs sont négligeables avec une absence totale en 2022.

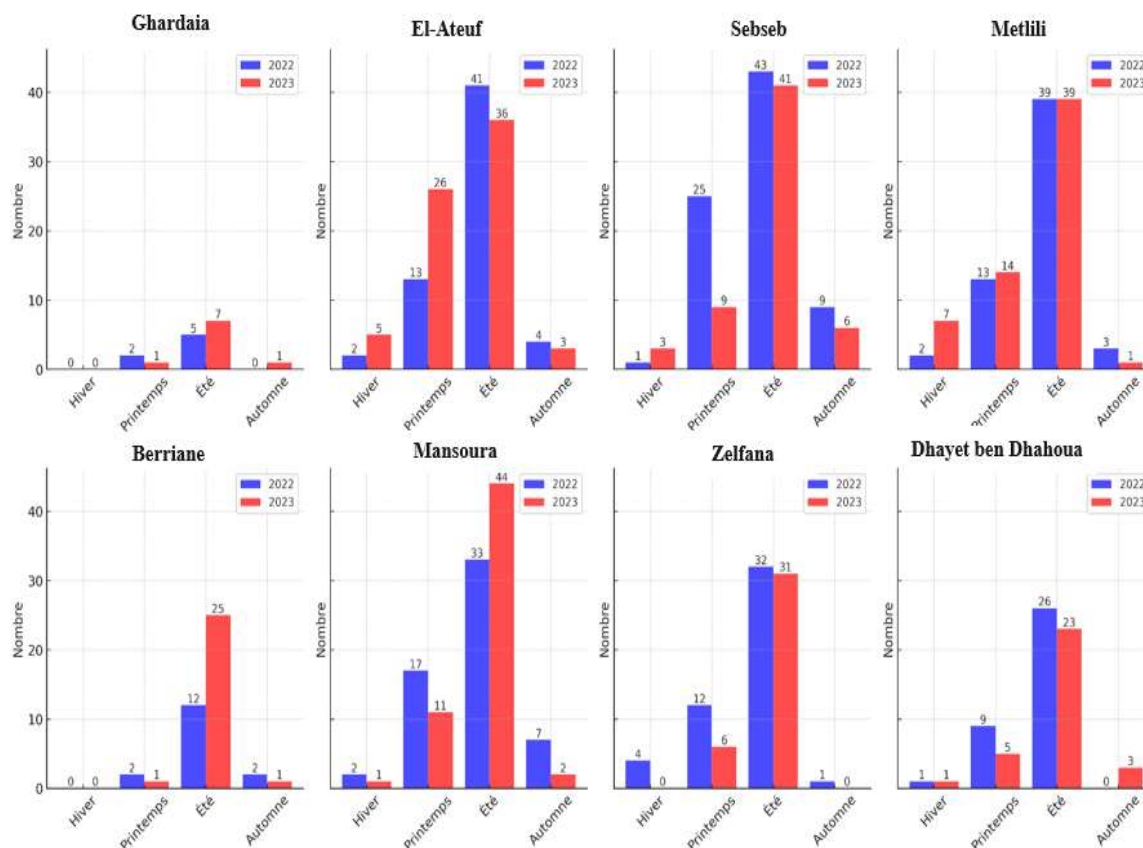


Figure 20. Répartition saisonnière d'*Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826).

3.3.3 *Androctonus australis* (Linnaeus, 1758)

La répartition saisonnière des effectifs d'*Androctonus australis* dans huit sites de la région de Ghardaïa en 2022 et 2023 est mentionnée dans la **figure 21**. L'analyse détaillée par site met en évidence une forte variabilité saisonnière et régionale avec une activité dominante en été, en hiver et en automne.

- **Ghardaïa** : Les effectifs sont globalement faibles. Le printemps et l'été enregistrent le plus grand nombre d'individus observés en été 2022 et 12 en été 2023. En hiver et en automne, les observations sont très réduites (entre 0 et 4).
- **El-Ateuf** : Ce site montre une nette prédominance estivale avec 34 individus en été 2022 et une augmentation à 48 en été 2023. Le printemps affiche également un nombre important d'individus, 17 en 2022 et 22 en 2023. En revanche, l'hiver et l'automne sont faiblement représentés, par 3 à 9 individus.
- **Sebseb** : L'effectif le plus élevé est observé en été avec 43 individus en 2022 et 35 en 2023. Le printemps reste modéré avec 12 individus en 2022 et 9 en 2023, tandis que l'automne et l'hiver enregistrent de rares apparitions.
- **Metlili** : L'été est la période d'activité maximale avec 33 individus en 2022 et 42 individus en 2023. Le printemps affiche également une présence notable de 19 individus en 2022 et 23 individus en 2023. L'hiver et l'automne sont nettement moins marqués avec une variation de 3 à 5 individus.
- **Berriane** : L'activité estivale est prédominante avec 14 individus en 2022 et 33 individus en 2023. Le printemps connaît une faible progression de 4 individus en 2022 à 7 individus en 2023. En hiver et en automne, le nombre d'individus varie entre 1 et 4 durant les deux années.
- **Mansora** : 19 individus en été 2022 et 23 en été 2023 ont été observés. Le printemps est limité à 7 individus en 2022 et 3 en 2023 et l'hiver et l'automne présentent un très faible nombre d'observations entre les deux années.
- **Zelfana** : Une nette prédominance estivale est observée avec 27 individus en 2022 et 21 individus en 2023. Le printemps et l'automne sont peu représentés (1 à 3 individus), et l'hiver aucune présence signalée.

- **Dhayet Ben Dhahoua** : L'été a enregistré la plus forte activité avec 41 individus en 2022 et 37 individus en 2023. Le printemps est en légère baisse (12 individus en 2022 contre 13 individus en 2023). L'hiver et l'automne affichent une très faible représentation avec un intervalle de 3 à 7 individus.

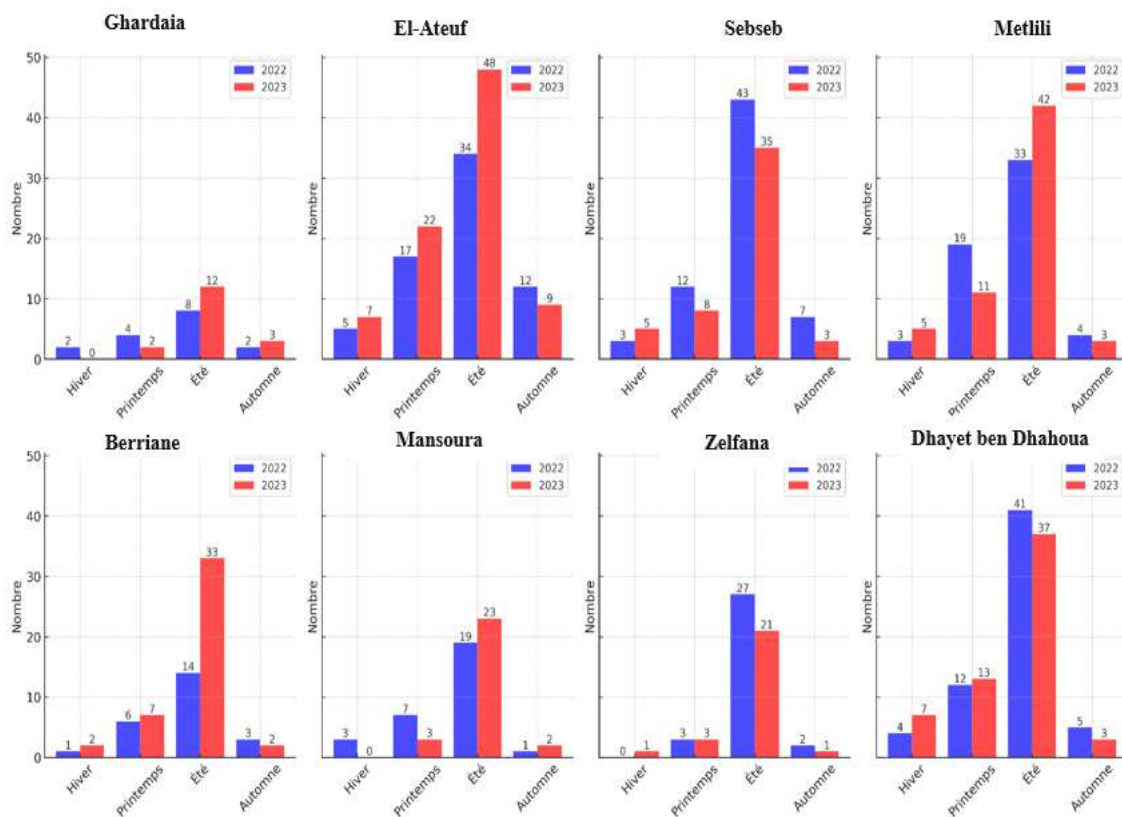


Figure 21. Répartition saisonnière d'*Androctonus australis* (Linnaeus, 1758).

3.4. Répartition saisonnière des espèces de genre *Androctonus* selon les biotopes

Le présent paragraphe compare la distribution des scorpions en fonction des saisons et du type de milieu (urbain, agricole ou naturel) pour les années 2022 et 2023.

3.4.1 *Androctonus aeneas* Koch, 1839

La figure 22 indique une absence totale d'individus en milieu urbain pour toutes les saisons durant les deux années d'*Androctonus aeneas*. Pour le milieu agricole, en 2022 les effectifs ont été insignifiants, avec 1 individu au printemps et 2 en été. Tandis qu'aucun specimen n'a été observé en hiver et en automne. En 2023, nous avons noté un seul individu en été. Le milieu naturel présente la plus forte abondance, particulièrement en été et au printemps. En 2022, nous avons relevé 3 individus au printemps et un seul en été et en automne, sans présence en hiver. En 2023, une augmentation a été visible avec 5 individus en été, 2 au printemps et un seul individu en automne, confirmant ainsi une activité saisonnière marquée par une préférence pour les périodes chaudes.

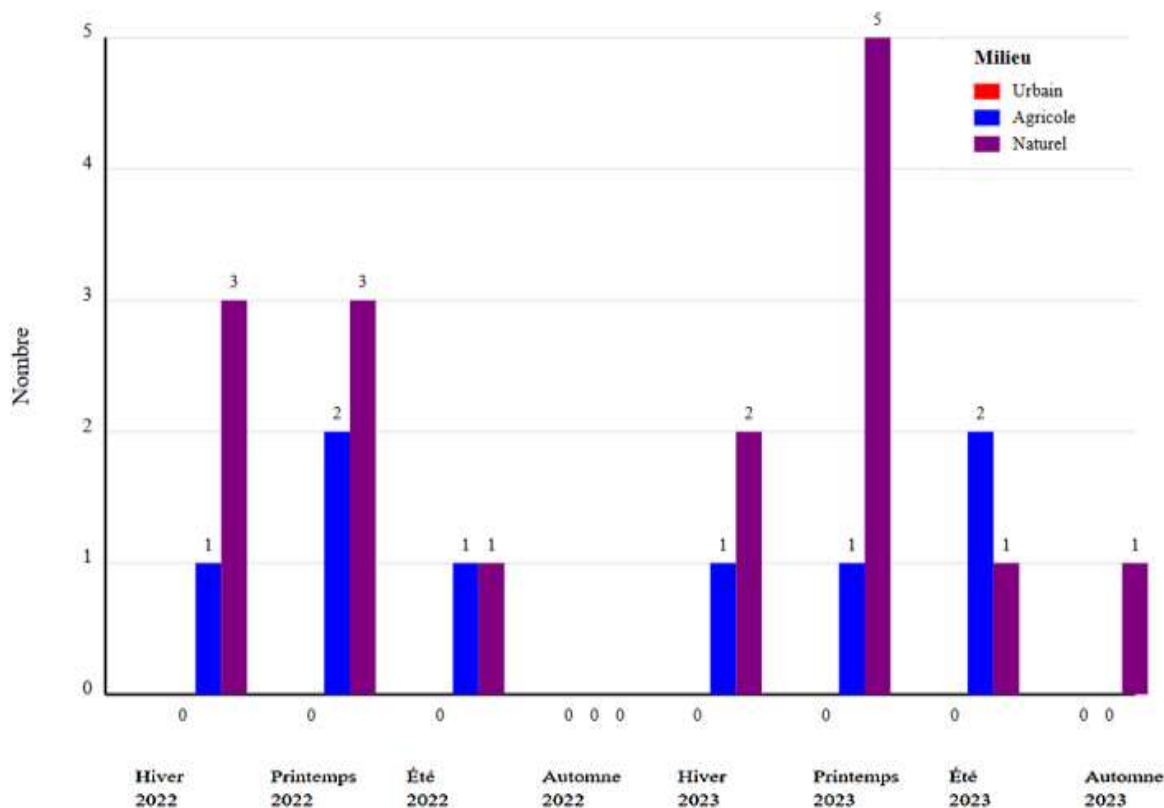


Figure 22. Distribution saisonnière d'*Androctonus aeneas* selon les différents milieux.

3.4.2 *Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826)

L'analyse des effectifs des scorpions d'*Androctonus amoreuxi* en 2022 et 2023 a révélé une activité saisonnière marquée par un pic en été dans tous les milieux étudiés.

En milieu urbain, les effectifs ont légèrement diminué entre 2022 et 2023, passant de 23 à 12 individus au printemps et ont augmenté de 20 à 28 individus en été. Cependant, en hiver et en automne, les nombres restent faibles avec respectivement 2 et 1 individus en 2022, contre 0 et 2 en 2023.

Le milieu agricole enregistre les plus fortes abondances des effectifs notamment en été avec 121 individus en 2022 et 116 en 2023, suivi du printemps avec 40 en 2022 et 37 en 2023. L'hiver et l'automne présentent des effectifs moindres, 15 et 8 en automne et 6 et 10 individus en hiver respectivement pour 2022 et 2023.

Enfin, dans le milieu naturel, l'été demeure la saison la plus propice à l'apparition des scorpions, avec une augmentation des effectifs, passant de 90 individus en 2022 à 102 individus en 2023 ; suivi du printemps avec 30 individus en 2022 et 27 individus en 2023. L'hiver et l'automne montrent des effectifs relativement faibles mais constants avec 4 et 10 en 2022 et 7 individus pour chaque saison en 2023. (Figure .23)

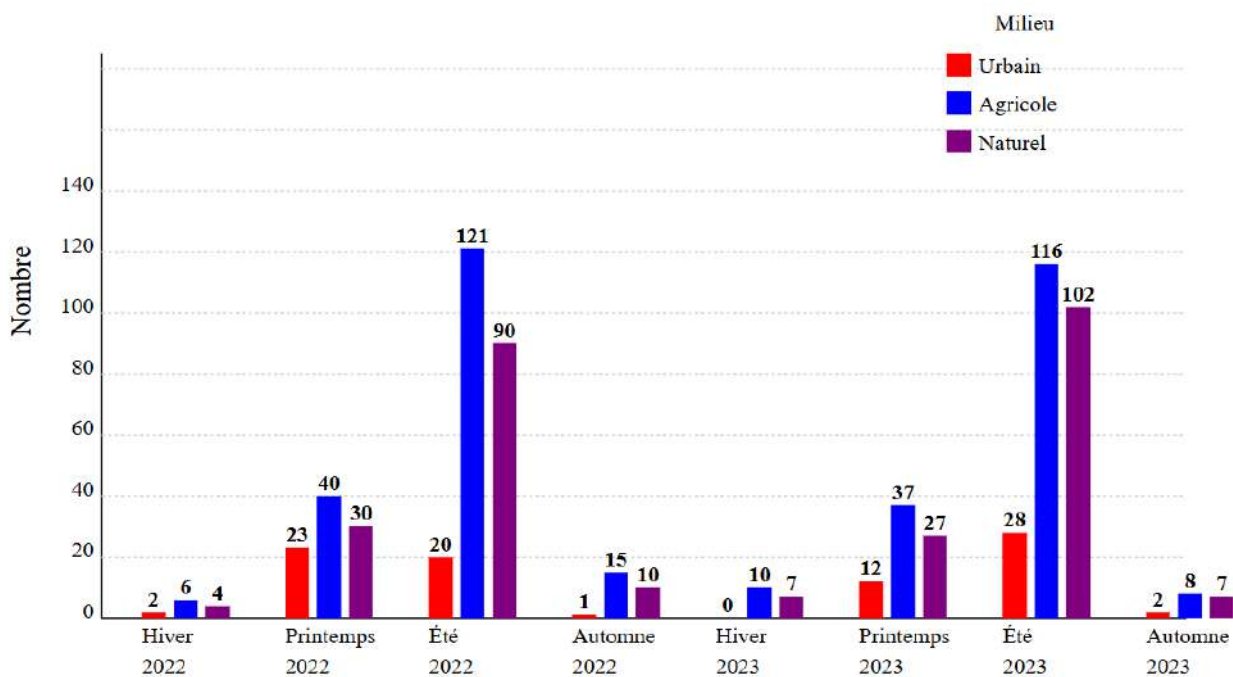


Figure 23. Distribution saisonnière d'*Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826) selon les différents milieux.

3.4.3 *Androctonus australis* (Linnaeus, 1758)

Les variations saisonnières des effectifs d'*Androctonus australis* (figure 24) en 2022 et 2023 montrent une activité maximale en été quel que soit le milieu étudié.

Dans le milieu urbain, l'été a enregistré le plus grand nombre d'individus avec 120 en 2022 et 131 en 2023. Tandis que le printemps présente une légère diminution, passant de 32 à 30 scorpions. L'hiver et l'automne affichent des effectifs plus réduits, avec 8 et 17 individus en 2022 et 12 individus en 2023.

Le milieu agricole suit une tendance similaire avec une augmentation des effectifs durant l'été, de 60 individus en 2022 à 72 individus en 2023, alors qu'au printemps, les chiffres diminuent légèrement, passant de 23 à 20 individus. L'hiver et l'automne montrent des effectifs plus faibles et relativement stables entre 5 et 8 individus durant les 02 années.

Dans le milieu naturel, l'été est la période la plus propice avec une hausse des effectifs de 39 individus en 2022 à 48 individus en 2023, tandis que le printemps enregistre une baisse de 25 à 19 individus. L'hiver et l'automne restent les saisons les moins favorables avec des effectifs variant de 6 à 7 individus.

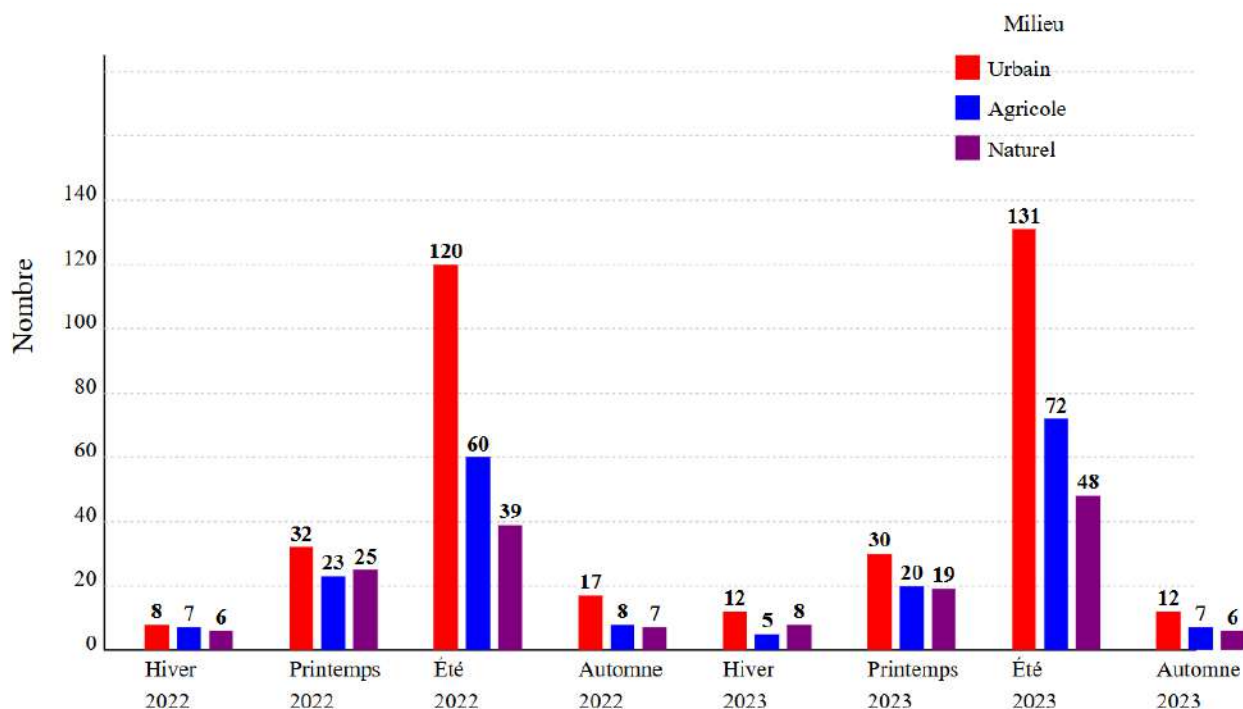


Figure 24. Distribution saisonnière d'*Androctonus australis* selon les différents milieux.

3.5 Analyse des composantes principales (ACP)

L'Analyse des Composantes Principales (ACP) montre que le premier axe (Dim1) explique 85,6% de la variance indique une forte séparation entre les espèces selon leur écosystème tandis que Dim2 en explique 14,4%.

L'*Androctonus australis* est fortement associé au milieu urbain, tandis que *A. amoreuxi* domine en milieux agricole et naturel. L'*Androctonus aeneas*, est le moins abondant et plus fréquent en milieu naturel. (Fig .25)

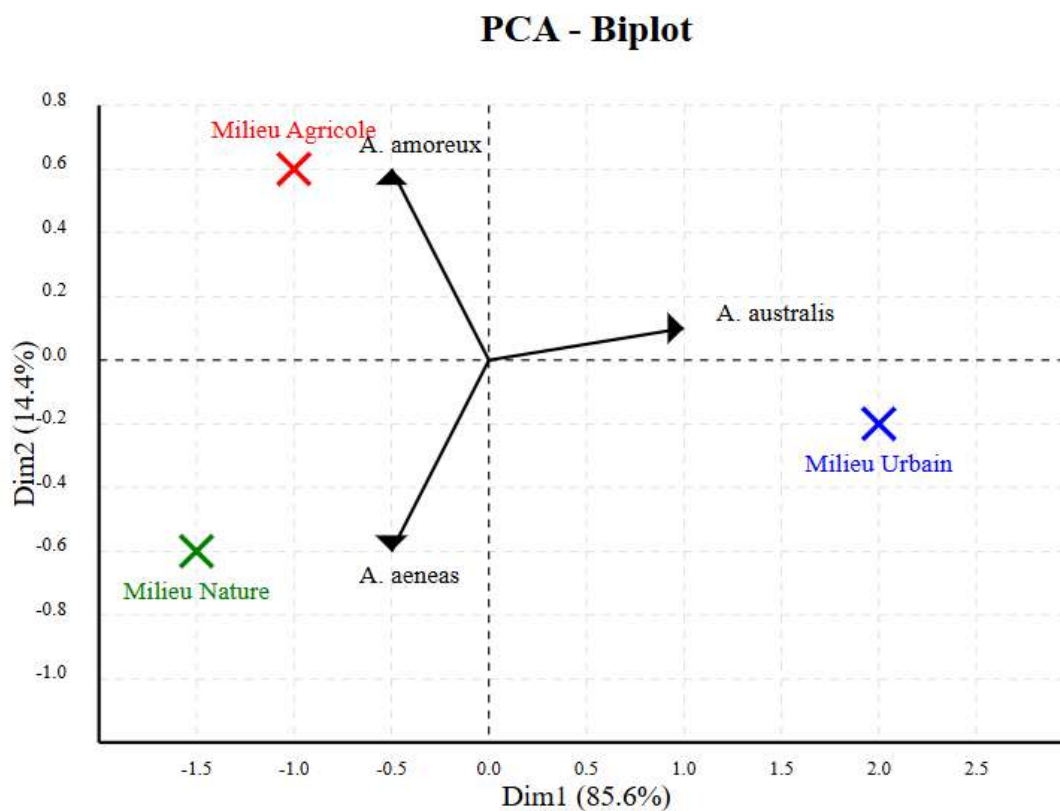


Figure 25. Analyse des composants principaux (ACP) des espèces de genre *Androctonus*.

4. Étude des malformations tératologiques des espèces

Au cours des deux années d'étude consacrées aux espèces du genre *Androctonus* un total de 1457 individus a été capturé. Parmi ces spécimens trois cas de malformations tératologiques remarquables ont été observés touchant une femelle *Androctonus australis*, une femelle *Androctonus amoreuxi* et un mâle *Androctonus aeneas*.

Le taux global de malformations tératologiques observé parmi les individus capturés est de 0,22 %.

Ce pourcentage se répartit comme suit : 0,139 % chez les spécimens de *Androctonus amoreuxi*, 0,138 % chez ceux de *Androctonus australis* et 5,55 % chez les individus de *Androctonus aeneas*.

4.1. Malformation d'*Androctonus aeneas* Koch, 1839

Chez un individu mâle adulte d'*Androctonus aeneas* capturé en mars 2023 dans la région d'El-Ateuf, nous avons observé une malformation tératologique caractérisée par un leucisme partiel localisé au niveau du céphalothorax **Photo .06**.

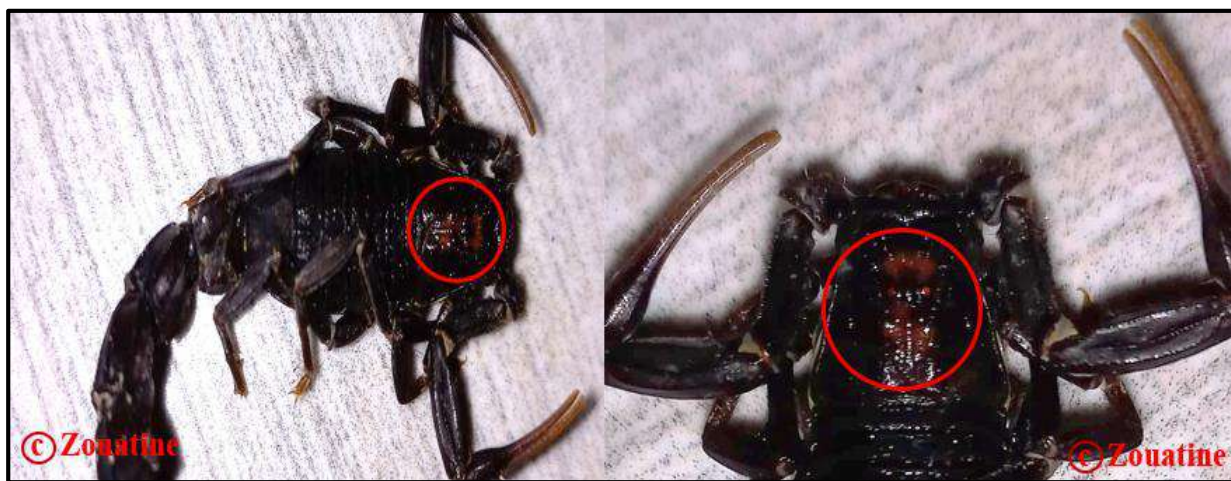


Photo 06. Leucisme partiel localisé au niveau du céphalothorax chez *Androctonus aeneas* Koch, 1839.

4.2. Malformation d'*Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826)

Une femelle d'*Androctonus amoreuxi*, collectée dans son biotope naturel sur le site de Metlili, à présenté une malformation notable au niveau de la pince droite (**Photo. 07**). Cette anomalie est caractérisée par un doigt fixe atrophié (4,33 mm contre 15,22 mm) et une absence totale du doigt mobile (**Photo. 07 B-C**).

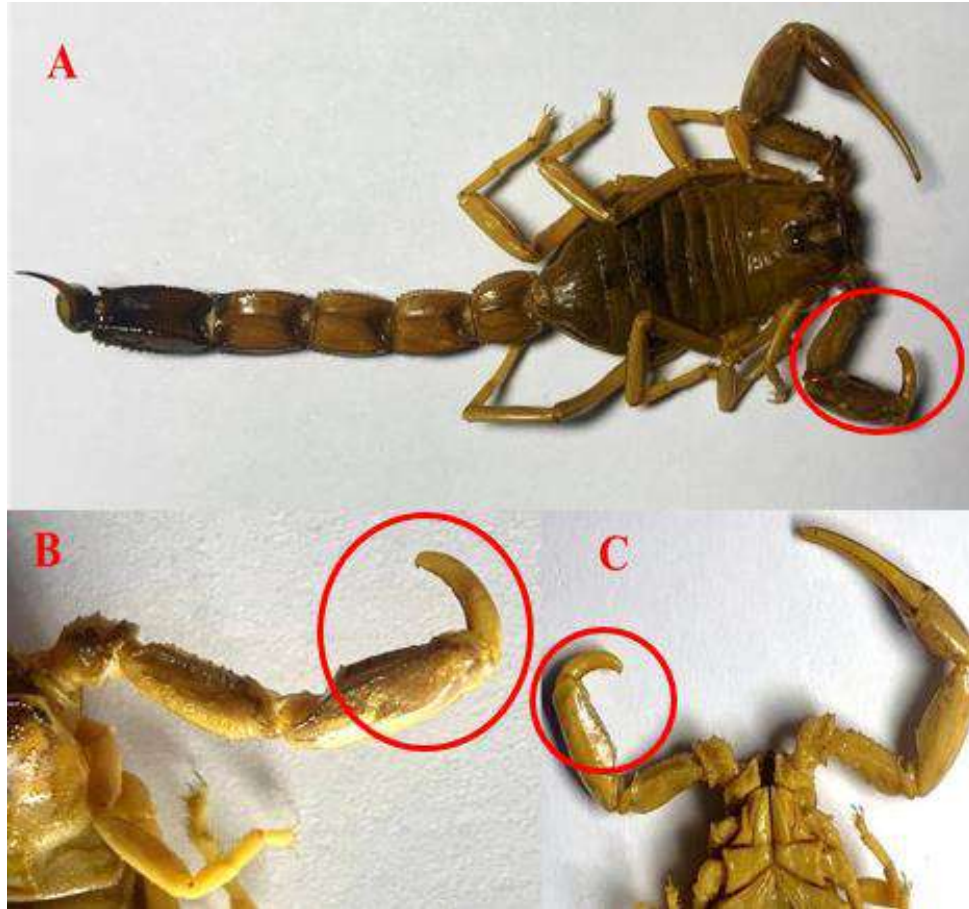


Photo 07. *Androctonus amoreuxi*, femelle. A. Habitus. B. Le pédipalpe droit en vue dorsale montre un doigt fixe atrophié. C. Le pédipalpe droit en vue ventrale montre la disparition totale du doigt mobile (Zouatine et *al.*, 2024 b).

Les résultats des analyses morphométriques des différentes parties des pédipalpes sont récapitulés dans le **Tableau 07**.

Tableau 07. Valeurs des mesures (en mm) des différentes parties des pédipalpes de la femelle malformée d'*Androctonus amoreuxi*.

Partie du pédipalpe	Pédipalpe gauche (mm)	Pédipalpe droit (mm)
Longueur du fémur	5,41	5,39
Largeur du fémur	2,78	2,73
Longueur Patella	8,19	8,12
Largeur Patella	3,83	3,76
Pince	15,22	4,33
Doigt fixe	14,87	/

4.3. Malformation d'*Androctonus australis* (Linnaeus, 1758)

Cette femelle (**Photo. 08**) a été observée dans son biotope naturel présentant une morphologie corporelle normale à l'exception d'une malformation notable (élargissement) de la chélicère droite. Cette chélicère était anormalement positionnée à l'extérieur du côté droit du céphalothorax, à proximité des yeux latéraux.



Photo 08. *Androctonus australis*, femelle montrant un élargissement de la chélicère droite (Zouatine et *al.*, 2024 b).

5. Etude morphométrique des espèces du genre *Androctonus*

Dans cette étude biométrique, nous avons mesuré un total de 114 individus de scorpions. Parmi eux, 25 mâles et 25 femelles adultes d'*Androctonus australis* et *Androctonus amoreuxi*. En ce qui concerne *Androctonus aeneas*, l'échantillonnage était plus restreint, avec seulement 7 mâles et 7 femelles adultes en raison de la rareté de cette espèce durant nos collectes.

5.1. Variation du poids

Pour les mâles, *A. aeneas* présente un poids moyen de 1.46 g (± 0.11 g). En revanche, *A. amoreuxi* et *A. australis* affichent des poids moyens plus élevés, respectivement 2.35 g (± 0.29 g) et 2.47 g (± 0.32 g). Cette tendance se retrouve également chez les femelles : *A. aeneas* affiche un poids moyen de 1.86 g (± 0.11 g) et une plage de valeurs restreinte entre 1.70 g et 2.00 g, tandis que *A. amoreuxi* et *A. australis* affichent des poids moyens plus élevés, respectivement de 2.75 g et 2.72 g avec une plus grande dispersion des valeurs d'écarts-types de ± 0.25 g et ± 0.40 g (figure .26).

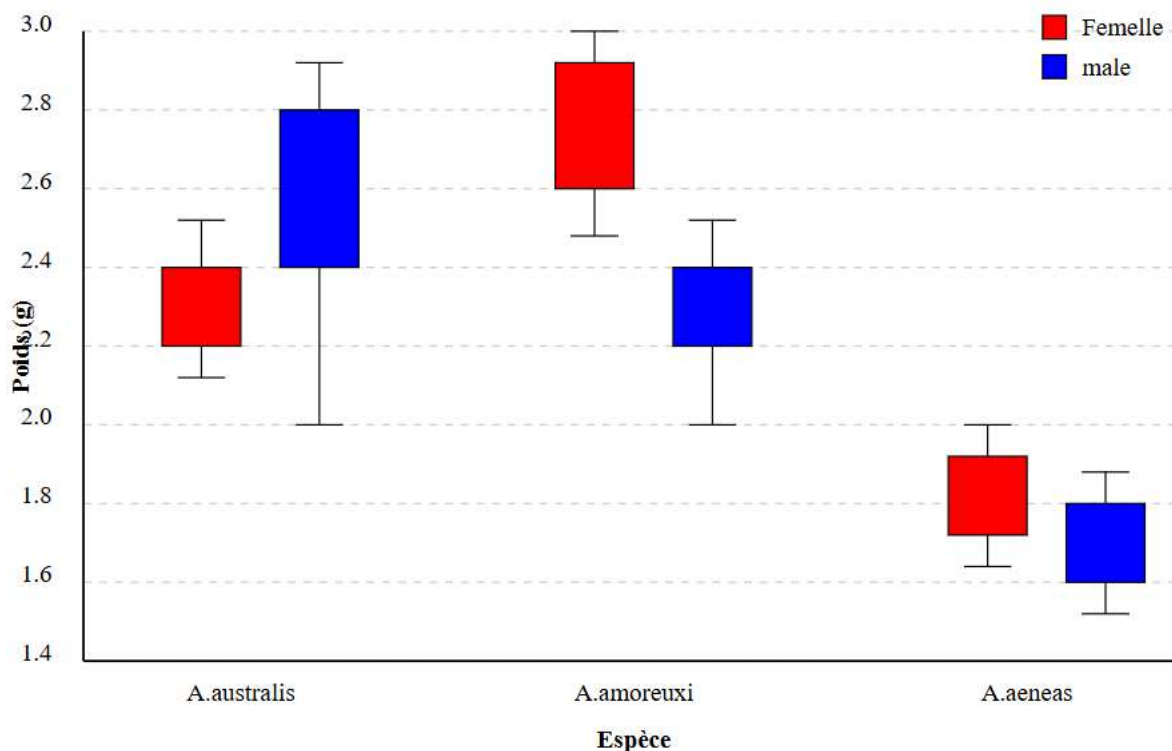


Figure 26. Variation des poids chez les espèces du genre *Androctonus*.

5.2. Variation de la longueur du prosoma

La figure 27 montre que les mâles d'*A. aeneas* possèdent un prosoma relativement court avec une moyenne de 0.90 cm (± 0.22). En revanche, *A. amoreuxi* et *A. australis* présentent des prosomas plus longs avec des moyennes respectives de 1.22 cm (± 0.18 cm) et 1.42 cm (± 0.08 cm). Cette tendance se retrouve également chez les femelles d'*A. aeneas* caractérisées par un court prosoma avec une moyenne de 0.94 cm (± 0.18 cm). En comparaison avec les femelles d'*A. amoreuxi* et *A. australis* qui présentent des prosomas plus longs respectivement avec des moyennes de 1.24 cm et 1.38 cm avec des écarts-types réduits de ± 0.17 cm et ± 0.08 cm témoignant d'une faible variabilité. Ainsi, indépendamment du sexe, *A. australis* se distingue par le prosoma le plus long et le plus homogène, suivi d'*A. amoreuxi* tandis que *A. aeneas* possède le prosoma le plus court et le plus variable.

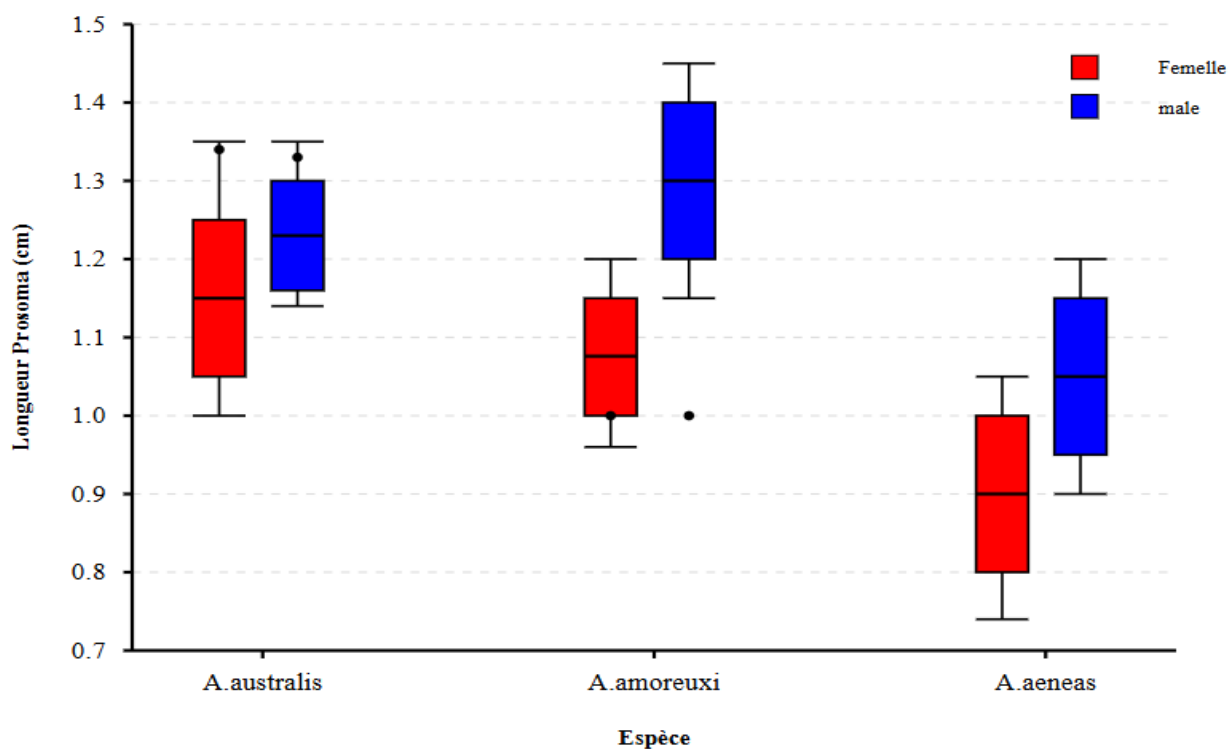


Figure 27. Variation de longueur du prosoma des 03 espèces d'*Androctonus* étudiées.

5.3. Variation de la longueur du mésosoma

Selon la **figure 28**, les mâles d'*A. aeneas* possèdent en moyenne un mésosoma relativement long de 1.72 cm (± 0.25 cm). Chez *A. amoreuxi* et *A. australis*, les mésosomas sont davantage plus longs, avec des moyennes respectives de 2.32 cm et 2.28 cm et des écarts-types similaires mais faibles, indiquant une stabilité de cette mensuration au sein de ces deux espèces. Cette tendance est également observée chez les femelles d'*A. aeneas* qui affichent un mésosoma plus court avec une moyenne de 1.68 cm (± 0.31 cm) et une plage de valeurs allant de 1.30 cm à 2.00 cm. De leur côté, *A. amoreuxi* et *A. australis* présentent des mésosomas plus longs respectivement avec des moyennes de 2.20 cm et 2.38 cm et des écarts-types modérés à faibles de ± 0.27 cm et ± 0.19 cm, témoignant d'une plus grande homogénéité chez *A. australis*. Indépendamment du sexe, *A. australis* possède le mésosoma le plus long et le plus stable, suivi d'*A. amoreuxi*, tandis que *A. aeneas* présente un mésosoma plus court et plus variable.

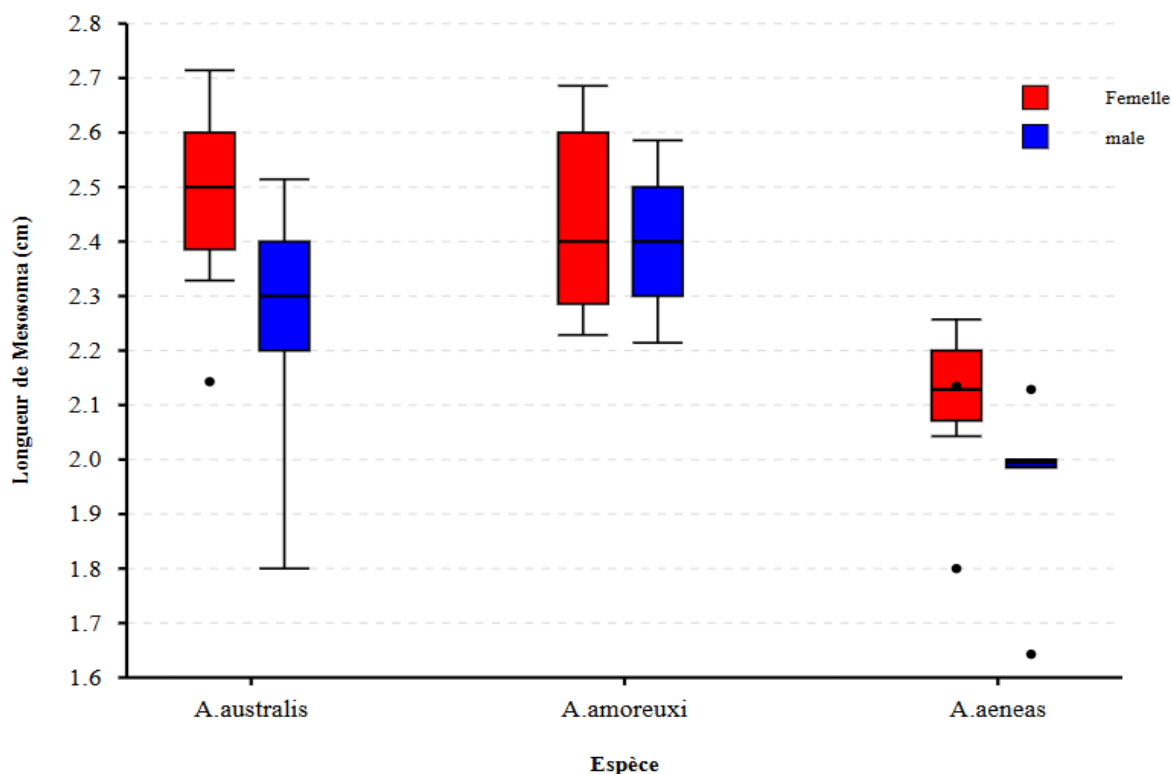


Figure 28. Variation de la longueur du mésosoma des 03 espèces d'*Androctonus* étudiées.

5.4. Variation de la longueur du métasoma

Les mâles d'*A. aeneas* présentent un métasoma à longueur moyenne modérée de 4 cm (± 0.45 cm). En revanche, *A. amoreuxi* possède le métasoma le plus long avec une moyenne de 5.90 cm et une faible variabilité d'écart-type de ± 0.16 cm ; tandis qu'*A. australis* affiche une moyenne de 5.54 cm et un écart-type de ± 0.54 cm indiquant une variabilité plus marquée (**figure 29**). Cette tendance se retrouve également chez les femelles d'*A. aeneas* qui possèdent un métasoma plus court avec une moyenne de 4.18 cm et une variabilité modérée à écart-type de ± 0.51 cm. Nous signalons également une plage de valeurs allant de 3.60 cm à 4.70 cm. Concernant *A. amoreuxi* et *A. australis*, ces deux espèces présentent des métasomas plus longs, respectivement de 5.60 cm et 4.76 cm en moyenne, avec des écarts-types respectifs plus faibles (± 0.35 cm et ± 0.43 cm).

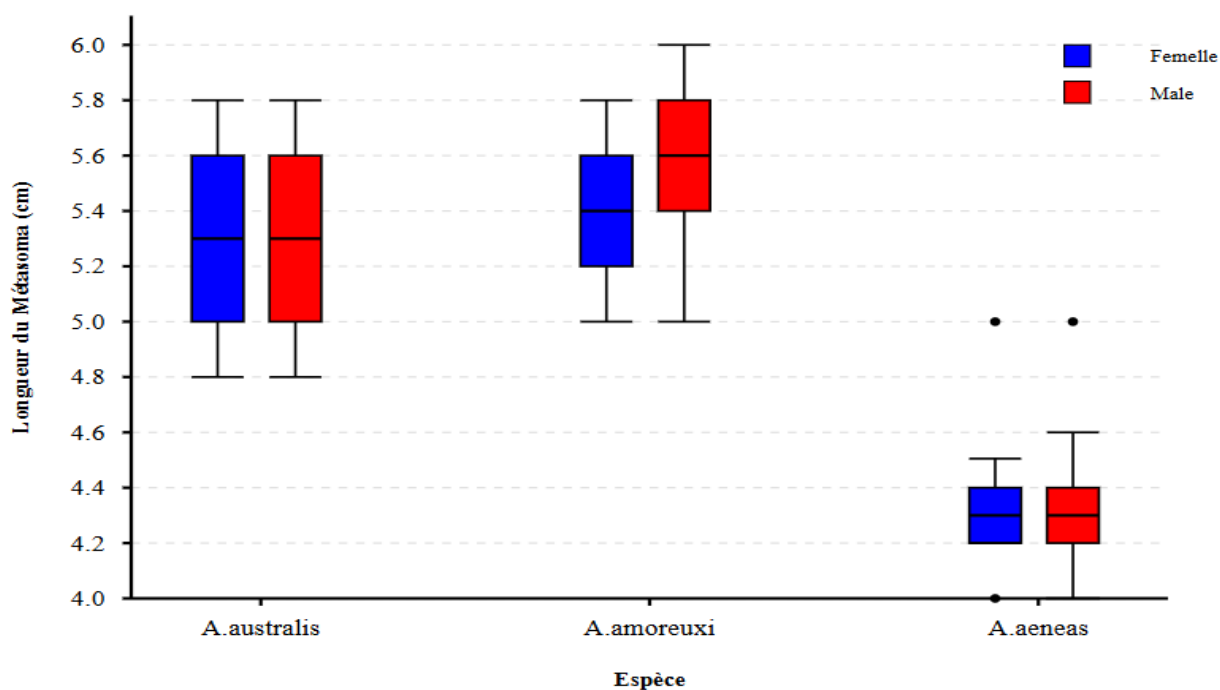


Figure 29. Variation de longueur du métasoma des 03 espèces d'*Androctonus* étudiées.

5.5. Variation de la longueur totale

La figure 30 montre que les mâles d'*A. aeneas* présentent une longueur totale moyenne de 6.46 cm (± 1.03 cm). En revanche, *A. amoreuxi* et *A. australis* sont plus grands avec des moyennes respectives de 9.44 cm et 9.24 cm et dont les écarts-types sont plus faibles (± 0.40 cm et ± 0.38 cm). Chez les femelles, *A. aeneas* conserve une longueur totale plus faible avec une moyenne de 6.80 cm et un écart-type de ± 0.98 cm et dont les tailles varient de 5.70 cm à 7.70 cm. Par contre, *A. amoreuxi* et *A. australis* affichent des longueurs moyenne totales plus importantes, respectivement 9.02 cm (± 0.44 cm) et 8.30 cm (± 0.70 cm).

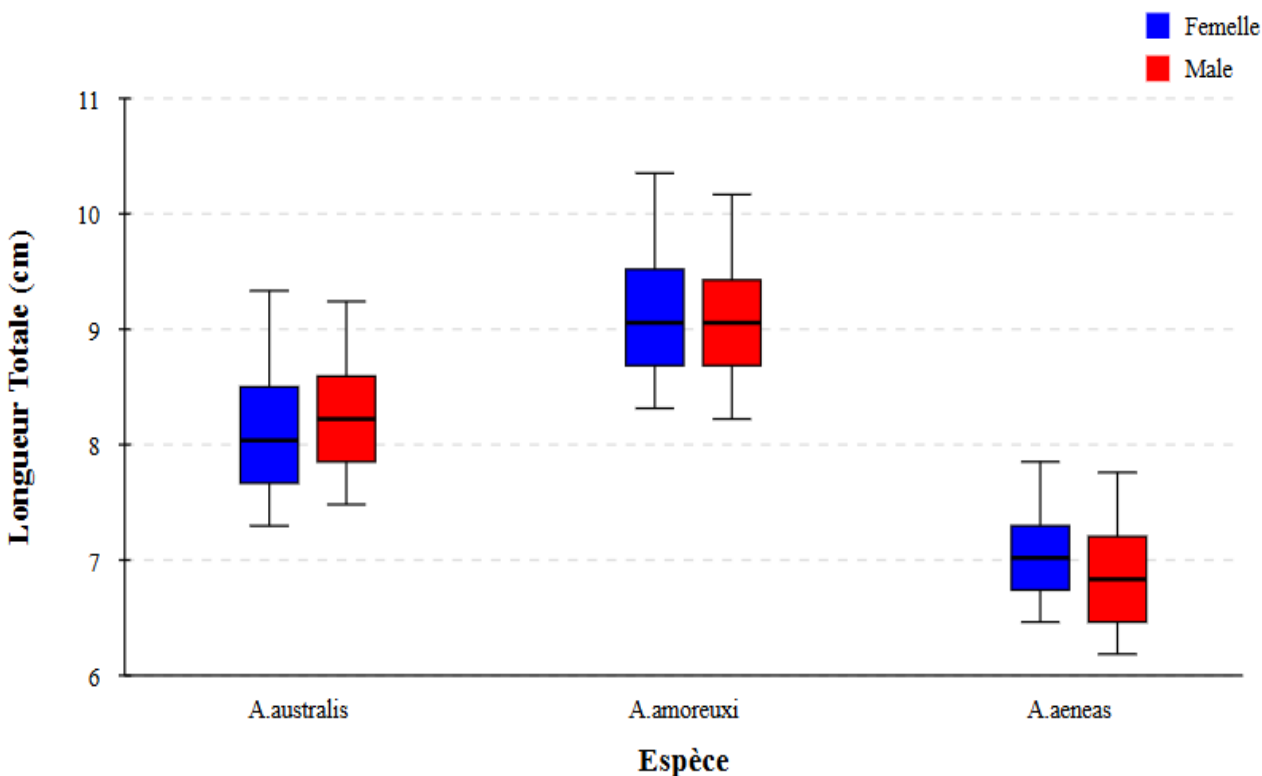


Figure 30. Variation de la longueur totale des 03 espèces d'*Androctonus* étudiées.

5.6. Analyse morphométrique

7.6.1 Analyse des corrélations entre les différentes parties chez les trois espèces

La figure 31 montre que l'analyse des corrélations entre les différentes mesures morphométriques des scorpions, révèle des relations significatives entre le poids et les longueurs corporelles. Le poids des individus est significativement corrélé à toutes les mesures de longueur avec des valeurs de corrélation allant de $r = 0.578$ pour la longueur du métasoma à $r = 0.725$ pour la longueur du mésosoma. La corrélation la plus forte est observée entre le poids et la longueur du mésosoma ($r = 0.725$, $p < 0.01$) suggérant que l'augmentation du poids est particulièrement influencée par cette région du corps. À l'inverse, la corrélation la plus faible, bien que toujours significative, est celle entre le poids et la longueur du métasoma ($r = 0.578$, $p < 0.01$) indiquant que cette partie du corps contribue relativement moins à la masse corporelle totale. Les différentes longueurs corporelles sont fortement corrélées entre elles ($r > 0.6$) ce qui est logique étant donné leur interdépendance morphologique. La plus forte corrélation est observée entre la longueur du métasoma et la longueur totale ($r = 0.947$, $p < 0.01$) mettant en évidence le rôle prépondérant du métasoma dans la variation de la longueur totale. De même, la longueur du prosoma est fortement corrélée à la longueur totale ($r = 0.761$, $p < 0.01$) soulignant son influence sur la taille globale des individus.

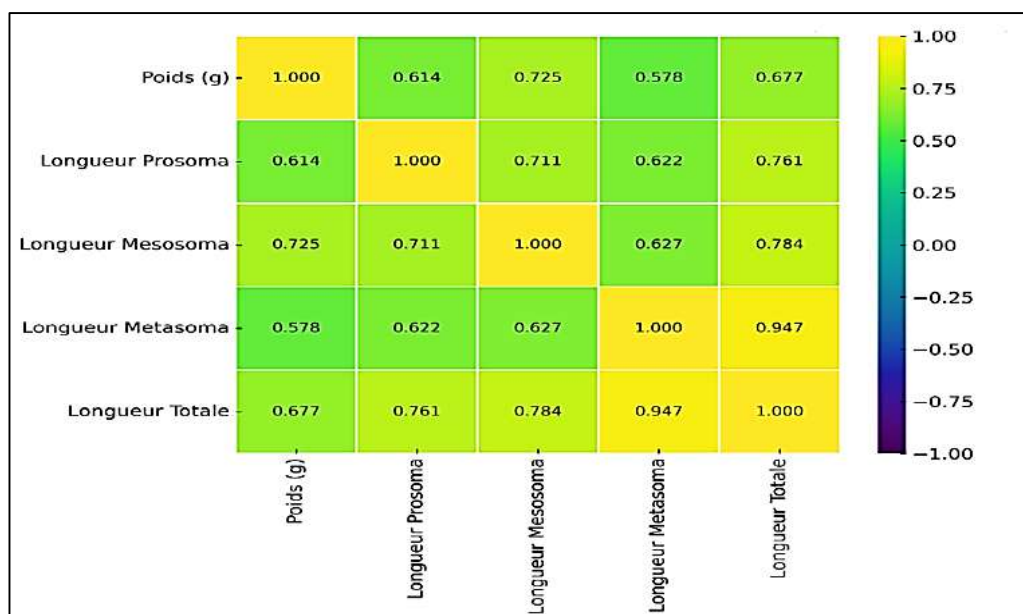


Figure 31. Corrélations entre les différentes parties chez les 03 espèces.

5.6.2 ANOVA à deux facteurs (Effets combinés de l'espèce et du sexe)

L'analyse de variance ANOVA à deux facteurs a été réalisée afin d'évaluer l'effet de l'espèce et du sexe et de leur interaction sur les variables morphométriques (Poids, Longueur du Prosoma, Longueur du Mesosoma, Longueur du Metasoma et Longueur Totale) chez les 03 espèces de scorpions. L'effet de l'espèce est hautement significatif ($F = 37.87$, $p = 3.76e-08$) indiquant une différence substantielle du poids moyen entre les espèces étudiées. Le facteur sexe a également un effet significatif ($F = 12.52$, $p = 1.67e-03$) suggérant une différence de poids entre mâles et femelles. En revanche, l'interaction entre l'espèce et le sexe n'est pas significative ($F = 0.25$, $p = 0.78$) ce qui implique que la différence de poids entre les sexes est cohérente à travers les espèces sans effet combiné spécifique. L'effet de l'espèce est significatif ($F = 22.67$, $p = 3.00e-06$) montrant des différences interspécifiques dans la longueur du prosoma. Cependant l'effet du sexe ($F = 0.01$, $p = 0.91$) et l'interaction espèce-sexe ($F = 0.17$, $p = 0.85$) ne sont pas significatifs. L'espèce influence significativement la longueur du mésosoma ($F = 20.74$, $p = 6.00e-06$) indiquant des différences morphologiques marquées entre les espèces. Cependant, l'effet du sexe ($F = 0.05$, $p = 0.82$) et l'interaction ($F = 0.54$, $p = 0.59$) ne sont pas significatifs et suggérant une absence de dimorphisme sexuel notable pour cette variable. L'effet de l'espèce est très significatif ($F = 38.96$, $p = 2.90e-08$) et démontre des différences notables entre espèces en ce qui concerne la longueur du metasoma. L'effet du sexe est proche du seuil de significativité ($F = 3.72$, $p = 0.066$). De plus, l'interaction espèce-sexe est non significative ($F = 3.18$, $p = 0.060$) ce qui pourrait indiquer une légère variation de l'effet du sexe selon l'espèce. L'effet de l'espèce est hautement significatif ($F = 38.56$, $p = 3.20e-08$) montrant des différences substantielles de taille entre les espèces étudiées. Cependant, l'effet du sexe n'est pas significatif ($F = 1.74$, $p = 0.20$) ce qui montre que la longueur totale ne varie pas de manière significative entre mâles et femelles. De même, l'interaction espèce-sexe n'est pas significative ($F = 2.07$, $p = 0.15$) suggérant que l'effet du sexe est globalement similaire entre les espèces. Les résultats de test ANOVA à deux facteurs sont récapitulés dans le **tableau 08**

Tableau 08. Résultats de test ANOVA à deux facteurs.

Variable	Effet	Sum Sq	df	F	p-value
Poids	Espèce	5.5586	2	37.87	3.76e-08
	Sexe	0.9188	1	12.52	1.67e-03
	Interaction	0.0360	2	0.25	0.78
Longueur Prosoma	Espèce	1.1847	2	22.67	3.00e-06

	Sexe	0.0003	1	0.01	0.91
	Interaction	0.0087	2	0.17	0.85
Longueur Mesosoma	Espèce	2.3847	2	20.74	6.00e-06
	Sexe	0.0030	1	0.05	0.82
	Interaction	0.0620	2	0.54	0.59
Longueur Metasoma	Espèce	14.1307	2	38.96	2.90e-08
	Sexe	0.6750	1	3.72	0.066
	Interaction	1.1520	2	3.18	0.060
Longueur Totale	Espèce	38.504	2	38.56	3.20e-08
	Sexe	0.8670	1	1.74	0.20
	Interaction	2.0720	2	2.07	0.15

5.6.3 ANOVA à un facteur (Effet de l'espèce uniquement)

L'ANOVA à un facteur a révélé un effet hautement significatif de l'espèce sur toutes les variables morphométriques étudiées (**tableau 09**). La longueur totale présente la plus forte différence entre espèces ($F = 34.83$, $p = 3.33\text{e-}08$) suivie par la longueur du métasoma ($F = 30.87$, $p = 1.06\text{e-}07$), le poids corporel ($F = 27.63$, $p = 2.94\text{e-}07$), la longueur du prosoma ($F = 25.14$, $p = 6.83\text{e-}07$) et la longueur du mésosoma ($F = 22.28$, $p = 2.00\text{e-}06$). Ces résultats indiquent des différences morphologiques significatives entre les espèces.

Tableau 09. Résultats de test ANOVA à un facteur

Variable	Sum Sq (Espèce)	df (Espèce)	F	p-value
Poids	5.5586	2	27.63	2.94e-07
Longueur Prosoma	1.1847	2	25.14	6.83e-07
Longueur Mesosoma	2.3847	2	22.28	0.000002
Longueur Métasoma	14.1307	2	30.87	1.06e-07
Longueur Totale	38.504	2	34.83	3.33e-08

6. Etude phénologique des espèces

Cette étude a pour but de distinguer les différents stades phénologiques des espèces du genre *Androctonus* recensées dans la région de Ghardaïa, à travers le suivi annuel d'un total de 727 individus répartis comme suit : 18 spécimens d'*Androctonus aeneas*, 362 d'*Androctonus amoreuxi* et 382 d'*Androctonus australis*.

Le suivi a pris en compte le nombre de mâles, de femelles et de juvéniles. Il s'est concentré principalement sur trois aspects phénologiques majeurs, à savoir la période d'accouplement, la diapause hivernale et la mise bas.

6.1. *Androctonus aeneas* Koch, 1839

La figure 32 illustre la variation mensuelle du nombre d'individus d'*Androctonus aeneas* observés selon le sexe et la classe d'âge juvénile. Nous observons une activité quasi nulle en janvier et février pour toutes les catégories. En mars et avril, un faible nombre d'individus apparaît avec 1 mâle et 1 femelle en mars, suivi d'un léger déclin en avril 1 mâle seulement. L'activité augmente en juin et juillet, avec un pic maximal en juillet où l'on enregistre 3 femelles et 1 mâle. Les juvéniles ne sont détectées qu'en septembre et en octobre avec 1 individu par mois. Après un creux en août, on note une seconde période d'activité en septembre et octobre, marquée par 2 femelles en septembre et 1 mâle et 1 femelle en octobre. Enfin, à partir de novembre l'activité redevient quasi nulle.

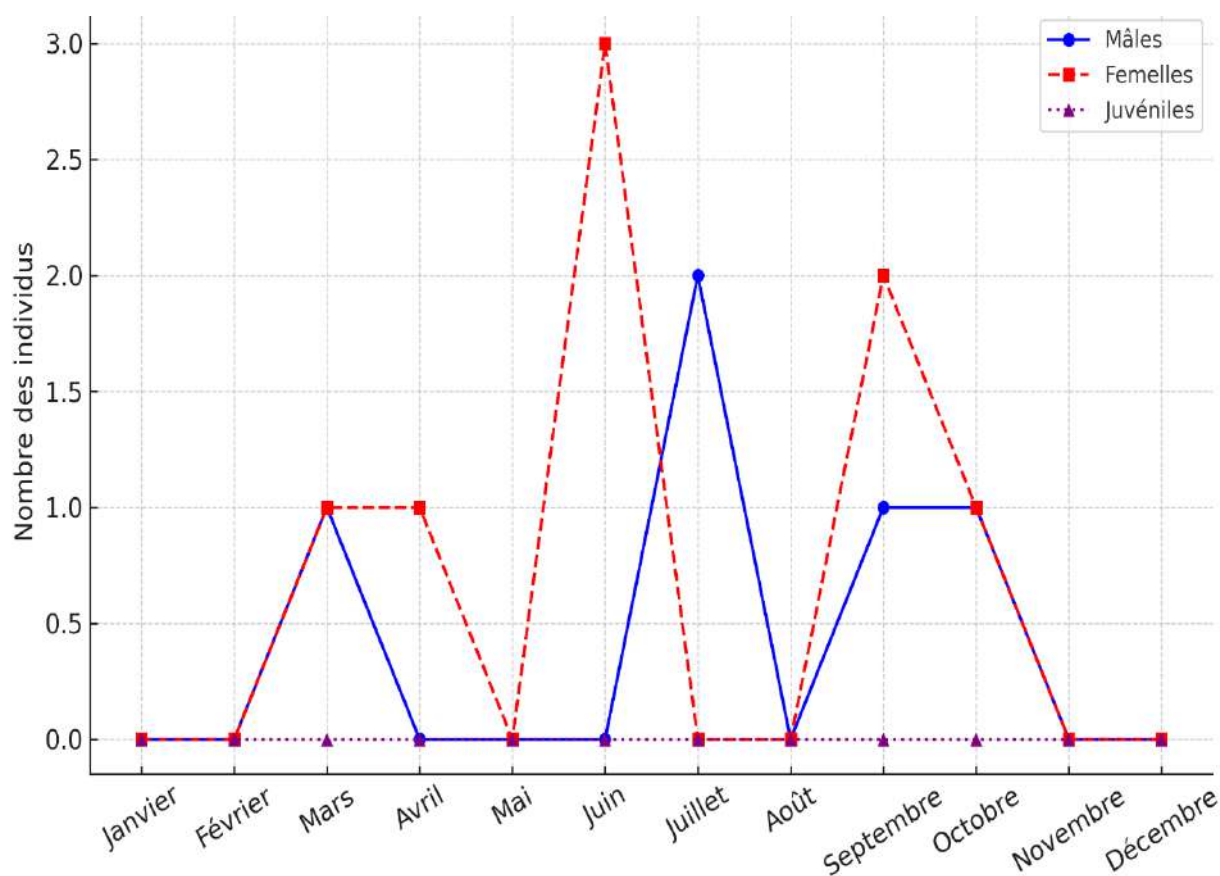


Figure 32. Phénologie mensuelle d'*Androctonus aeneas* Koch, 1839.

6.2. *Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826)

L'analyse mensuelle des effectifs d'*Androctonus amoreuxi* révèle une activité minimale en hiver avec seulement un mâle et deux femelles et aucune juvénile en janvier ; une absence de mâles et 6 femelles recensées en février (**Figure .33**). Dès le mois de mars, une légère reprise est observée avec 2 mâles, 8 femelles et aucune juvénile, suivie d'une augmentation modérée en avril (5 mâles, 3 femelles et 4 juvéniles). En mai, la hausse se poursuit avec 7 mâles, 18 femelles et 5 juvéniles. En juin, début de la saison estivale, le nombre augmente rapidement avec 13 mâles, 47 femelles et 8 juvéniles. En juillet, les effectifs demeurent élevés (15 mâles, 32 femelles et 5 juvéniles). Une diminution est constatée en août avec 12 mâles, 21 femelles et 8 juvéniles. En septembre, un second pic est enregistré avec 25 mâles, 43 femelles et 14 juvéniles ; suivi d'une diminution progressive en octobre (13 mâles, 17 femelles et 6 juvéniles). Au mois de novembre 4 mâles, 10 femelles et 2 juvéniles ont été observés, alors qu'en décembre, les effectifs chutent à 1 mâle, 5 femelles et aucune juvénile (**Figure 33**).

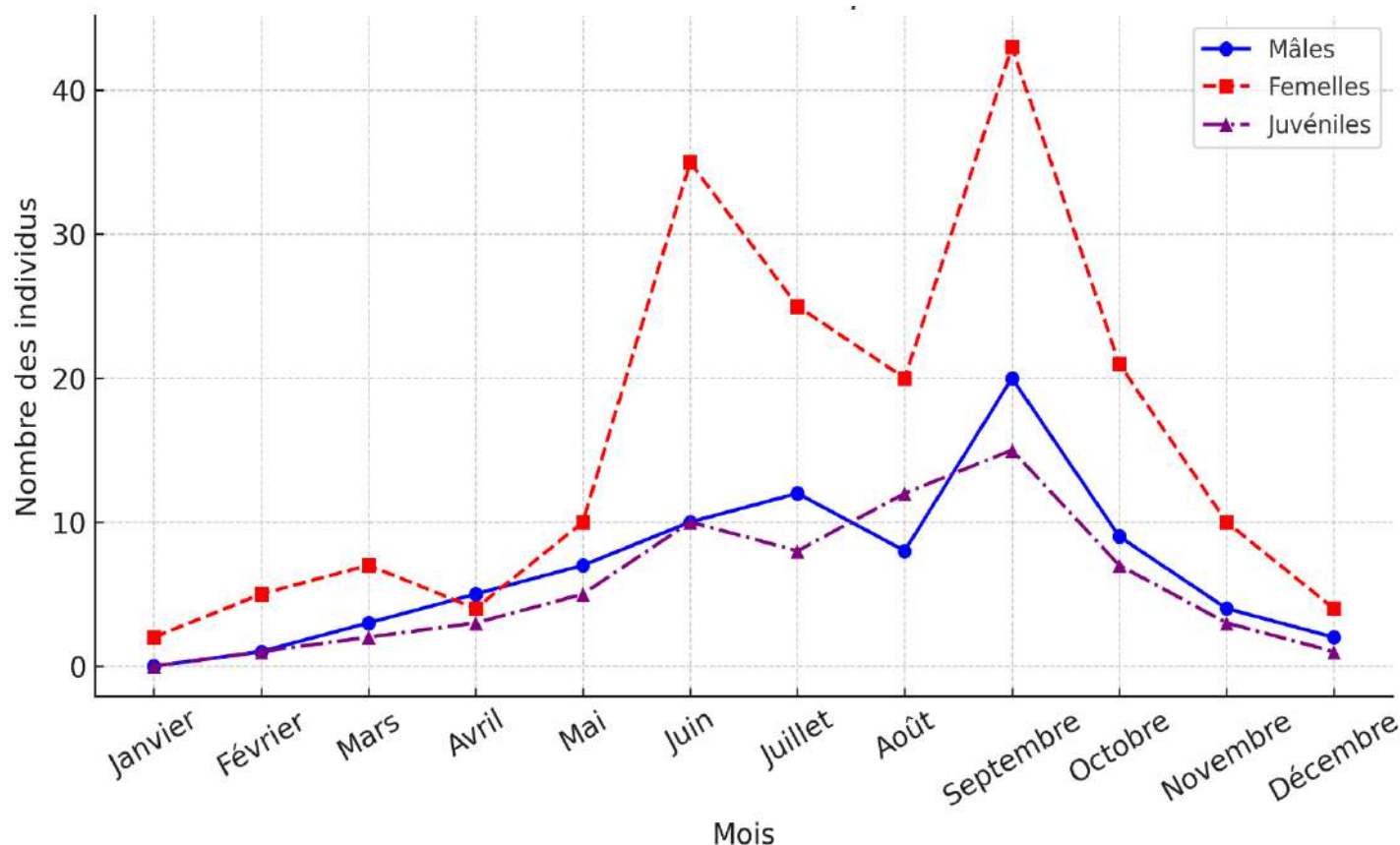


Figure 33. Phénologie mensuelle d'*Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826).

6.3. *Androctonus australis* (Linnaeus, 1758)

Le suivi phénologique d'*Androctonus australis* (**Figure .34**) montre une activité minimale en janvier dont les valeurs sont faibles (mâles : 0, femelles : 3, juvéniles : 0) puis une légère augmentation en février (mâles : 1, femelles : 3, juvéniles : 1). Le mois de mars enregistre des valeurs plus élevées avec 3 mâles, 7 femelles et 1 juvénile. En avril, une hausse notable est observée (mâles : 8, femelles : 5, juvéniles : 3) indiquant un pic modéré. En mai, l'activité atteint des niveaux relativement importants (6 mâles, 22 femelles et 4 juvéniles). En juin, nous avons relevé 12 mâles, 34 femelles et 10 juvéniles. Juillet montre une légère diminution (mâles : 9, femelles : 21, juvéniles : 9), suivi par le mois d'août avec 5 mâles, 26 femelles et 13 juvéniles. Le mois de septembre marque un retour des effectifs avec 19 mâles, 19 femelles et 11 juvéniles). Une diminution en octobre est constatée (mâles : 4, femelles : 10, juvéniles : 6) mais également en novembre (mâles: 2, femelles: 3, juvéniles: 1). Les valeurs enregistrées en décembre sont quasi nulles (mâles : 0, femelles : 1, juvéniles : 0).

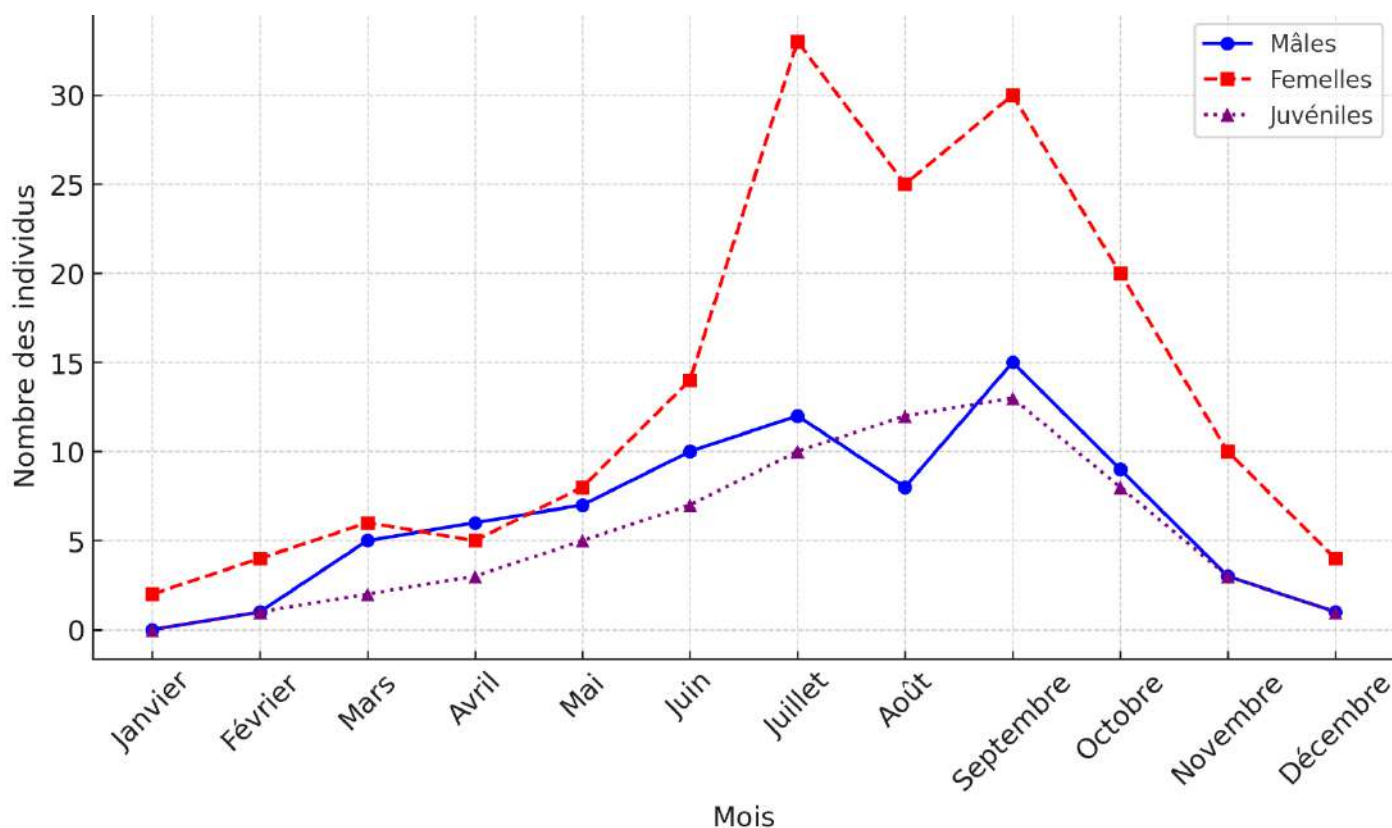


Figure 34. Phénologie mensuelle d'*Androctonus australis* (Linnaeus, 1758).

7. Etude du comportement alimentaire des espèces

Dans cette étude, nous avons évalué le comportement alimentaire selon la préférence de la proie chez deux espèces du genre *Androctonus* dans les conditions de laboratoire. Nous avons sélectionné *A. amoreuxi* et *A. australis* en raison de leur forte représentation dans notre échantillonnage.

Les proies utilisées pour ce test étaient soit naturellement présentes sur le site d'étude soit élevées en laboratoire. Le **tableau 10** présente la liste des espèces proies sélectionnées.

Tableau 10. Espèces proies utilisées chez *A. amoreuxi* et *A. australis*.

Espèces proies	Classe/Ordre	Famille	Stade	Activités	Disponibilité
<i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus, 1758	Insecta / Coléoptères	Tenebrionidae	Larve	Diurne, nocturne	***(#)
<i>Pimelia angulata</i> Fabricius, 1775	Insecta / Coléoptères	Tenebrionidae	Adulte	Diurne, nocturne	***
<i>Gomphocerinae</i> sp	Insecta / Orthoptères	Acrididae	Adulte	Diurne	**
<i>Mantis religiosa</i> (Linnaeus, 1758)	Insecta / Mantoptères	Mantidae	Adulte	Diurne, nocturne	*
<i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758)	Insecta / Blattoptères	Blattidae	Adulte	Nocturne	***
<i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1825)	Arachnida / Scorpions	Buthidae	Adulte	Nocturne	***(#)
<i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	Arachnida / Scorpions	Buthidae	Adulte	Nocturne	***(#)
*** très abondant, ** moyennement abondant, * rare, (#) élevage en laboratoire					

7.1. Interaction inter-gilde

Dans cette étude de comportement alimentaire inter-gilde (**photo 09**), nous avons analysé les interactions prédatrices entre différentes espèces de scorpions (*A.australis* et *A .amoureuxi*) et les cinq différentes espèces proies (*Tenebrio molitor*, *Pimelia angulata*, *Gomphocerinae* sp, *Mantis religiosa* et *Periplaneta americana*).



Photo 09. Scorpion en pleine chasse A :(*A.amoureuxi*× *Pimelia angulata*), B :(*A. australis* × *Mantis religiosa*), C :(*A. australis* × *Tenebrio molitor*), D :(*A.amoureuxi* × *Mantis religiosa*).

7.1.1 Variation du temps de fixation et d'attaque

La figure 35 montre que le temps d'attaque et de fixation des deux espèces de scorpions varie considérablement en fonction des espèces proies. Parmi celles-ci, *Tenebrio molitor* et *Periplaneta americana* sont plus ou moins rapidement attaquées par *A. amoreuxi* et *A. australis* dans un laps de temps compris entre 5 et 46 minutes. En revanche, le temps de fixation pour *Mantis religiosa* et *Gomphocerinae sp* varie entre 55 et 160 minutes pour les deux espèces de scorpions. À l'opposé, *Pimelia angulata* est attaquée et fixée après une période beaucoup plus longue allant de 120 à 405 minutes (de 2 à 7h environ). Donc le temps nécessaire pour attaquer et fixer les différentes proies est variable. Dès que la proie est introduite dans le terrarium, les deux espèces de scorpions *A. amoreuxi* et *A. australis* se préparent à l'attaque en adoptant une posture d'alerte : ils ouvrent leurs pinces et relèvent leur queue dès qu'ils perçoivent la présence de la proie. Ce comportement peut changer, où parfois ils utilisent à la fois leurs pédipalpes et leur telson pour capturer et fixer leur proie et d'autres fois ils s'attachent à leur proie uniquement à l'aide de leurs chélicères.

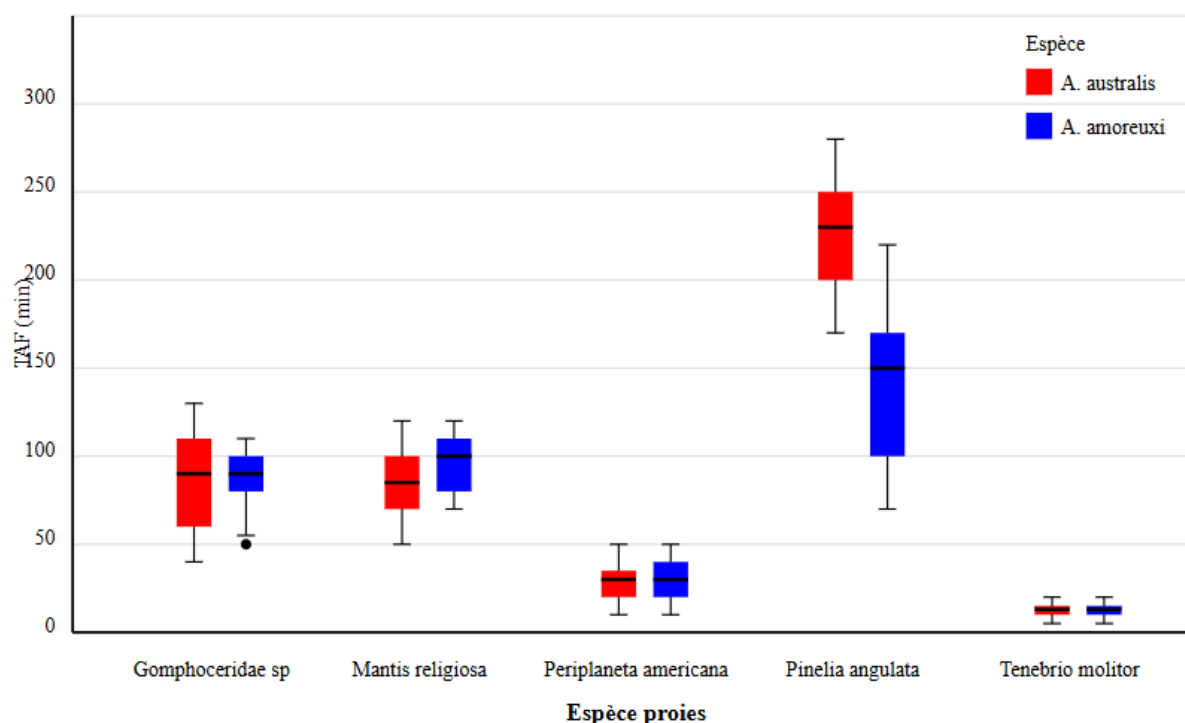


Figure 35. Temps de fixation des différentes espèces proies (TAF) par les deux espèces de scorpions du genre *Androctonus*.

7.1.2 Variation du nombre des piqûres

Les résultats du comptage du nombre de piqûres nécessaires pour fixer la proie (**Figure 36**) ont montré que cela variait d'une à six piqûres. L'*A. amoreuxi* est très agressif, piquant souvent plus de cinq fois, comparé à *A. australis* qui pique en moyenne trois fois. La proie *Pimelia angulata* est la plus attaquée avec un nombre élevé de piqûres variant entre 2 et 6 pour les deux espèces de scorpions. Les autres proies telles que *Gomphocerinae sp*, *Mantis religiosa* et *Periplaneta americana* sont également fortement attaquées par *A. amoreuxi*. Mais *T. molitor* est la proie la moins attaquée par les deux espèces de scorpions (de 1 à 2 piqûres).

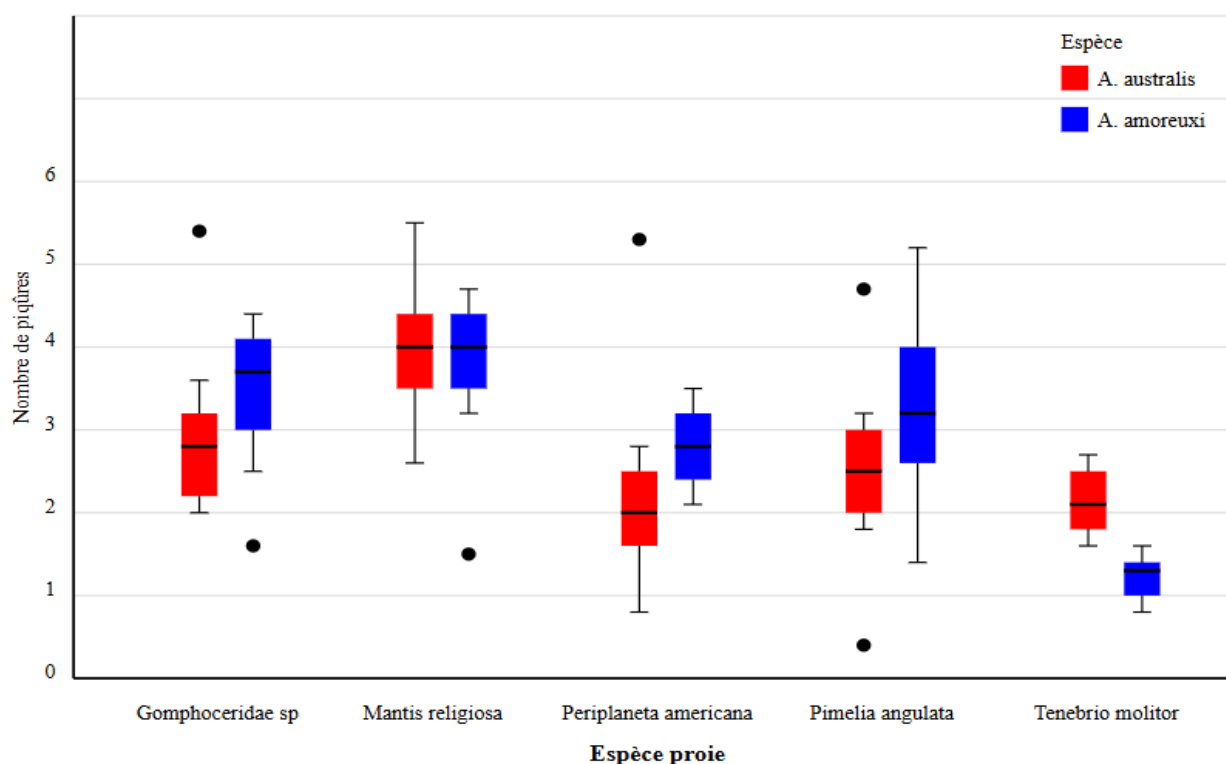


Figure 36. Variations du nombre de piqûres des proies par *A. amoreuxi* et *A. australis*.

7.1.3. Variation du temps de voracité

Les résultats (**Figure.37**) montrent que le temps de voracité (VT) des différentes espèces de proies est variable pour les deux espèces de scorpions. Les larves de *Tenebrio molitor* sont rapidement consommées par les deux espèces de scorpions, avec un temps de consommation de 8 à 15 minutes.

Pour *Periplaneta americana*, le temps de consommation varie entre 15 et 40 mn. Les proies *Gomphocerinae sp.* et *Mantis religiosa* présentent des temps de consommation variant de 30 à 90 mn. Cependant, pour *Pimelia angulata*, le temps de consommation est plus long que les autres espèces proies, variant de 35 à 82 mn pour *A. australis* et de 35 à 120 mn pour *A. amoreuxi*.

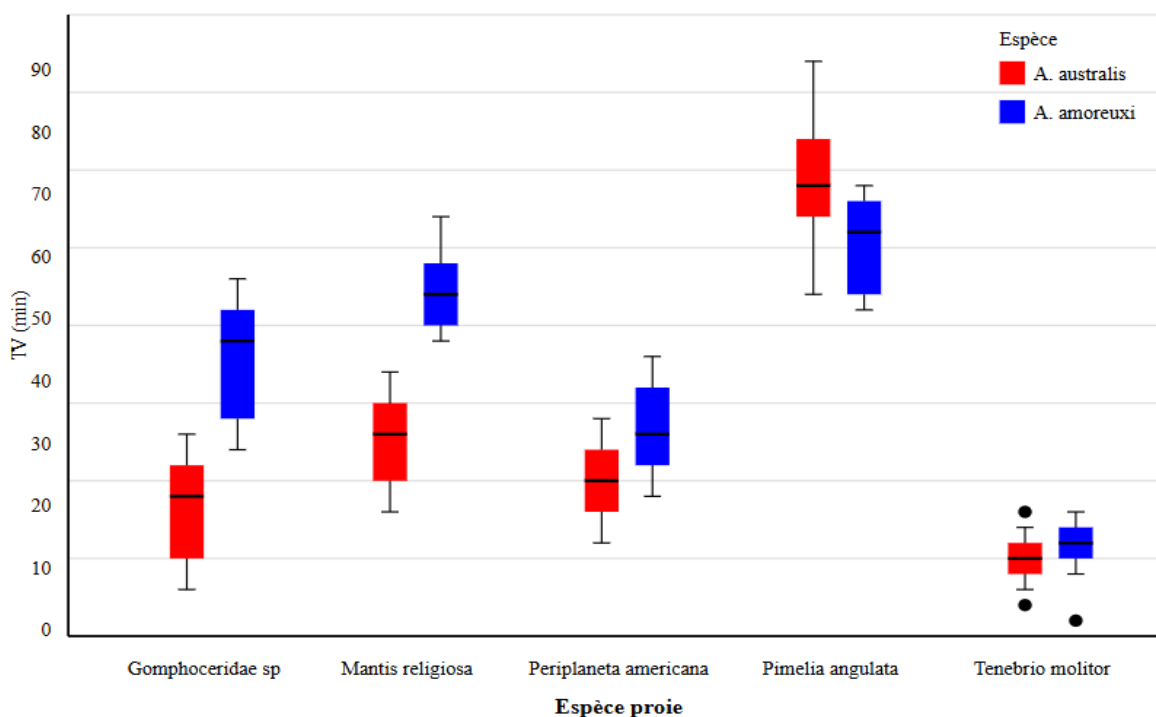


Figure 37. Variations du temps de voracité (VT) dans l'interaction inter-guildes chez *A. amoreuxi* et *A. australis*.

7.1.4 Suivi du taux de consommation et du reste des proies

La figure 38 représente l'analyse des pourcentages de consommation des proies (PPC) et des restes de proies (PR). Elle révèle des différences marquées entre les deux espèces de scorpions *A. amoreuxi* et *A. australis* selon les proies consommées. Globalement, *A. australis* présente un pourcentage de consommation plus élevé en comparant avec *A. amoreuxi*. Pour la proie *Pimelia angulata*, *A. amoreuxi* laisse 66,7% de restes, tandis que *A. australis* laisse 68,1% indiquant une faible consommation (PPC = 33,3 % et 31,9 %, respectivement). Une tendance similaire est observée pour la proie *Gomphocerinae sp* où *A. amoreuxi* affiche un pourcentage de reste de 62,2 % contre 37,8% pour *A. australis*. La consommation de cette proie est plus importante (PPC = 77,4% et PR=22,6% respectivement). Concernant la proie *Mantis religiosa*, *A. amoreuxi* consomme 65,3 % de la biomasse tandis que *A. australis* atteint 76,1 %. La consommation est plus prononcée pour *Periplaneta americana* avec un PPC de 92,8 % chez *A. amoreuxi* et 87,2 % chez *A. australis* laissant très peu de restes (PR = 7,2 % et 12,8 %, respectivement). Enfin, la proie *Tenebrio molitor* est totalement consommée par les deux espèces (PPC = 100 %, PR = 0 %).

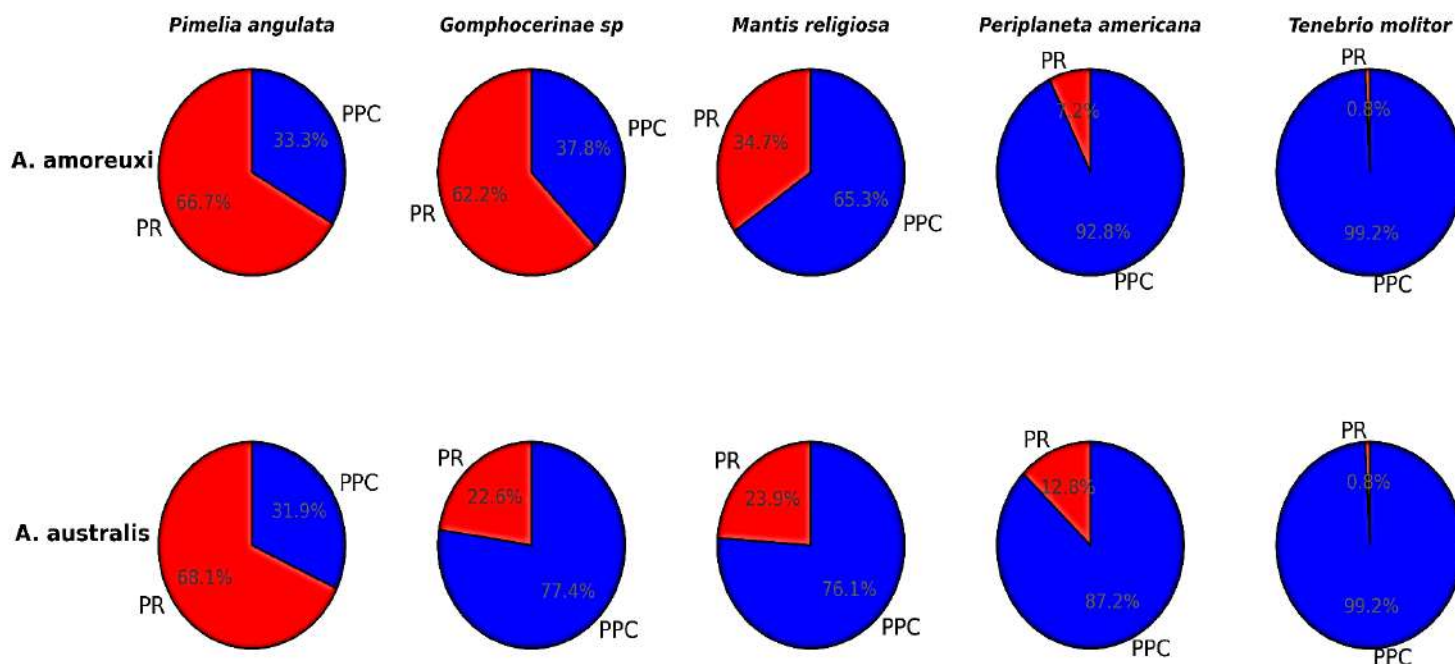


Figure 38. Variation des taux de consommation et des restes de proies chez *A. amoreuxi* et *A. australis* .

Nos observations indiquent que les scorpions n'ont pas besoin de consommer entièrement leurs proies pour être rassasiés. Les restes des proies sont principalement composés de carapaces, d'ailes, de pattes et de fragments de têtes qui constituent généralement des résidus durs et peu digestes. Le **tableau 11** illustre la variation des moyennes des poids et des tailles des espèces proies ainsi que le taux moyen de consommation par chaque espèce de scorpion.

Tableau 11. Variations des moyennes des poids, des tailles et de la consommation des espèces proies.

Espèces de scorpions	Espèces proies	MIPW (g)	MPWAP (g)	PC (g)	PPC (%)	PS (mm)
<i>A. amoureuxi</i>	<i>Pimelia angulata</i>	1,47 ± 0,04	0,98 ± 0,04	0,49 ± 0,06	33,33%	26,00 ± 1,60
	<i>Gomphocerinae</i> sp.	1,11 ± 0,10	0,26 ± 0,03	0,42 ± 0,06	37,84%	25,06 ± 0,90
	<i>Mantis religiosa</i>	1,11 ± 0,12	0,39 ± 0,09	0,71 ± 0,05	63,96%	41,40 ± 2,01
	<i>Periplaneta americana</i>	0,48 ± 0,04	0,03 ± 0,01	0,45 ± 0,05	93,75%	24,45 ± 2,55
	<i>Tenebrio molitor</i>	0,14 ± 0,01	00,00	0,14 ± 0,01	100%	12,84 ± 0,75
<i>A. australis</i>	<i>Pimelia angulata</i>	1,66 ± 0,22	1,01 ± 0,16	0,53 ± 0,08	31,93%	25,20 ± 1,04
	<i>Gomphocerinae</i> sp.	0,77 ± 0,17	0,21 ± 0,05	0,55 ± 0,06	77,42%	22,06 ± 0,63
	<i>Mantis religiosa</i>	1,13 ± 0,23	0,26 ± 0,09	0,86 ± 0,13	76,10%	40,74 ± 2,43
	<i>Periplaneta americana</i>	0,47 ± 0,04	0,05 ± 0,02	0,41 ± 0,05	87,23%	25,51 ± 2,96
	<i>Tenebrio molitor</i>	0,21±0,040	00,00	0,21±0,040	100%	13,46 ± 0,97
MIPW : moyenne du poids initial des proies (g), MPWAP : moyenne du poids des proies restantes après la prédation (g), PC : moyenne du poids des proies consommées (g), PPC : pourcentage de proies consommées (%), et PS : taille moyenne des proies (mm).						

7.2. Cannibalisme et interaction intra-gilde

Dans cette étude sur le comportement alimentaire intra-gilde, nous avons analysé les interactions de cannibalisme entre les deux espèces *Androctonus amoreuxi* et *Androctonus australis*, ainsi que les interactions de prédation entre elles (**Photo 10**).



Photo 10. Cannibalisme et prédation intra-gilde chez les scorpions A :(*A.amoreuxi* × *A.amoreuxi*), B et C :(*A.amoreuxi* × *A .australis*).

7.2.1. Variation de temps de fixation et d'attaque dans le cas de prédation intra-gilde

Nos résultats sur le cannibalisme et les interactions intra-gilde entre les deux espèces *Androctonus australis* et *Androctonus amoreuxi* sont rapportés dans la **figure 39**.

Le temps d'attaque et de fixation varie entre les deux espèces étudiées et les durées d'attaque sont relativement longues par rapport aux interactions inter-guildes. *Androctonus amoreuxi* se révèle très cannibale, montrant un temps d'attaque et de fixation court, entre 285 mn > et 890 mn sur une proie. En revanche, dans le cas d'une interaction intra-gilde, *Androctonus australis* présente un temps de prédation très rapide, attaquant et fixant *Androctonus amoreuxi* en un temps réduit. Son temps de fixation et d'attaque est compris entre 175 et 630 minutes.

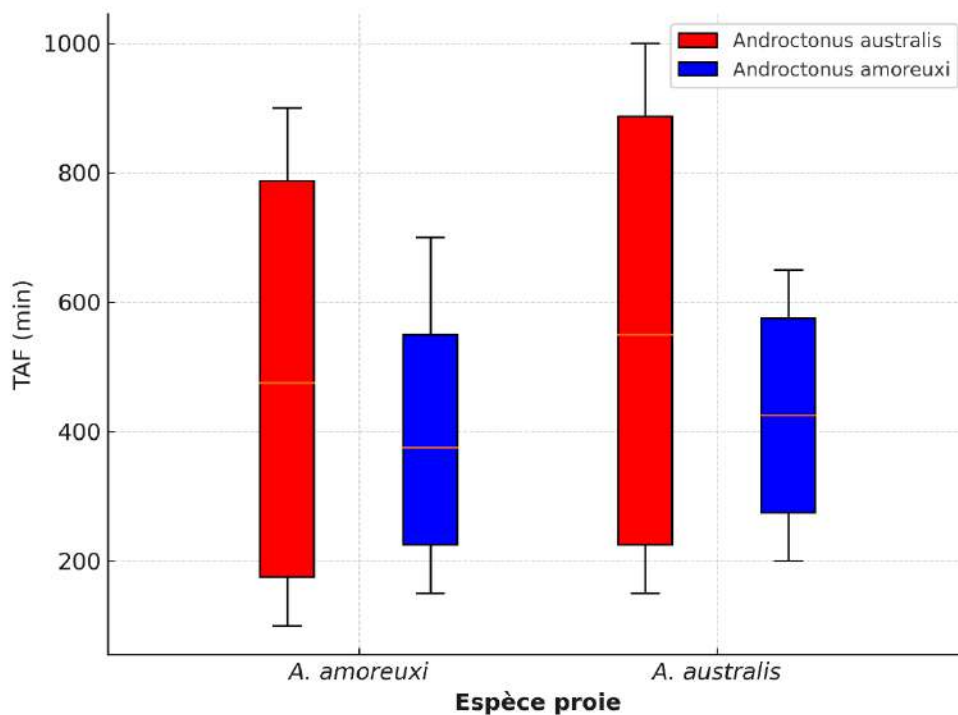


Figure 39. Variation du temps de fixation et d'attaque entre les différentes espèces de scorpions.

7.2.2. Variation du nombre de piqures dans le cas de la prédation intra-gilde

Même dans le cas de cannibalisme et de prédation intra-gilde, les scorpions utilisent leur venin pour paralyser les autres scorpions. Nos résultats sur le nombre de piqûres entre les deux espèces de scorpions sont consignés dans la **figure 40**.

Le nombre de piqûres varie selon l'espèce dans les interactions cannibales. *A. amoreuxi* inflige entre 4 et 7 piqûres, tandis que *A. australis* en administre entre 1 et 5.

En cas de prédation intragilde, *A. amoreuxi* pique entre 3 et 7 fois alors que *A. australis* effectue entre 2 et 4 piqûres.

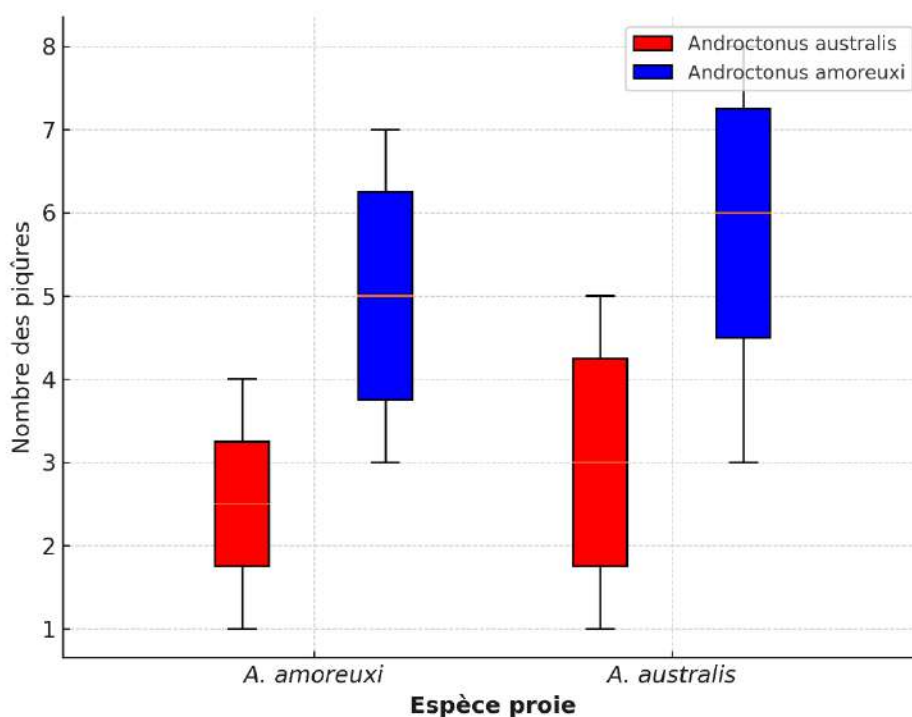


Figure 40. Variation du nombre de piqûres entre les deux espèces de scorpions.

7.2.3. Variation du temps de voracité dans le cas d'une prédation intra-guilde

Les résultats de notre étude résumés dans la **figure 41** mettent en évidence le temps nécessaire à un scorpion pour consommer un autre scorpion .

Dans le cadre du cannibalisme, le temps de voracité chez les deux espèces d'*Androctonus* varie entre 10 et 180 minutes, avec une durée plus courte chez *A. amoreuxi* ($58,00 \pm 49,699$ minutes) par rapport à *A. australis* ($69,00 \pm 69,946$ minutes).

De même, lors des interactions intra-guildes, la période de voracité s'étale entre 20 et 95 minutes, *A. amoreuxi* affichant un temps légèrement plus court ($53,00 \pm 24,135$ minutes) que *A. australis* ($53,00 \pm 32,711$ minutes).

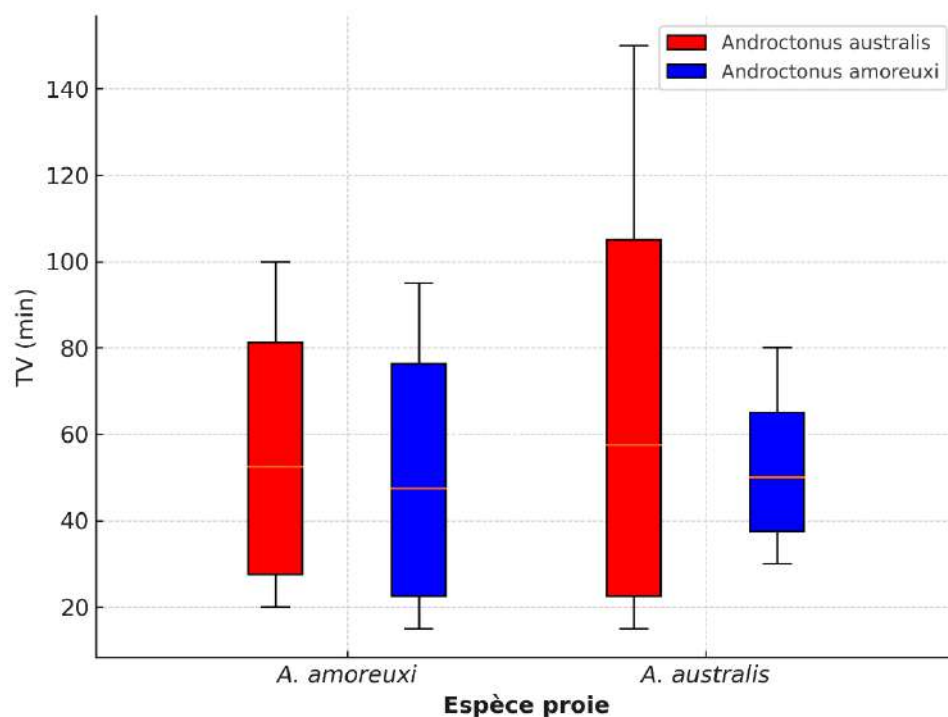


Figure 41. Variation du temps de voracité chez les deux espèces de scorpions

7.2.4. Suivi du taux de consommation des proies chez les scorpions dans le cas d'une prédation intra-guilde

La **figure 42** illustre la variation du taux de consommation proie (PPC) et du taux de restes non consommés (PR) lors des interactions de prédation et de cannibalisme entre *Androctonus amoreuxi* et *Androctonus australis*. Les résultats montrent que *A. amoreuxi* consomme une plus faible proportion de ses proies lors du cannibalisme intraspécifique (22,9% de PPC), tandis que *A. australis* présente un taux de consommation légèrement plus élevé (33,3% de PPC). Dans le cas de la prédation intra-guilde (*A. amoreuxi* × *A. australis*) le taux de consommation plus important (36,3% de PPC). Le taux de restes non consommés (PR) est le plus élevé chez *A. amoreuxi* en cannibalisme intra-spécifique avec 77,1% et le plus bas lors des interactions prédation intraspécifique par (63,7%).

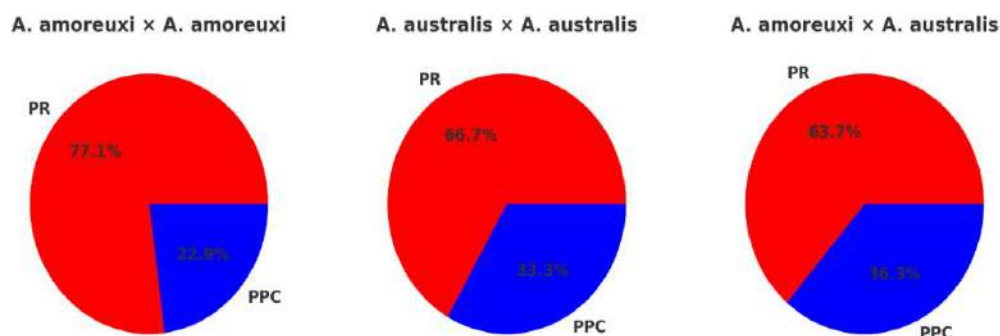


Figure 42. Variations du taux de restes et de consommation dans le cas d'interaction intragilde.

La variation des moyennes du poids et des tailles des proies scorpion et les moyennes des taux de consommation par chaque espèce de scorpion sont représentées dans le **tableau 12**.

Tableau 12. Variations des moyennes des poids et tailles des proies scorpions et des moyennes de leur consommation.

	MPWP (g)	PRAP (g)	PC (g)	PPC (%)	PS (mm)
<i>A. amoreuxi</i>	3,67 ± 0,78	2,83 ± 0,045	0,84 ± 0,013	22,89 %	8,04 ± 0,98
<i>A. australis</i>	3,39 ± 0,46	2,45 ± 0,79	0,94 ± 0,025	33,25 %	7,49 ± 0,52
MIPW : moyenne du poids initial des proies (g), MPWAP : moyenne du poids des proies restantes après la prédation (g), PC : moyenne du poids des proies consommées (g), PPC : pourcentage de proies consommées (%), et PS : taille moyenne des proies (cm).					

Les parties du corps les plus affectées par le cannibalisme et la prédation sont généralement le prosoma et le mésosoma.

7.3. Comportement alimentaire d'*Androctonus aeneas*

Le suivi du comportement alimentaire d'*Androctonus aeneas* s'est révélé plus difficile que pour les autres espèces recensées dans la région. Cette difficulté est due à la rareté de l'espèce et au faible nombre d'individus collectés. De plus, l'intervalle de temps entre la capture de deux individus est relativement long ce qui entraîne souvent la mort de l'individu en captivité avant qu'un autre ne soit prélevé. Néanmoins, en exposant *Androctonus aeneas* à différentes proies nous avons pu observer que le comportement alimentaire se rapproche de celui d'*Androctonus australis* et d'*Androctonus amoreuxi*. En effet, il se caractérise par l'administration de plusieurs piqûres entraînant la paralysie de la proie, suivie de sa consommation. Le taux de consommation observé varie généralement entre 30% et 50% de la biomasse totale de la proie. La **photo 11** représente quelques observations du comportement alimentaire d'*Androctonus aeneas* en laboratoire.



Photo 11. *Androctonus aeneas* en pleine chasse A :(*A.amoreuxi*×*A.aeneas*), B :(*A.aeneas* × *Anax sp*), C :(*A.aeneas* × *Tenebrio molitor*), D :(*A.aeneas* × *Mantis religiosa*).

7.4 Analyse du comportement alimentaire chez les espèces du genre *Androctonus*

L'analyse des données à l'aide d'un modèle linéaire mixte généralisé (GLMM) avec lien Gaussien (**Tableau 13**) indique que l'espèce proie est le seul facteur ayant une influence significative sur le temps de fixation et d'attaque de la proie (TAF) ($F = 4,7413$, $p < 0,01$). En revanche ni le poids ($F = 0,0001$, $p > 0,05$) ni la taille ($F = 0,3397$, $p > 0,05$) n'ont montré d'effet notable sur cette variable.

Concernant le temps de voracité (VT) les résultats du GLMM révèlent des effets différents des variables étudiées. L'espèce proie exerce l'effet le plus marqué ($F = 7,3369$, $p < 0,001$) soulignant son rôle prépondérant dans la durée de consommation.

Le poids de la proie présente également un effet significatif bien que moins prononcé ($F = 4,7233$, $p < 0,05$) tandis que la taille ne semble pas influencer significativement cette variable ($F = 0,1124$, $p > 0,05$).

L'analyse du nombre de piqûres (NS) à l'aide d'un GLMM avec fonction du lien de Poisson ne met en évidence aucun effet significatif des facteurs étudiés (poids, taille, espèce de la proie), comme en témoignent les valeurs de p élevées ($> 0,05$).

De même, l'application d'un GLMM avec fonction du lien binomial au taux de consommation (RC) ne révèle aucun effet significatif des variables explicatives. Bien que le poids approche le seuil de significativité ($p = 0,12817$), aucune des variables testées n'atteint un niveau statistique conventionnellement significatif ($p < 0,05$).

Tableau 13. Résultats des modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM) pour l'effet du temps de fixation et d'attaque de la proie (TAF), Temps de voracité (VT), Nombre de piqûres (NS) et Taux de consommation (RC) en fonction du poids, de la taille et de l'espèce de la proie.

		Sum Sq	Mean Sq	umdf	Dendf	F value	Pr (>F)
TAF	Poids (g)	0	0.1	1	43	0.0001	0.993340
	Taille (mm)	621	620.9	1	43	0.3397	0.563055
	Espèce proie	34667	8666.7	4	43	4.7413	0.002938 **
VT	Poids (g)	1295.3	1295.26	1	43	4.7233	0.0353100 *
	Taille (mm)	30.8	30.81	1	43	0.1124	0.7390972
	Espèce proie	8047.9	2011.97	4	43	7.3369	0.0001348 ***

		Sum Sq	Mean Sq	npar	DenDF	F value	p value
NS	Poids (g)	6.9442	6.9442	1	/	6.9442	0.85928
	Espèce proie	0.0800	0.0800	1	/	0.0800	0.52296
	Taille (mm)	2.0853	0.5213	4	/	0.5213	0.71764
RC	Poids (g)	2.59447	2.59447	1	/	2.5945	0.12817
	Espèce proie	0.61647	0.61647	1	/	0.6165	0.23227
	Taille (mm)	0.22445	0.05611	4	/	0.0561	0.62686

L'analyse de la variance (ANOVA) révèle des différences significatives dans le comportement alimentaire des scorpions en fonction de l'espèce proie, tandis qu'aucun effet significatif de l'espèce de scorpion n'a été observé. Aucune différence notable n'a été détectée pour le temps d'acceptation de la proie (TAF), le temps de voracité (VT) ou le taux de consommation (RC) entre les espèces de scorpions. En revanche, le nombre de piqûres (NS) diffère significativement entre les espèces ($p < 0,001$).

En ce qui concerne l'influence de l'espèce de la proie, des différences significatives ont été mises en évidence pour le TAF ($F = 17,909$, $p < 0,001$), le VT ($F = 4,980$, $p = 0,00034$) et le RC ($F = 249,563$, $p < 0,001$).

Ces résultats suggèrent que les scorpions ajustent leur temps d'alimentation en fonction de la nature de leur proie et qu'ils privilégient certaines espèces. De plus, le nombre de piqûres (NS) varie également en fonction de l'espèce de la proie ($F = 4,042$, $p = 0,002$) soulignant son rôle déterminant dans l'intensité des interactions prédatrices (**Tableau 14**).

Tableau 14. Analyse ANOVA des effets de l'espèce proie et de l'espèce de scorpion sur le comportement alimentaire.

	F value	Pr (> F)
TAF (min) *Espèce de scorpion	0.180	0.673
VT (min) * Espèce de scorpion	0.034	0.215
RC % * Espèce de scorpion	0.215	0.645
NS * Espèce de scorpion	55.791	0.0001 ***
TAF (min) *Espèce de proie	17.909	0.0001***
VT (min) * Espèce de proie	4.980	0.00034***
RC % * Espèce de proie	249.563	0.00011***
NS * Espèce de proie	4.042	0.002**

L'analyse ANCOVA (**tab .15**) montre que l'espèce de proie (Prey species) a un effet significatif sur toutes les variables comportementales étudiées avec une influence particulièrement forte sur le taux de consommation (RC, $p < 0.0001$, ges = 0.931) et le temps d'attaque et de fixation (TAF, $p < 0.0001$, ges = 0.768). Cela indique que le comportement des scorpions varie considérablement en fonction de l'espèce de proie.

En revanche, la taille des proies (size.mm.) n'a aucun effet significatif sur ces variables ($p > 0.16$) suggérant que les différences comportementales ne sont pas influencées par la taille de la proie.

Tableau 15. Analyse de covariance (ANCOVA).

	Effect	DFn	DFd	F	p	p<0.05	ges
NS	Prey.species	4	44	3.336	0.018	*	0.569
	size.mm.	1	44	0.026	0.872		0.003
TAF	Prey.species	4	44	36.359	2.02e-13	*	0.768
	size.mm.	1	44	0.400	5.30e-01		0.009
TV	Prey.species	4	44	12.689	5.99e-07	*	0.536
	size.mm.	1	44	0.191	6.65e-01		0.004
RC	Prey.species	4	44	148.759	5.84e-25	*	0.931
	size.mm.	1	44	1.972	0.167		0.043

8. Etude du comportement reproducteur des espèces

Dans cette étude de comportement reproducteur, nous avons pu accoupler 10 couples pour chacune des deux espèces *Androctonus australis* et *Androctonus amoreuxi*.



Photo 12. Accouplement chez les scorpions du genre *Androctonus* A:(*A.amoreuxi*×*A. amoreuxi*), B :(*A.australis* × *A. australis*).

8.1 Le suivi d'accouplement

8.1.1 Variation de taille des couples

Pour chaque couple accouplé des deux espèces, nous avons mesuré le poids et la longueur totale des mâles et des femelles.

8.1.1.1 Variation de la longueur

Pour la longueur des mâles, *A. amoreuxi* présente une taille moyenne de 9,06 cm ($\pm 0,44$) et une variation entre 8,60 et 9,70 cm. Par contre, *A. australis* affiche une taille moyenne légèrement inférieure à 8,74 cm ($\pm 0,62$) avec une plage étendue de 8,20 à 9,80 cm. Pour *A. amoreuxi*, la taille moyenne des femelles est de 8,02 cm, un écart type $\pm 0,61$, un minimum de 7,20 et un maximum de 8,80 cm. Par contre, la taille moyenne des femelles d'*A. australis* est de 7,82 cm ($\pm 0,41$) et des valeurs variant de 7,30 à 8,40 cm. (Fig 43).

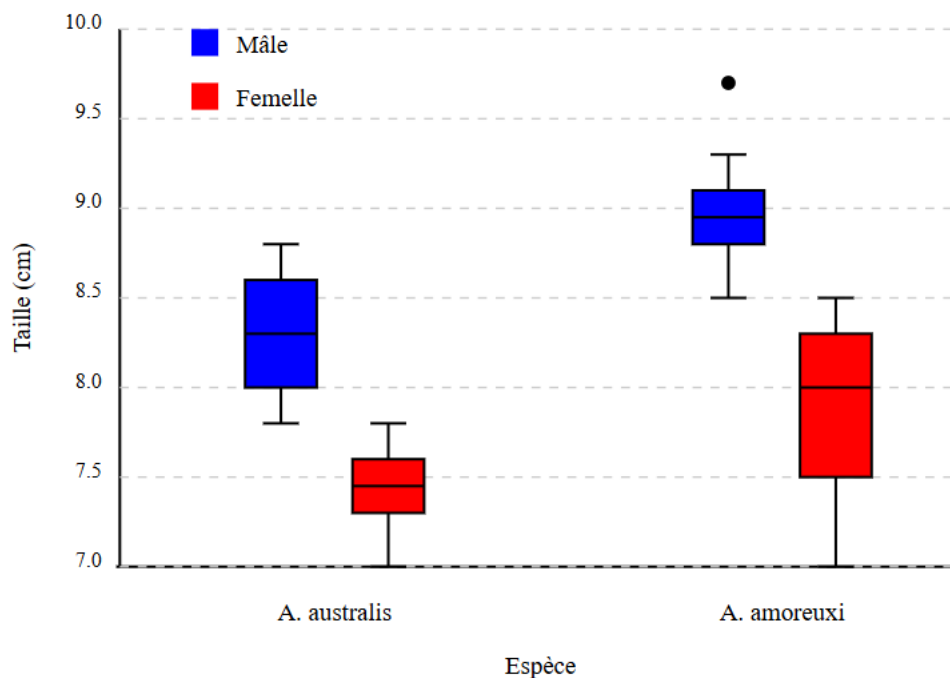


Figure 43. Variation de la longueur chez les couples.

8.1.1.2 Variation du poids

La figure 44 montre que chez *A. amoreuxi* le poids moyen des mâles est de 2,96 g ($\pm 0,25$) et des valeurs comprises entre un minimum de 2,60 et un maximum de 3,20 g. Pour *A. australis*, le poids moyen est de 2,50 g $\pm 0,35$ et une variation comprise entre 2,10g et 3,00 g. Concernant les femelles, le poids moyen est de 2,584 g ($\pm 0,48$) pour *A. amoreuxi* avec une fluctuation de 2,18g à 3,25 g. En revanche, pour *A. australis*, le poids moyen des femelles est plus élevé, atteignant 2,87 g $\pm 0,37$ et des valeurs variant de 2,53 à 3,28 g.

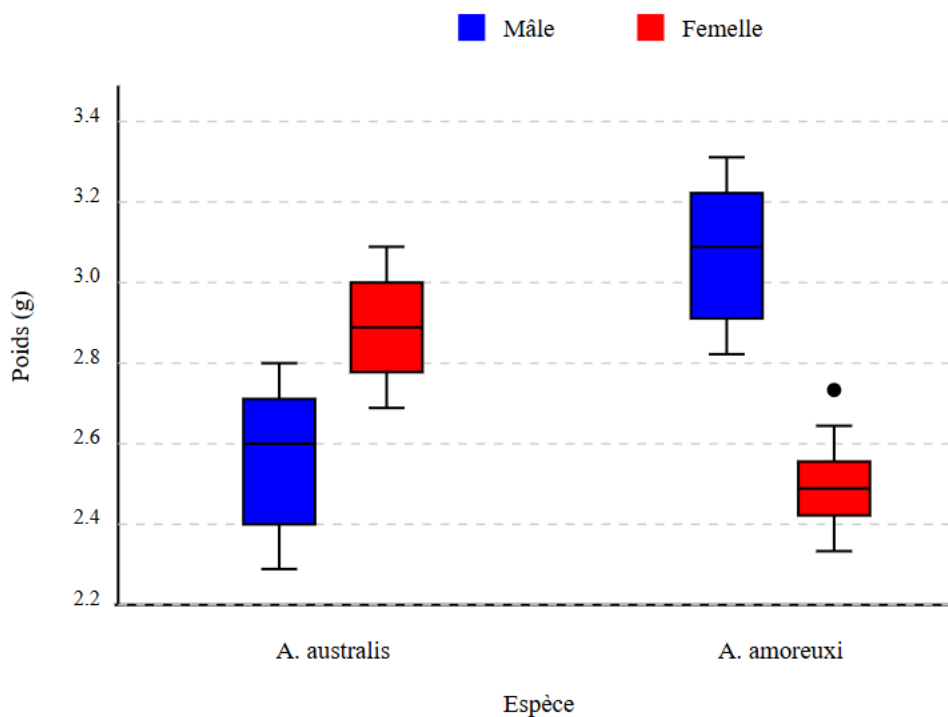


Figure 44. Variation du poids des couples.

8.1.2 Durée de la parade

La figure 45 signale que *A. amoreuxi* présente une durée de parade qui varie entre un minimum de 4h et un maximum de 6h avec une moyenne de 5h.

En revanche, chez *A. australis* elle oscille entre 4h et 5h30 avec une moyenne de 4h40.

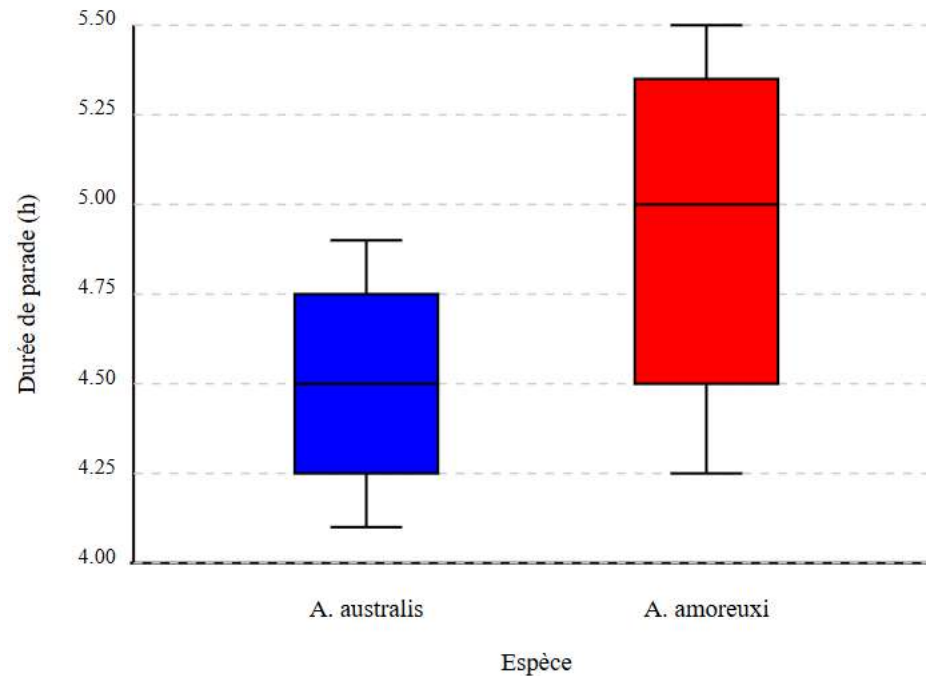


Figure 45. Variation de la durée de la parade nuptiale chez *A. australis* et *A. amoreuxi*.

8.1.3 Durée totale de l'accouplement

La figure 46 montre que pour *A. amoreuxi* la durée totale de l'accouplement varie entre un minimum de 2h20 et un maximum de 5h et chez *A. australis*, elle fluctue entre 2h40 et 4h20. Les moyennes (3h30) sont similaires chez les deux espèces.

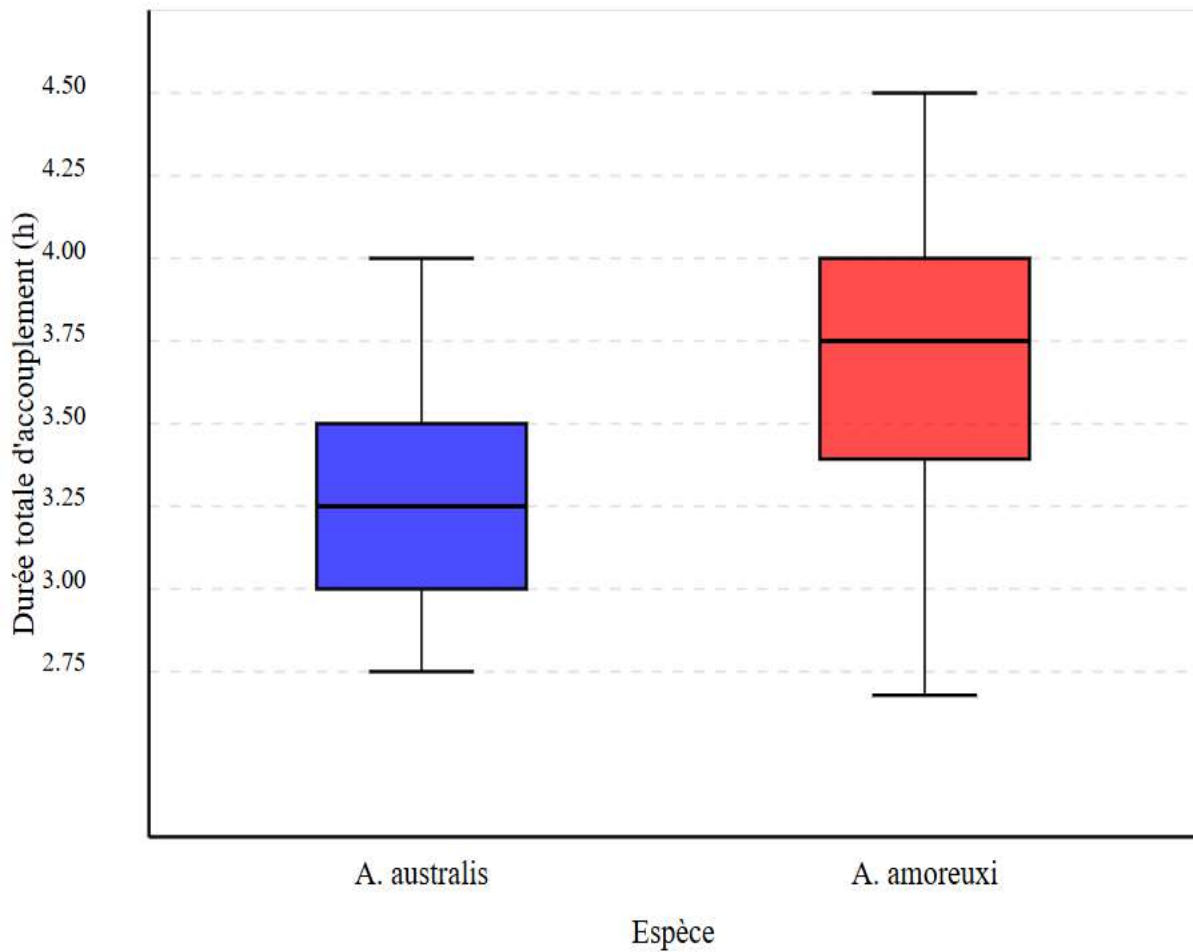


Figure 46. Durée totale de l'accouplement chez *A. australis* et *A. amoreuxi*.

8.1.4 Durée d'acceptation de spermatophore

Concernant la durée d'acceptation du spermatophore, nous n'avons malheureusement pu récupérer que celui d'*Androctonus australis* avec une variation de récupération de 1 à 3 min par la femelle et une moyenne de 2min (**fig .47**).En revanche, il n'a pas été possible de récupérer le spermatophore d'*A. amoreuxi*.

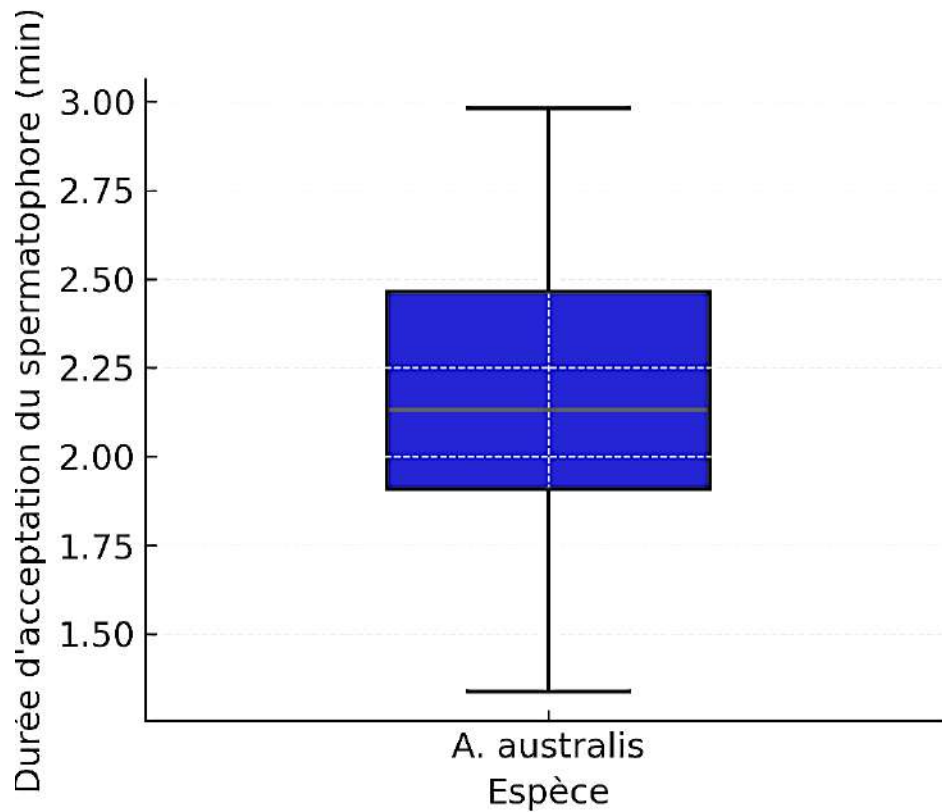


Figure 47. Variation de la durée d'acceptation du spermatophore chez *A. Australis*.

8.1.5 Durée de séparation

L'analyse de la durée de séparation (**fig.48**) après l'accouplement montre des valeurs moyennes similaires entre les deux espèces étudiées (*Androctonus amoreuxi* et *Androctonus australis*). En effet, la durée moyenne de séparation est de $5,8 \pm 1,30$ min chez *A. amoreuxi* et de $5,6 \pm 1,82$ min chez *A. australis* avec un intervalle de variation compris entre 4 et 8 min pour les deux espèces.

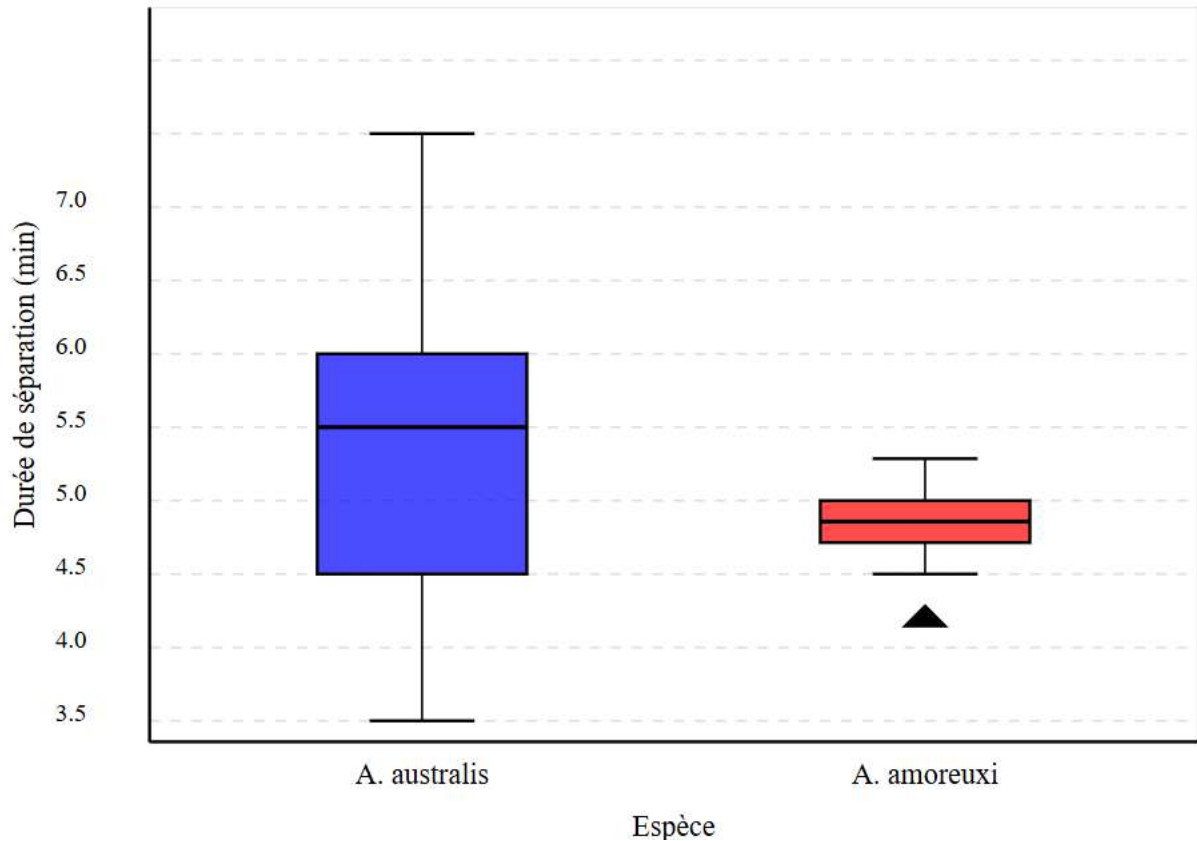


Figure 48. Variation de la durée de séparation chez les couples.

8.2 Suivis des mises-bas

Pour les mises bas (**photo 13**), nous avons suivi cette étape chez 12 femelles gestantes d'*Androctonus amoreuxi* et 10 d'*Androctonus australis*, collectées dans différentes localités de la région de Ghardaïa et naturellement accouplées en milieu naturel. Les mises-bas ont généralement été observées entre les mois de juin et octobre avec une fréquence particulièrement élevée en juillet et septembre.

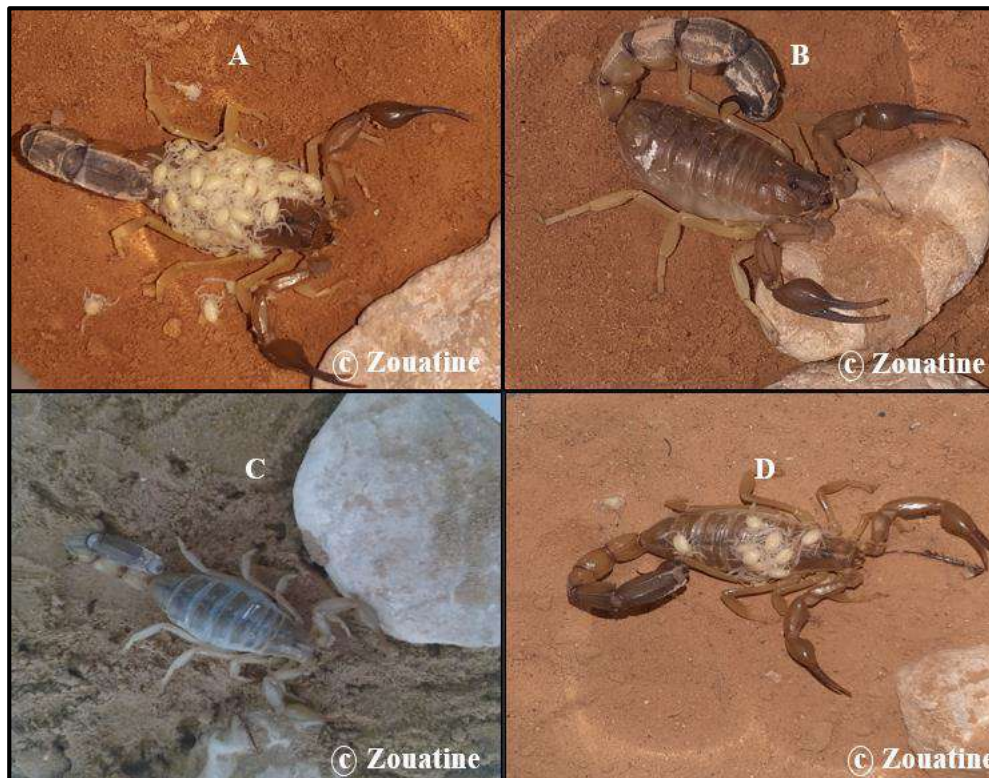


Photo 13. Femelles gestantes et en état de mise bas A et B : *A. australis*, C et D : *Androctonus amoreuxi*.

8.2.1 Taille des portées

La taille d'une portée chez *Androctonus amoreuxi* et *Androctonus australis* (fig .49) présente une variabilité notable, avec une moyenne de 95 ± 33 pullus pour *A. amoreuxi* et 110 ± 22 pullus pour *A. australis*. La portée maximale observée est de 143 pullus chez les deux espèces, tandis que la portée minimale varie entre 45 et 72 jeunes respectivement.

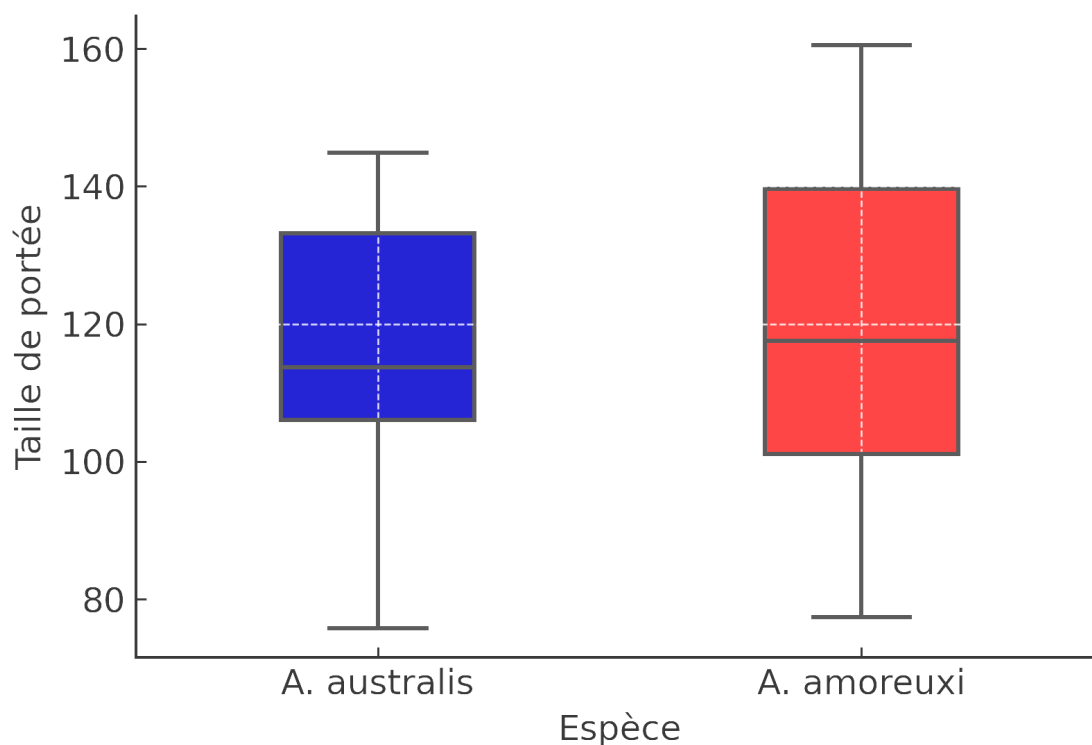


Figure 49. Variation de taille de portée chez *Androctonus australis* et *Androctonus amoreuxi*.

8.2.2 Durée de portage

Pour la durée de portage, les deux espèces partagent une période similaire de 2 à 3 jours. La moyenne de la durée est identique pour les deux espèces et la variation de durée de portage est faible avec un maximum de 3 jours et un minimum de 2 jours.

8.2.3 Durée de mise-bas

La durée de mise-bas chez *Androctonus amoreuxi* et *Androctonus australis* varie de manière légère. Chez *A. amoreuxi*, la mise basse peut durer de 2h30 min à 6h tandis que chez *A. australis*, de 3 h à 7 h. Ces résultats montrent que *A. australis* présente une durée de mise bas légèrement plus longue en comparant avec *A. amoreuxi* avec une différence dans les valeurs maximales observées entre les deux espèces (**Figure 50**).

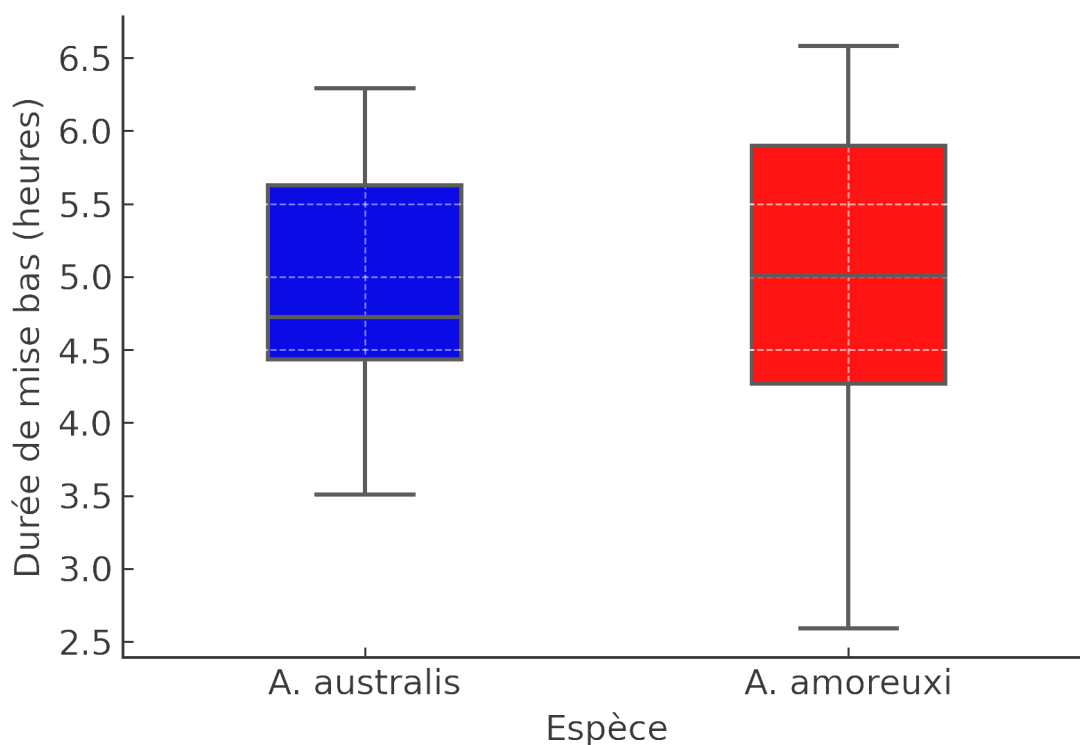


Figure 50. Variation de la durée de mise bas chez *A. australis* et *A. amoreuxi*.

9. Discussions

L'échantillonnage effectué durant ces deux années d'étude (2022 et 2023) a permis une bonne différenciation spatiotemporelle chez les espèces du genre *Androctonus* recensées.

Sur le plan taxonomique, trois espèces du genre *Androctonus* (famille des Buthidae) ont été identifiées, à savoir *A. aeneas*, *A. amoreuxi* et *A. australis*.

Ces trois espèces représentent 42,85 % de la richesse spécifique nationale, conformément aux travaux de **Ben Gaid (2018)**, **Sadine (2018)** et **Lahreche (2017)** effectués dans la région d'étude. À l'échelle mondiale, elles contribuent à 6,66 % de la diversité spécifique de ce genre selon les études de **Dupré (2023)** et **Eric et al. (2025)**.

9.1. Etude de la répartition des individus

L'étude de la distribution des scorpions au Sahara septentrional algérien, révèle une forte abondance d'*Androctonus australis* et d'*Androctonus amoreuxi* (**Sadine et al., 2011 ; Sadine, 2012 ; Sadine et Bissati, 2014, 2015**). L'analyse temporelle a mis en évidence une activité accrue durant l'été, suggérant une influence marquée des conditions climatiques sur leur dynamique populationnelle. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a montré une structuration écologique nette selon les habitats où *A. australis* domine en milieu urbain, *A. amoreuxi* en milieux agricole et naturel, tandis que *A. aeneas* moins abondant est restreint aux milieux naturels.

Entre 2022 et 2023, *A. australis* représentait jusqu'à 81,5% des individus en milieu urbain, indiquant son adaptation aux perturbations anthropiques, alors que *A. amoreuxi* est majoritaire en milieu agricole (63%) et en milieu naturel (62%), soulignant son affinité pour ces lieux.

Androctonus aeneas est rare mais présent en milieu naturel, suggérant une sensibilité aux pressions anthropiques. Ces résultats illustrent l'influence des facteurs écologiques et anthropiques sur la répartition des espèces et soulignent l'importance de préserver les habitats naturels pour la conservation des espèces vulnérables.

9.2. Etude des malformations

Les anomalies morphologiques chez les scorpions, en particulier au niveau des pédipalpes et des chélicères sont fréquemment observées et documentées dans de nombreux groupes d'arthropodes incluant les araignées et certains crustacés (**Hartnoll, 1974 ; Foelix, 2011 ; Alqahtani et Badry, 2021 ; Sherwood et al., 2024**).

Bien que les causes de ces malformations restent mal comprises chez les scorpions, des recherches sur d'autres arthropodes ont suggéré que plusieurs facteurs pourraient en être responsables. Parmi ceux-ci figurent des facteurs génétiques tels que les troubles chromosomiques, les mutations génétiques et les anomalies du développement. S'ajoutent également des facteurs environnementaux, tels que les variations de température, d'humidité, ou l'exposition à des composés chimiques, qui peuvent interférer avec le développement embryonnaire (Li, 1995 ; Li et Jackson, 1996 ; Buczek, 2000 ; Mattoni, 2005 ; Salabi *et al.*, 2021).

Ces malformations morphologiques peuvent avoir des effets significatifs sur plusieurs aspects de la biologie des scorpions notamment leurs comportements alimentaires et reproductifs. Les pédipalpes sont des structures essentielles à la capture et à la manipulation des proies, pouvant être particulièrement affectées par des malformations comme observé chez *A. amoreuxi*, réduisant ainsi leur efficacité dans la chasse.

En outre, les pédipalpes jouent un rôle déterminant dans les rituels pré-accouplement et la copulation de sorte que les déformations de ces structures peuvent perturber les interactions sexuelles et par conséquent diminuer les chances de succès reproductif (Zouatine *et al.*, 2024 b). D'autre part, les malformations des chélicères, comme celles rencontrées chez *A. australis* peuvent limiter la capacité du scorpion à découper et déchiqueter ses proies, ce qui compromet ses capacités alimentaires et impacte directement sa survie (Zouatine *et al.*, 2024 b).

Ainsi, les anomalies morphologiques observées sur les pédipalpes et les chélicères des scorpions peuvent entraîner des conséquences biologiques notables, affectant non seulement leurs stratégies de prédation et de défense mais aussi leur reproduction. Aussi, le leucisme est remarquable chez plusieurs espèces de scorpions (Sherwood *et al.*, 2024) ; dans notre étude le leucisme a été constaté sur les individus d'*Androctonus aeneas*.

Ces malformations morphologiques probablement dues à des facteurs génétiques et environnementaux complexes mettent en lumière l'importance d'une meilleure compréhension des processus sous-jacents. Une telle connaissance pourrait permettre de mieux appréhender l'impact de ces anomalies sur la survie le comportement et la dynamique des populations des scorpions dans leurs environnements naturels.

9.3. Etude morphométrique des espèces

Nos résultats sur l'analyse morphométrique des espèces du genre *Androctonus*, montre un effet

hautement significatif de l'espèce sur toutes les variables étudiées ($p < 0,001$), traduisant des différences morphologiques marquées entre les taxons. En revanche, l'effet du sexe est limité, influençant uniquement le poids ($p = 0,0017$), tandis que son interaction avec l'espèce est généralement non significative sauf pour la longueur du métasome où une légère variation selon l'espèce pourrait exister ($p = 0,060$).

Ces résultats s'inscrivent dans une tendance plus large, observée chez d'autres scorpions. Par exemple chez *Scorpio maurus*, la longueur du métasome des femelles était supérieure à celle des mâles bien que cette différence ne soit pas significative ($p > 0,05$). Même constat également chez *Mesobuthus eupeus* dans le sud de l'Iran (Ebrahimi et al., 2020). À l'inverse, chez *Hadrurus arizonensis* en Californie, les mâles possèdent un métasome plus long (Fox et al., 2015). Par ailleurs, certaines études ont montré des différences significatives entre les sexes au niveau des segments du métasome comme signalé chez *Scorpio maurus* en Égypte (Abdel-Nabi et al., 2004) ce qui pourrait être attribué à des variations géographiques. De plus, la largeur du métasome semble jouer un rôle fonctionnel dans le comportement et l'écologie des scorpions. En effet, chez *Centruroides vittatus*, les mâles présentent un métasome plus étroit que les femelles (Carlson et al., 2014), ce qui pourrait leur conférer une meilleure mobilité, facilitant ainsi la défense, l'accouplement et la prédation (Oufiero et Garland, 2007 ; Touati et al., 2021). Cette adaptation pourrait également expliquer certaines tendances morphologiques observées chez *Androctonus* bien que notre étude n'ait pas mis en évidence de différences significatives à ce niveau. Ainsi, la variabilité morphométrique chez *Androctonus* semble principalement déterminée par l'espèce plutôt que par le sexe contrairement à d'autres genres où des différences intersexuelles plus marquées sont rapportées. Toutefois, l'effet non significatif de l'interaction espèce-sexe sur la longueur du métasome, suggère que des études supplémentaires seraient nécessaires pour mieux comprendre l'influence des facteurs environnementaux et comportementaux sur ces variations morphologiques.

Nos résultats sur *Androctonus australis* concordent avec ceux de Zineb Djelloud-Souilem et al. (2025) à Ghardaïa, indiquant que la morphologie des individus n'est pas influencée par les différentes stations. Cela contraste avec les conclusions de Ghavami et al. (2022) en Iran, qui soulignent un effet des conditions locales, notamment de l'altitude. Toutefois, des études antérieures (Vignoli et al., 2005 ; Alqahtani et al., 2022) indiquent que des facteurs environnementaux et le polymorphisme intraspécifique peuvent induire des variations

morphologiques entre populations.

9.4. Etude phénologique des espèces

Nos résultats sur l'analyse de la phénologie des espèces du genre *Androctonus*, mettent en évidence des différences notables dans leurs cycles d'activité saisonnière, influencés à la fois par les conditions climatiques et les stratégies biologiques propres à chaque espèce. Contrairement à *Androctonus aeneas* et *Androctonus australis* qui présentent une inactivité marquée en hiver, *Androctonus amoreuxi* se distingue par une fausse diapause hivernale où les femelles restent actives même pendant la saison froide (**Sadine, 2018**). Cette activité hivernale pourrait être liée à des besoins physiologiques particuliers, notamment le maintien de la gestation qui dure environ 5 à 6 mois avec une mise-bas principalement au printemps (**Sadine, 2005 ; Sadine, 2018 ; Sadine et al., 2023**). Chez *A. australis*, les deux sexes maintiennent une activité tout au long de l'année avec toutefois une absence notable des mâles en hiver tandis que les femelles restent actives, probablement en lien avec la gestation. La mise-bas et la pullulation des juvéniles sont observées dès mars, ce qui suggère un cycle reproductif similaire à celui d'*A. amoreuxi* (**Sadine, 2018 ; Sadine et al., 2023**). En revanche, *A. aeneas* et *A. australis* montrent une forte réduction de leur activité en hiver (janvier-février) suivie d'une reprise progressive au printemps. Le pic d'activité d'*A. aeneas* est atteint en juin-juillet, tandis que celui d'*A. australis* se situe en mai-juin avec une prédominance des femelles, traduisant une période de reproduction intense.

Durant l'été, une diminution de l'activité est observée en août, probablement en raison des températures élevées qui contraignent les déplacements et augmentent le risque de déshydratation. En septembre-octobre, une seconde phase d'activité est enregistrée chez *A. aeneas* et *A. australis*, marquée par l'apparition des juvéniles ce qui correspond vraisemblablement à une période de dispersion et d'accumulation de réserves avant l'entrée en dormance hivernale à partir de novembre. Ainsi, bien que ces trois espèces du genre *Androctonus* partagent certaines similitudes dans leur cycle d'activité, notamment une phase de reproduction marquée au printemps et une baisse d'activité hivernale, des différences notables existent, particulièrement en ce qui concerne l'activité hivernale des femelles chez *A. amoreuxi* et la présence plus prolongée des femelles actives chez *A. australis*. Ces variations illustrent des stratégies d'adaptation spécifiques aux contraintes environnementales et aux exigences biologiques de chaque espèce.

9.5. Etude de comportement alimentaire des espèces

Notre étude a révélé qu'en conditions de laboratoire, le temps de fixation et d'attaque des proies variait tout en restant comparable entre *Androctonus australis* et *Androctonus amoreuxi*. Dès l'introduction de la proie dans le terrarium, les deux espèces adoptaient une posture d'alerte caractérisée par l'ouverture des pinces et le redressement de la queue, indiquant leur préparation à l'attaque.

Les stratégies de capture différaient entre les individus des deux espèces et certains scorpions utilisaient à la fois leurs pédipalpes et leur telson pour capturer et immobiliser leur proie, tandis que d'autres se limitaient à l'usage de leurs chélicères. Toutefois, la méthode la plus courante consistait en une capture effectuée principalement avec les pédipalpes. Ces observations concordent avec les comportements décrits par **Simone et al. (2018)** chez *Bothriurus bonariensis*.

La disponibilité d'une source alimentaire riche en nutriments peut avoir un impact significatif sur la dynamique des populations de scorpions, influençant leur vitesse de croissance, leur succès reproducteur et leurs interactions avec d'autres prédateurs et proies au sein de leur écosystème (**Polis, 1986**).

Dans notre étude, la larve de *Tenebrio molitor* s'est révélée être la proie la plus fréquemment attaquée et la plus facile à manipuler. De nombreuses recherches soulignent que ce stade larvaire présente un fort potentiel, en raison de sa haute valeur nutritionnelle et de sa faisabilité en élevage intensif (**Rumpold et Schlüter, 2013 ; Costa et al., 2020**). Ce coléoptère des produits agricoles stockés, contient en moyenne 54% de protéines, incluant des acides aminés essentiels, des vitamines et des minéraux (**Hagstrum et al., 2013**). Par conséquent, une ressource aussi nutritive peut favoriser la croissance et la survie des scorpions en leur fournissant une alimentation de qualité. Par ailleurs, *T. molitor* a été la proie la plus consommée avec un taux d'acceptation de 100% par les deux espèces d'*Androctonus* étudiées. Cette forte consommation s'explique non seulement par sa richesse en protéines et en eau (**Sánchez-Muros et al., 2014 ; Van Huis et al. 2015 ; Kouřimská et Adámková, 2016 ; Kim et al., 2019**), mais aussi par sa texture molle, facilitant la capture et l'ingestion par les scorpions.

En second choix, les scorpions ont montré une préférence pour la blatte *Periplaneta americana* malgré sa grande vitesse de déplacement, qui peut constituer un défi pour certains prédateurs (**Domenici et al., 2008**). Ces résultats sont cohérents avec les travaux de **Sadine (2005)** ainsi que ceux d'**Oonincs et Dierenfeld (2011)** qui mettent en avant la qualité nutritionnelle élevée des

blattes. D'autres proies, telles que les criquets de la sous-famille *Gomphocerinae* et *Mantis religiosa* ont également été consommées.

En revanche, bien que les deux espèces étudiées soient de grande taille, la consommation de *Pimelia angulata* s'est révélée plus laborieuse, nécessitant du temps et de l'énergie importants. Ce coléoptère joue un rôle écologique essentiel dans les écosystèmes désertiques (**Aubert, 1971**), mais sa carapace rigide et sa faible valeur nutritionnelle en font une proie moins privilégiée. Au Sahara algérien, les scorpions montrent une nette préférence pour d'autres proies, les fourmis et certains coléoptères étant parmi les moins consommés (**Idder et al., 2012**).

McCormick et Polis (1990) ont montré que les scorpions utilisent leur venin pour immobiliser leurs proies après les avoir capturées avec leurs pédipalpes. Nos observations confirment que les espèces d'*Androctonus* piquent généralement leurs proies à plusieurs reprises jusqu'à l'obtention d'une paralysie complète, y compris lors d'interactions intragilde. Cependant, le rôle du venin dans la capture des proies reste peu exploré, les doses injectées et la fréquence d'utilisation du dard étant souvent associées à des comportements défensifs (**Nisani et al. 2007 ; Van der Meijden et al., 2013, 2015 ; Coelho et al., 2017 ; Lira et al., 2017**).

Dans notre étude en laboratoire où les scorpions ont été nourris avec des proies disponibles, le nombre de piqûres variait selon l'espèce. *A. amoreuxi* pique entre 4 et 7 piqûres, tandis que *A. australis* en délivrait entre 1 et 5. Étant donné que chaque piqûre implique une injection de venin (**Lourenço et Cuellar, 1995 ; Yigit et Benli, 2008**), la quantité totale utilisée pour paralyser une proie peut être considérable. Bien que l'utilisation du dard pour la capture ait été observée chez plusieurs espèces de scorpions (**Cushing et Matherne, 1980 ; Casper, 1985 ; Edmunds et Sibly 2010**), son emploi dépendrait de facteurs tels que l'ontogenèse du scorpion et le niveau d'activité de la proie. La taille des proies joue un rôle clé dans le comportement de recherche alimentaire, influençant directement le régime et le succès de chasse des prédateurs. Nos résultats présentés dans le **Tableau 13** du test GLMM, confirment cet effet. Plusieurs études indiquent que la taille et/ou l'âge du prédateur influencent son efficacité de chasse, son mode de capture et son régime alimentaire (**Smith et Petranks, 1987 ; Cisneros et Rosenheim, 1997 ; Dionisio-da-Silva et al., 2024**). Cette interaction asymétrique favorise les prédateurs de plus grande taille, qui capturent plus facilement de plus petites proies, y compris des individus de leur propre espèce (**Polis, 1981**).

Nos analyses ont montré que *A. amoreuxi* présente un taux de cannibalisme plus élevé que *A. australis* qui, en revanche, manifeste une prédation plus rapide. Cette différence comportementale

est clairement illustrée dans les **Figures 39, 40 et 41**. **Forbes et Kyriazakis (1995)** soulignent que les préférences alimentaires ne se traduisent pas toujours directement par les types de nourriture consommés. Le cannibalisme et la prédation intragilde jouent un rôle crucial dans la structuration des populations de scorpions, influençant leur comportement alimentaire et leur mortalité (**Polis et Strong, 1996**). Ces interactions sont déterminantes pour la distribution et la dynamique des populations et façonnent la structure des communautés scorpioniques (**Polis, 1981 ; Leonardsson, 1991 ; Rudolf, 2006**). De nombreuses études ont confirmé ces interactions, y compris le cannibalisme et la prédation intragilde dans diverses communautés de scorpions à travers le monde (**Vachon, 1952 ; Polis et Farley, 1979 ; Polis, 1981 ; Polis et McCormick, 1987 ; Leonardsson, 1991 ; Rudolf, 2006 ; Teruel, 2015 ; Sadine et El Bouhissi, 2021 ; Chedad et al., 2022, 2023**). Ces dynamiques trophiques sont essentielles pour mieux comprendre l'écologie des scorpions et les processus qui régulent leurs populations.

9.6. Etude du comportement reproducteur des espèces

La reproduction chez *Androctonus amoreuxi* et *Androctonus australis* suit un processus bien défini, marqué par une parade nuptiale particulière et des comportements spécifiques, favorisant la survie des jeunes. La durée de la parade varie entre 4 et 6 heures chez *A. amoreuxi* avec une moyenne de 5h et entre 4 et 5h30 chez *A. australis* avec une moyenne de 4h40.

L'accouplement, quant à lui, dure en moyenne 3h30 pour les deux espèces, avec des variations allant de 2h20 à 5h chez *A. amoreuxi* et de 2h40 à 4h20 chez *A. australis*. Après l'accouplement, la séparation des partenaires s'effectue dans un laps de temps relativement court et similaire entre les deux espèces, avec une durée moyenne de $5,8 \pm 1,30$ min chez *A. amoreuxi* et $5,6 \pm 1,82$ min chez *A. australis*, variant entre 4 et 8 min. Toutefois, la récupération du spermatophore n'a été observée que chez *A. australis* où elle se produit en 1 à 3 minutes, avec une durée moyenne de 2 min. L'un des aspects clés de la reproduction chez ces scorpions réside dans la viviparité et les soins maternels apportés aux jeunes. La taille de la portée présente une variabilité notable avec une moyenne de 95 ± 33 pullus pour *A. amoreuxi* et 110 ± 22 pour *A. australis*. Si la portée maximale observée est identique chez les deux espèces avec 143 pullus, le nombre minimal varie entre 45 et 72 jeunes respectivement. La période de portage est similaire pour les deux espèces, s'étendant de 2 à 3 jours au cours desquels les jeunes restent sur le dos de la mère jusqu'à leur première mue, bénéficiant ainsi d'une protection essentielle. Enfin, la mise bas diffère légèrement entre les deux

espèces avec une durée variant de 2h30 à 6h chez *A. amoreuxi* et de 3 à 7h chez *A. australis*. Cette différence reflète des stratégies reproductives adaptées aux contraintes environnementales. Ces résultats confirment les observations générales sur la reproduction des scorpions où le mâle guide la femelle vers un spermatophore déposé au sol pour assurer une fécondation indirecte (**Polis et Sissom, 1990**). La gestation qui peut durer plusieurs mois permet un développement embryonnaire vivipare, les jeunes recevant directement des nutriments de la mère (**Mattoni et García-Hernández, 2020**). La montée des pullus sur le dos maternel et leur maintien jusqu'à la première mue témoignent d'une stratégie de soin parental efficace (**Polis, 1990 ; Lourenço et al., 2005**).

***Conclusion
et
Perspectives***

Le présent travail a porté sur la bioécologie des scorpions du genre *Androctonus* dans le Sahara septentrional algérien, plus précisément dans la région de Ghardaïa. Elle a été menée sur une période de deux ans et a couvert huit communes, réparties sur trois écosystèmes distincts.

Au total 1457 individus appartenant à trois espèces du genre *Androctonus* ont été collectés dans la région, à savoir *Androctonus australis*, *Androctonus amoreuxi* et *Androctonus aeneas*.

Ces trois espèces représentent 42,85% de la richesse spécifique nationale et 6,66% de la diversité spécifique mondiale.

L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de mettre en évidence des préférences écologiques distinctes parmi ces espèces. Ainsi, *A. australis* est fortement associé aux milieux urbains tandis que *A. amoreuxi* est dominant dans les environnements agricoles et naturels. Par contre, *A. aeneas* est moins abondant et principalement observé en milieu naturel.

Par ailleurs, l'étude a révélé la présence de certaines malformations tératologiques rares chez ces scorpions. Trois cas remarquables ont été observés : une femelle *A. australis*, une femelle *A. amoreuxi* et un mâle *A. aeneas* qui présentaient des anomalies morphologiques au niveau des pédipalpes, des chélicères et du céphalothorax.

Le taux global de malformations tératologiques parmi les spécimens capturés s'élève à 0,22%, avec une répartition spécifique de 0,139% chez *A. amoreuxi*, 0,138 % chez *A. australis* et un taux significativement plus élevé de 5,55 % chez *A. aeneas*.

Les résultats de l'analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs, a montré que l'espèce exerce une influence hautement significative sur toutes les variables morphométriques étudiées (poids, longueur du Prosoma, longueur du Mésosoma, longueur du Métasoma et longueur totale) indiquant des différences morphologiques marquées entre les espèces du genre *Androctonus*. En revanche, l'effet du sexe est significatif uniquement pour le poids, suggérant une différence entre mâles et femelles, tandis qu'il est non significatif pour les autres variables, ce qui reflète une absence notable de dimorphisme sexuel en terme de taille. L'interaction entre l'espèce et le sexe n'est pas significative pour la plupart des variables, ce qui indique que les différences morphométriques entre les sexes restent globalement cohérentes à travers les espèces, sans effet

combiné marqué. Toutefois, une tendance marginale à l'interaction est observée pour la longueur du métasoma, suggérant une possible variation de l'effet du sexe selon l'espèce.

Nos résultats ont également montré que l'espèce proie présente un effet significatif sur les variables étudiées, notamment sur le poids et la taille des scorpions dans les analyses du temps de fixation et d'attaque de la proie et temps de voracité ($p < 0.01$ et $p < 0.001$) indiquant une influence marquée du type de proie sur la morphologie des individus.

L'effet du poids est également significatif pour le temps de voracité ($p = 0.035$) tandis que pour les autres analyses de nombre de piqûres et taux de consommation aucun effet significatif n'a été observé sur le poids ou la taille ($p > 0.05$).

Ces résultats indiquent que les interactions proie-prédateur sont influencées par la morphologie des scorpions mais cette relation varie selon les conditions expérimentales et les différentes proies.

Concernant la reproduction, *Androctonus amoreuxi* et *Androctonus australis* se caractérisent par une parade nuptiale prolongée, un accouplement de durée similaire et une séparation rapide. *A. australis* récupère son spermatophore, contrairement à *A. amoreuxi*. Les deux espèces sont vivipares avec des soins maternels et une portée plus élevée chez *A. australis*. La durée de la mise bas varie légèrement, reflétant des adaptations aux conditions environnementales.

Les résultats de cette étude constituent les premières données sur le comportement reproducteur et alimentaire du genre *Androctonus* en Algérie. Ces travaux méritent d'être approfondis par des recherches ultérieures, notamment à travers des comparaisons génétiques entre différentes espèces du genre *Androctonus* et des suivis comportementaux.

De telles analyses pourraient fournir de nouveaux éléments sur la diversité biologique de ce groupe dans la région de Ghardaïa et à l'échelle nationale, ainsi que sur d'autres aspects bioécologiques. Ces investigations contribueraient également à l'identification de nouvelles espèces à travers le territoire algérien facilitant ainsi l'inventaire et l'étude écologique et comportementale de ces espèces tout en renforçant les mesures de prévention contre l'envenimation.

Références bibliographiques

- A.N.R.H. (2012).** Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H.).
- Abidi, H., Sadine, S. E., Houhamdi, M., Madoui, A., & Lourenço, W. R. (2021).** The genus *Buthus* leach, 1815 in Algeria (scorpiones: buthidae) and a possible new case of vicariant species. *Revista Ibérica de Aracnología*, 38, 81-86.
- Ait Hammou, M., Chedad, A., El Bouhissi, M., Chedad, A., & Sadine, S. E. (2023).** Insights on the diet of *Buthus* Leach, 1815 (Scorpiones: Buthidae) from Ouarsenis mountains of northwestern Algeria. *Revista Ibérica de Aracnología*, 42, 267–271.
- Al-Asmari, A. K., Al-Saif, A. A., & Abdo, N. M. (2007).** Morphological identification of scorpion species from Jazan and Al-Medina Al-Munawara regions, Saudi Arabia. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 13(4), 821–843.
- Alhamoud, M. A., Al Fehaid, M. S., Alhamoud, M. A., Alzoayed, M. H., Alkhalifah, A. A., & Menezes, R. G. (2021).** Scorpion Stings in Saudi Arabia: An Overview. *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis*, 92(4).
- Alqahtani, A. R., Badry, A., Abd Al Galil, F. M., & Amr, Z. S. (2022b).** Morphometric and meristic diversity of the species *Androctonus crassicauda* (Olivier, 1807) (Scorpiones: Buthidae) in Saudi Arabia. *PeerJ*, 10, e14198. <https://doi.org/10.7717/peerj.14198>
- Alqahtani, A. R., Badry, A., Aly, H., Amer, S. A., Al Galil, F. M. A., Ahmed, M. A., Kadasah, S., & Amr, Z. S. (2022a).** Genetic diversity and population structure of *Androctonus crassicauda* (Scorpiones: Buthidae) in different ecogeographical regions of Saudi Arabia and Iran. *Zoology in the Middle East*, 68(2), 171–179. <https://doi.org/10.1080/09397140.2022.2051915>
- Alqahtani, A. R., Yağmur, E. A., & Badry, A. (2023).** *Androctonus tihamicus* sp. nov. from the Mecca Province, Saudi Arabia (Scorpiones, Buthidae). *ZooKeys*, 1152, 9–34. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1152.101100>
- Arachnides*, 63: 2-12
- Aubert, L. (1971).** Atlas des Coléoptères de France, Belgique, Suisse. Tome II. Paris: N. Boubée & Cie.
- Badry, A., Younes, M., Sarhan, M. M. H., & Saleh, M. (2018).** [Title not provided in the original document]
- Bagnouls, F., & Gaussen, H. (1953).** Saison sèche xérothermique, Volume I. Carte des

productions végétales, Toulouse.

Ben Ali, Z., Boursot, P., Said, K., Lagnel, J., Chatti, N., & Navajas, M. (2000). Comparison of ribosomal ITS regions among *Androctonus* spp. scorpions (Scorpionida: Buthidae) from Tunisia. *Journal of Medical Entomology*, 37(6), 787–790. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-37.6.787>

Bradley, R. A. (1988). The behavioural ecology of scorpions – review. *Australian Arachnology*, 23–36.

Chedad, A., Ait Hammou, M., Chedad, A., Lachichi, A., Belli, M., & Sadine, S. E. (2022a). Note on a natural case of *Scorpio maurus* cannibalism in northwestern Algeria (Scorpiones: Scorpionidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 41, 131–133.

Chedad, A., Hammou, M. A., Chelghoum, H., Chedad, A., Amara, O. O., El Bouhissi, M., Dahmani, A., & Sadine, S. E. (2022b). Diversity and distribution pattern of scorpions from the Ouarsenis massif of Tissemsilt, North-West Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(5).

Chehma, A. (2013). Le Sahara en Algérie, situation et défis. Séminaire sur « 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.

Chippaux, J. P., & Goyffon, M. (2008). Epidemiology of scorpionism: a global appraisal. *Acta Tropica*, 107(2), 71-79.

D.P.S.B. (2020). Direction de la programmation et du suivi budgétaires. Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa.

Daget, P., & Godron, M. (1982). Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les Communautés. Masson.

Dionisio-da-Silva, W., Foerster, S. Í. A., Gallão, J. E., & Lira, A. F. A. (2024). What's for dinner? Prey consumption by Neotropical scorpions across contrasting environments. *The Journal of Arachnology*, 52(1), 26–30.

Djelloud-Souilem, Z., Bissati, S., Chedad, A., Rouari, L., & Sadine, S. E. (2024). Phenology of *Androctonus australis* (Linnaeus, 1758) from the Sahara Desert of Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Biharean Biologist*, 18(2), 83-89.

Domenici, P., Booth, D., Blagburn, J. M., & Bacon, J. P. (2008). Cockroaches keep predators guessing by using preferred escape trajectories. *Current Biology*, 18(22), 1792–

1796.

Dupré, G. (2015). Scorpion prey 'Summary'. *Arachnides*, 76, 22–31.

Dupré, G. (2023). Plus de 500 espèces de scorpions décrites entre 1980 et 2023 !! *Arachnides*, 110, 1-19.

Dupré, G., El Bouhissi, M., & Sadine, S. E. (2023). La faune des scorpions d'Algérie. *Arachnides*, 108, 2–16.

Ehrenberg, C. G. (1828). In Hemprich F.W., & Ehrenberg, C. G. Arachnoidea. Plates I+II. In *Symbolae Physicae seu Icones et Descriptiones Animalium Evertebratorum sepositis Insectis quae ex itinere per Africam borealem et Asiam occidentalem*. Berolini ex officina Academica.

Farley, R. (2001). Structure, reproduction and development. In P. H. Brownell & G. A. Polis (Eds.), *Scorpion biology and Research* (pp. 13-78). Oxford University Press.

Fet, V., Sissom, W. D., Lowe, G., & Braunwalder, M. E. (2000). Catalog of the Scorpions of the World (1758-1998). New York Entomological Society.

Goyffon, M., & El-Ayeb, M. (2002). Epidémiologie du scorpionisme. *Infotox*, 15, 3.

Hartnoll, R. G. (1974). Variation in Crustacean Forms. *Systematic Association Special Volume*, No. 6.

Hasnaoui, C., Meddour, A., & Lebbal, S. (2018). New data on scorpion diversity in the region of Khenchela, Algeria. *Serket*, 16(1), 1-6.

Idder, M.A, Sadine, S.E., Cheloufi, H. & Idder-Ighili H. 2012. Quelques aspects sur la biologie et l'éthologie des scorpions de la région de Ouargla (Sud-est Algerien).

Jahanifard, E., Navidpour, S., & Mashipour, B. (2008). Pedipalp and venom vesicle anomalies in two families of scorpions (Scorpiones: Hemiscorpiidae, Buthidae) from Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(2), 309-311.

Karataş, A., & Kürtüllü, M. (2006). Duplication of pedipalp segments in the scorpion *Androctonus crassicauda* (Olivier, 1807) (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 43, 1-4.

Karren, J. B. (2001). Scorpions. *Extension Entomology*, 68.

Khammassi, M., Harris, D. J., Sadine, S. E., Bouhissi, M. E., & Nouria, S. (2023). Description of a new species of *Scorpio* (Scorpiones: Scorpionidae) from Northwestern Algeria using morphological and molecular data. *Biologia*, 1-12.

Kuhnelt, W. (1969). *Écologie Générale*. Masson et Cie.

- Leveque, C. (2003).** Ecology: From Ecosystem to Biosphere. Science Publishers.
- Li, D. (1995).** Development and survival of *Erigonidium graminicolum* (Sundevall) (Araneae: Linyphiidae: Erigoninae) at constant temperatures. *Bulletin of Entomological Research*, 85(1), 79-91.
- Li, D., & Jackson, R. R. (1996).** How temperature affects development and reproduction in spiders: a review. *Journal of Thermal Biology*, 21(4), 245-274.
- Lourenço, W. R. (2005).** Nouvelles considérations taxonomiques sur les espèces du genre *Androctonus* Ehrenberg, 1928 et description de deux nouvelles espèces (Scorpiones, Buthidae). *Revue Suisse de Zoologie*, 112, 145-171.
- Lourenço, W. R. (2008).** A new species of *Androctonus* Ehrenberg, 1828 from Togo (Scorpiones, Buthidae). *Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg*, 15(179), 37-44.
- Lourenço, W. R. (2009).** Reanalysis of the genus *Scorpio* Linnaeus 1758 in sub-Saharan Africa and description of one new species from Cameroon (Scorpiones, Scorpionidae). *Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg*, 15(181), 99-113.
- Lourenço, W. R., & Cuellar, O. (1995).** Scorpions, scorpionism, life history strategies and parthenogenesis. *Journal of Venomous Animals and Toxins*, 1, 51-62.
- Lourenço, W. R., & Rossi, A. (2016).** Confirmation of a new species of *Scorpio* Linnaeus, 1758 in the Tassili N'Ajjer, Mountains, South Algeria (Scorpiones: Scorpionidae). *Onychium*, 12, 11-8.
- Lourenço, W. R., El Bouhissi, M., & Sadine, S. E. (2020).** Further considerations on the *Buthus* Leach, 1815 species present in Algeria with description of a new species (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 36, 103-108.
- 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(5), 11-29.
- Lowe, G. (2010).** The genus *Vachoniolus* (Scorpiones: Buthidae) in Oman. *Euscorpius*, 100, 1-37.
- Mattoni, C. I. (2005).** Tergal and sexual anomalies in bothriurid scorpions (Scorpiones, Bothriuridae). *Journal of Arachnology*, 33(2), 622-628.
- McCormick, S. G., & Polis, G. A. (1995).** Prey, Predators, Parasites. In G. A. Polis (Ed.),

The Biology of Scorpions (pp. 294-320). Stanford University Press.

Meddour, A., Hasnaoui, C., & Lebbal, S. (2017). Inventory of scorpions in three different biotopes in the region of Khenchela, Northeast of Algeria. *Serket*, 15(4), 159-166.

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. *Acta Oecologica*, 113, 103792.

Millot, J., & Vachon, M. (1949). Ordre des Scorpions. pp 386-436. In Grassé, P.-P. (ed.). *Traité de Zoologie*, Masson et Cie, Paris, 6: 1-979.

Monod, T. (1992). Du Désert. *Sécheresse*, 3(1), 7-24.

Moulias, D. (1927). L'organisation Hydrologique Des Oasis Sahariennes. Bastide-Jourdon.

Mutin, G. (1977). La Mitidja - Décolonisation Et Espace Géographique. Office Publications Universitaires.

Napiórkowska, T., & Templin, J. (2013). Symely, a seldom occurring developmental anomaly in the spider *Tegenaria atrica*. *Invertebrate Reproduction & Development*, 57(2), 95-100.

Odum, E. P. (1997). Ecology. Sinauer Associates.

Othmen, A. B., Said, K., Mahamdallie, S. S., Testa, J. M., Haouas, Z., Chatti, N., & Ready, P. D. (2009). Phylogeography of *Androctonus* species (Scorpiones: Buthidae) in Tunisia: diagnostic characters for linking species to scorpionism. *Acta Tropica*, 112(1), 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2009.07.001>

Ouici, H., El Bouhissi, M., Sadine, S. E., & Abidi, H. (2020). Preliminary study and ecological comments on scorpion diversity in Sidi Bel Abbès region, North-west Algeria. *Serket*, 17(2), 87-96.

Pinkston, K., & Wright, R. (2001). Scorpions. OSU Extension Facts, 7303.

Polis, G. A. (1990). Ecology. In G. A. Polis (Ed.), *The biology of scorpions* (pp. 247-293). Stanford University Press.

Polis, G. A., & McCormick, S. J. (1987). Intraguild predator and competition among desert. *Ecology*, 68(2), 332–343.

Poswillo, D. (1976). Mechanisms and pathogenesis of malformation. *British Medical Bulletin*, 32(1), 59-64.

Ramade, F. (1984). *Éléments D'écologie - Ecologie Fondamentale*. McGraw-Hill.

- Rein, J. O. (2024).** The Scorpion Files. Norwegian University of Science and Technology. <https://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/>
- Sadine, S. E. (2005).** Contribution a l'étude bioécologique de quelques espèces de scorpions: *Androctonus australis*, *Androctonus amoreuxi*, *Buthacus arenicola*, *Buthus tunetanus* et *Orthochirus innesi* dans la wilaya de Ouargla [Engineer's thesis]. Université de Ouargla.
- Sadine, S. E. (2012).** Contribution à l'étude de la faune scorpionique du Sahara septentrional Est Algerian (Ouargla et El Oued) [Master's thesis]. Université de Ouargla.
- Sadine, S. E. (2018).** La faune scorpionique du Sahara septentrional algérien: Diversité et Ecologie [Doctoral dissertation]. Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- Sadine, S. E., & El Bouhissi, M. (2021).** A case of predation on *Acanthodactylus Wiegmann*, 1834 (Squamata, Lacertidae) by *Androctonus amoreuxi* (Scorpiones, Buthidae) in western Algeria. *Revista Ibérica de Aracnologia*, 39, 1576-9518.
- 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., 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., & Lourenço, W. R. (2016).** 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., Bissati, S., & Ould El-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).** Aperçu sur les scorpions de l'Algérie. *Algerian Journal of Health Sciences*, 2(1), 8-14.
- Salabi, F., Jafari H., & Forouzan, A. (2021).** Report of a rare anomaly in the metasoma of *Hottentotta zagrosensis* (Scorpiones: Buthidae). *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45(2), 405-408.

- Sergent, E. (1942).** Sur une anomalie de l'aiguillon d'un scorpion. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 20(1), 100-101.
- Sergent, E. (1946).** Anomalies chez les Scorpions. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 24(1), 80-82.
- Sherwood, D., Tang, V., Tchilinguirian, J., Lamare, L., Croffy, S., Stockmann, M., ... & Gerace, V. (2024).** New Cases of Teratology, Albinism, Abnormal Pigmentation, Gynandromorphism, and Injury Healing in Scorpions (Arachnida: Scorpiones). *Arthropoda*, 2(4), 226-249.
- Teruel, R., & Rein, J. O. (2010).** A new Hottentotta Birula, 1908 from Afghanistan, with a note on the generic position of *Mesobuthus songi* Lourenço, Qi et Zhu, 2005 (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 94, 1-8.
- Touati, K., Taibi, A. R., Sadine, S. E., Mediouni, M. R., Labbaci, M., Ameer, A. A., & Gaouar, S. B. S. (2021).** Biometry and inventory of scorpions in the Algerian Northwest. *Genetics and Biodiversity Journal*, 5(1), 120-135.
- Touffet, J. (1982).** Dictionnaire essentiel d'écologie. Ouest France.
- Vachon, M. (1952).** Étude sur les scorpions. Institut Pasteur d'Algérie.
- Vachon, M. (1974).** Etude des caractères utilisés pour classer les familles et les genres de Scorpions (Arachnides). 1. La trichobothriotaxie en arachnologie. Sigles trichobothriaux et types de trichobothriotaxie chez les Scorpions. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 3e sér.*, 140(104), 857-958.
- Williams, S. C. (1987).** Scorpion bionomics. *Annual Review of Entomology*, 32, 353-357.
- Ythier, E. (2021).** A new species of *Androctonus* Ehrenberg, 1828 from the Sahelian wooded steppes of Burkina Faso (Scorpiones: Buthidae). *Faunitaxys*, 9(31), 1-7.
- Ythier, E., & François, A. (2023).** The scorpion fauna of the Oriental region in Morocco (Scorpiones: Buthidae, Scorpionidae) with description of three new species of the genus *Scorpio* Linnaeus, 1758. *Faunitaxys*, 11(3), 1-15.
- Ythier, E., & Lourenço, W. R. (2022).** A new species of *Androctonus* Ehrenberg, 1828 from Western Sahara (Scorpiones: Buthidae). *Serket*, 18(3).
- Ythier, E., Sadine, S. E., Alioua, Y., & Lourenço, W. R. (2025).** A new species of *Androctonus* Ehrenberg, 1828 from the Tassili n'Ajjer, Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Faunitaxys*, 13(8), 1-8.

- Yağmur, E. A., Kılıç, M. S., & Güneş, E. (2024).** A new case of pedipalp regeneration in *Scorpio kruglovi* Birula, 1910 (Scorpiones: Scorpionidae). *Euscorpius*, 2024(390), 1.
- Zekri, W., Moussi, A., Sadine, S. E., & Sarhan, M. (2022).** *Buthus* Leach, 1815 (Scorpiones: Buthidae): taxonomic status of species in Algeria with their morphological and molecular study in Aure's region. *Serket*, 18(3), 400-415.
- Zouatine, O., Bissati, S., & Sadine, S. E. (2024a).** Two cases of malformation in the scorpion genus *Androctonus* Ehrenberg, 1828 from Central Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Serket*, 20(2).
- Zouatine, O., Bissati, S., Chebout, A., Chedad, A., & Sadine, S. E. (2024b).** Feeding behaviour of two buthid scorpions of the genus *Androctonus* Ehrenberg, 1828 from the central Sahara of Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Zoology and Ecology*, 34(2), 129

Annexe



FEEDING BEHAVIOUR OF TWO BUTHID SCORPIONS OF THE GENUS *ANDROCTONUS* EHRENBERG, 1828 FROM THE CENTRAL SAHARA OF ALGERIA (SCORPIONES: BUTHIDAE)

Oumyma Zouatine^{a*}, Samia Bissati^a, Abderrezzeq Chebout^b, Abdelwahab Chedad^{c,d},
Salah Eddine Sadine^e

^aLaboratoire Bio Ressources Sahariennes, Préservation et Valorisation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi-Merbah, 30000 Ouargla, Algeria

^bBiomolecules and Application Laboratory, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, Larbi Tebessi University, 12002 Tebessa, Algeria

^cDepartment of Biological Sciences, Laboratory of Saharan Bio-Ressources: Preservation and Valorization, University of Ouargla, 30000 Ouargla, Algeria

^dDirectorate of Forest Conservation of Ghardaïa, 47000 Ghardaïa, Algeria

^eLaboratoire valorisation et conservation des écosystèmes arides (LVCEA), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre, Université de Ghardaïa, Ghardaïa, Algeria

*Corresponding author. Email: zouatine.oumyma@univ-ouargla.dz / zouatineoumayma04@gmail.com

Oumyma Zouatine: <https://orcid.org/0000-0002-0285-0274>

Samia Bissati: <https://orcid.org/0000-0002-0285-0274>

Abderrezzeq Chebout: <https://orcid.org/0000-0002-2082-781X>

Abdelwahab Chedad: <https://orcid.org/0000-0001-8098-1803>

Salah Eddine Sadine: <https://orcid.org/0000-0002-00026-8280>

Zouatine, O., Bissati, S., Chebout, A., Chedad, A., Sadine, S.E. 2024. Feeding behaviour of two buthid scorpions of the genus *Androctonus* Ehrenberg, 1828 from the central Sahara of Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Zoology and Ecology* 34(2), 129–139. <https://doi.org/10.35513/21658005.2024.2.6>

Article history

Received: 02 March 2024;
accepted 30 September 2024

Keywords:

Androctonus; scorpion;
inter-guild predation;
cannibalism; prey species;
feeding behaviour; Algeria

Abstract. Scorpions are predatory arthropods known for their hunting prowess and adaptability in various environments, but studies on the food preference of many species remain rare. The aim of this paper is to study the intra- and inter-guild feeding behaviour and food preference of two of the most abundant buthid scorpions of the genus *Androctonus* Ehrenberg, 1828: *A. amoreuxi* (Audouin, 1825) and *A. australis* (Linnaeus, 1758), in the Algerian Sahara. Food preference was experimentally assessed using several locally widely available species: the larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (laboratory breeding), *Pimelia angulata* Fabricius, 1775, *Gomphocerinae* sp., *Mantis religiosa* (Linnaeus, 1758) and *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758). For each prey species, we calculated the prey acceptance time (PAT), number of stings (NS), voracity time (VT), and the rate of consumption (RC). Our results show that *T. molitor* was the most preferred prey species, though the fixation and attack time for the prey *P. angulata* was significantly longer compared to other species. Additionally, *A. amoreuxi* exhibited higher voracity, while *A. australis* displayed a shorter feeding duration. The prey species *P. americana*, *Gomphocerinae* sp. and *M. religiosa* were moderately appreciated by the two scorpions. Moreover, the intra-guild predation and cannibalism results show that *A. amoreuxi* was more aggressive, while *A. australis* was faster.

INTRODUCTION

Scorpions are notable carnivorous and cannibalistic arthropods, occupying a pivotal position in the food chain due to their effectiveness as predators of diverse taxa (Vachon 1952; Gouge and Olson 2001; Chedad et al. 2023). Their predatory proficiency is attributed to their ability to detect prey via tactile and auditory senses (Pinkston and Wright 2001). Their diet predominantly consists of insects and arachnids, but larger scorpions extend their diet to include other invertebrates, small

lizards, snakes, and even small mammals such as mice (Vachon 1952; McCormick and Polis 1995; Dupré 2015; Sadine and El Bouhissi 2021; Chedad et al. 2022; Kock 1969; Dupré 2015; Sadine 2018). Cannibalism and intra-guild predation are also commonly observed in several scorpion species (Lighton et al. 2001; Sánchez-Piñero, & Urbano-Tenorio 2016; Moreira et al. 2022).

The foraging behaviour of scorpions is intrinsically linked to the availability of food resources within their environment (Rombach et al. 2023). For many species, the availability of these resources is a primary factor

influencing their survival and population growth rates (Sinclair and Krebs 2003; Ruf et al. 2006). According to Forbes and Kyriazakis (1995), food preferences in scorpions are influenced by multiple factors beyond mere nutritional needs. These include the flavour and smell of food, its visual appearance (Wilcoxon et al. 1970), and the size and age of the predatory scorpions themselves (Cisneros and Rosenheim 1997; Rudolf 2006). Seasonal changes also play a significant role in shaping these preferences (Vonshak et al. 2009; McReynolds 2020).

The ecology and feeding behaviour of scorpions in the arid regions of North Africa, including Algeria, remain scarce and poorly understood. Our work aims to evaluate the feeding preferences of two species of *Androctonus*: *A. amoreuxi* and *A. australis*. Specifically, we observed inter-guild predation between *Androctonus* species and their prey, as well as intra-guild predation and cannibalism between *A. australis* and *A. amoreuxi* under laboratory conditions.

MATERIALS AND METHODS

Scorpion material

Scorpion material was collected at random from Ghardaïa region (29°19'N-32°57'E, 02°03'E-04°54'E). Located in the central Algerian Sahara, this region is an arid desert (Mihoub et al. 2016). Scorpions were collected in various forms of biotopes between June 2022 and December 2023, using ultraviolet light during the night and using direct hunting with a 30 cm pincer during the day.

***Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826):** Scorpion of large size, up to 12 cm in length (Vachon 1952; Lourenço 2005). It is regarded as a desert scorpion due to its primary association with sandy substrates (Touloun et al. 2014a, b) and is considered the biggest scorpion in Algeria (Sadine et al. 2020; Dupré et al. 2023). In the study area, it is the most abundant scorpion species (Sadine et al. 2023) which prefers sandy, gravelly, and stony grounds (Sadine et al. 2018).

***Androctonus australis* (Linnaeus, 1758):** Scorpion of large size up to 10 cm in length, a thick metasoma, straw-yellow in colour, and darkened body parts (Vachon 1952; Lourenço 2005). It is an opportunistic species (Sadine et al. 2012) and is widespread in various eco-geographical regions in Egypt (Saleh et al. 2017), particularly in rocky habitats with relatively rich desert vegetation cover (Badry et al. 2018). It is the most abundant species in the Algerian septentrional Sahara (Sadine 2018). In the study area (Ghardaïa region), its relative abundance reaches 33.82% (Sadine et al. 2023).

Prey species

The prey species we have chosen in this study are either available at the study site or reared under laboratory conditions. Table 1 summarizes the prey species used.

Experimental protocol

In order to study the feeding and to observe the predatory behaviours in both inter-guild and intra-guild aspects of *Androctonus* Ehrenberg, 1828, we set up the following experimental protocol.



Figure 1. Adult *Androctonus amoreuxi* (alive) in laboratory.



Figure 2. Adult *Androctonus australis* (alive) in laboratory.

Table 1. Prey species used to test the food preference of *Androctonus* species.

Prey species	Class/Order	Family	Stages	Activities	Availability
<i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus, 1758	Insecta/ Coleoptera	Tenebrionidae	Larvae	Diurnal, nocturnal	***(#)
<i>Pimelia angulata</i> Fabricius, 1775	Insecta/ Coleoptera	Tenebrionidae	Adult	Diurnal, nocturnal	***
Gomphocerinae sp.	Insecta/ Orthoptera	Acrididae	Adult	Diurnal	**
<i>Mantis religiosa</i> (Linnaeus, 1758)	Insecta/ Mantodea	Mantidae	Adult	Diurnal, nocturnal	*
<i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758)	Insecta/ Blattodea	Blattidae	Adult	Nocturnal	***
<i>Androctonus amoreuxi</i> (Audouin, 1825)	Arachnida/Scorpiones	Buthidae	Adult	Nocturnal	***(#)
<i>Androctonus australis</i> (Linnaeus, 1758)	Arachnida/Scorpiones	Buthidae	Adult	Nocturnal	***(#)

*** very abundant, ** moderately abundant, * rare, (#) laboratory breeding.

Scorpions were kept individually in terrariums (40 cm × 20 cm × 15 cm) covered with dark fabric to create a medium level of darkness and with at least 2 cm of sand on the bottom. The tested scorpions were deprived of food for one week. Each experimental group (batch) of scorpion species contained five individuals.

One group of scorpions was used to observe inter-guild predation and was fed with various insect prey (Table 1). A second group was used to observe intra-guild predation and cannibalism and was thus tested with conspecific or heterospecific scorpion prey. For each prey individual, we measured the initial weight (IW) with a 0.01g precision scale and the size with a 0.01 mm precision caliper.

The parameters of interest in our work were:

- Prey acceptance time (PAT) = Δ time between the

placing of the prey species into the terrarium and its fixation by the scorpion.

- Number of stings (NS) = the number of stings performed by the scorpion in order to kill or to subdue its prey.
- Voracity time (VT) = consumption time = the time required for the scorpion to consume its prey, which is Δ time between the subjection of the prey until the scorpion discards it permanently.
- Rate of consumption (RC) = the percentage of prey consumed; it is calculated by subtracting the weight of the remaining prey from its initial weight.

Statistical analysis

Statistical analyses of the data were performed using R 3.3.2 (R Core Team 2009) software with a significance

level of $\alpha = 0.05$. Prior to analysis, the normality of the data sets was assessed by the Shapiro-Wilk test. For the rate of consumption (RC), we collected the remaining prey, weighed them and calculated the ratio to the initial prey weight. For the study of feeding preference behaviour, we carried out descriptive analyses of each parameter measured: prey acceptance time (PAT), number of stings (NS), voracity time (VT), and rate of consumption (RC).

We performed statistical analyses using R software, focusing on the relationships between dependent variables (PAT, VT, RC, and NS) and independent variables (prey species and scorpion species). The generalized linear mixed models (GLMMs) were employed with appropriate link functions tailored to the nature of each variable. Specifically, a Gaussian link function was applied to the dependent variables PAT and VT, a Poisson link function was utilized for the variable NS, and a binomial link function was used for the variable RC. These analyses were conducted using the “lme4” package in R. Furthermore, to assess the differences and significance of scorpion and prey species on the dependent variables PAT, VT, NS, and RC, an ANOVA was performed using the “stats” package in R.

RESULTS

Inter-guild interaction

Acceptance and fixation times results for both scorpion species vary significantly depending on the prey spe-

cies. *Tenebrio molitor* and *Periplaneta americana* were quickly attacked by both species within a time period ranging from 5 to 46 minutes. Conversely, the attack and fixation time for *Mantis religiosa* and *Gomphocerinae* sp. ranged between 55 and 160 minutes for both scorpion species. On the other hand, scorpions took a longer time to accept and fixate *Pimelia angulata*, ranging from 120 to 405 minutes.

The results (Figure 3) show that the voracity time (VT) of the different prey species is highly variable for the two species of scorpions. *T. molitor* larvae are quickly consumed by scorpions with consumption times ranging between 8 and 15 minutes. *P. americana* is consumed within 40 to 15 minutes. *Gomphocerinae* sp. and *M. religiosa* have consumption times ranging from 30 to 90 minutes. While *P. angulata* has a longer consumption time compared to other prey species, ranging between 35 and 82 minutes for *A. australis* and between 35 and 120 minutes for *A. amoreuxi*.

The results of counting the number of stings to fix the prey species (Figure 4) showed that it varied from one sting to six stings. *A. amoreuxi* remains very aggressive compared to *A. australis*, often stinging more than 3 times. The prey species *P. angulata* is the most attacked, with a high number of stings varying between 2 and 6 for both scorpion species. Other prey species, including *Gomphocerinae* sp., *M. religiosa* and *P. americana* are also strongly attacked by *A. amoreuxi*. But *T. molitor* is the least attacked prey species by the two scorpion species (1 to 2 stings).

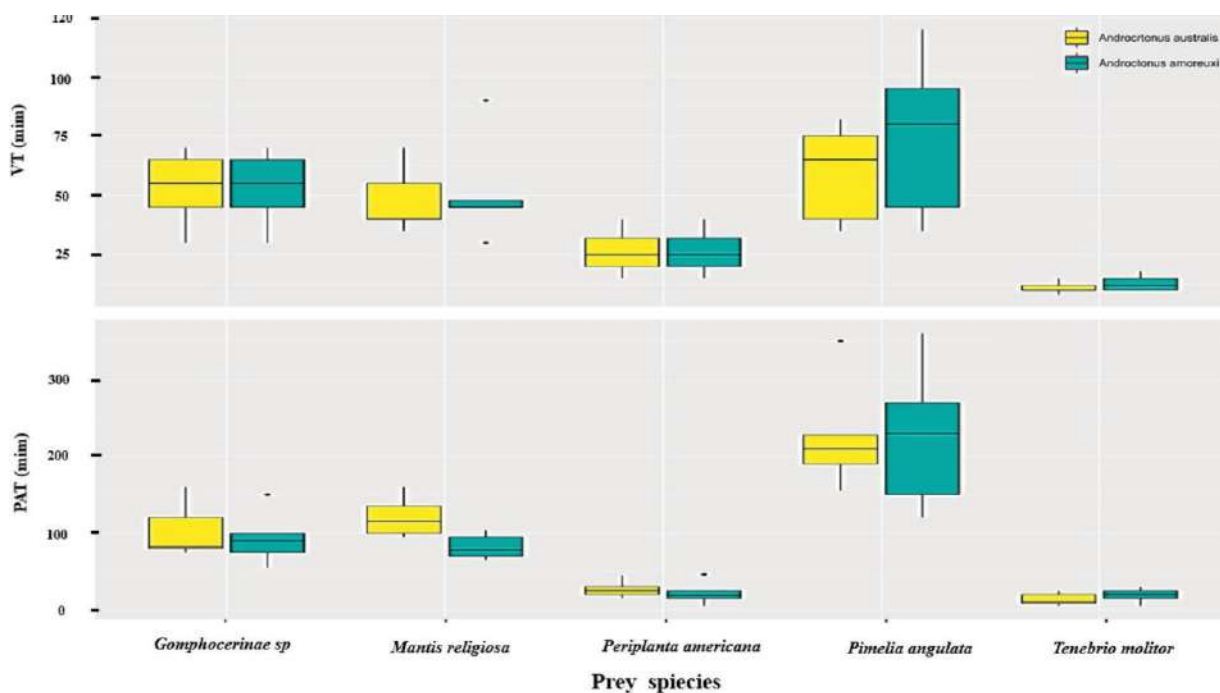


Figure 3. Variation of prey acceptance time (PAT) and voracity time (VT) in inter-guild interaction for *A. amoreuxi* and

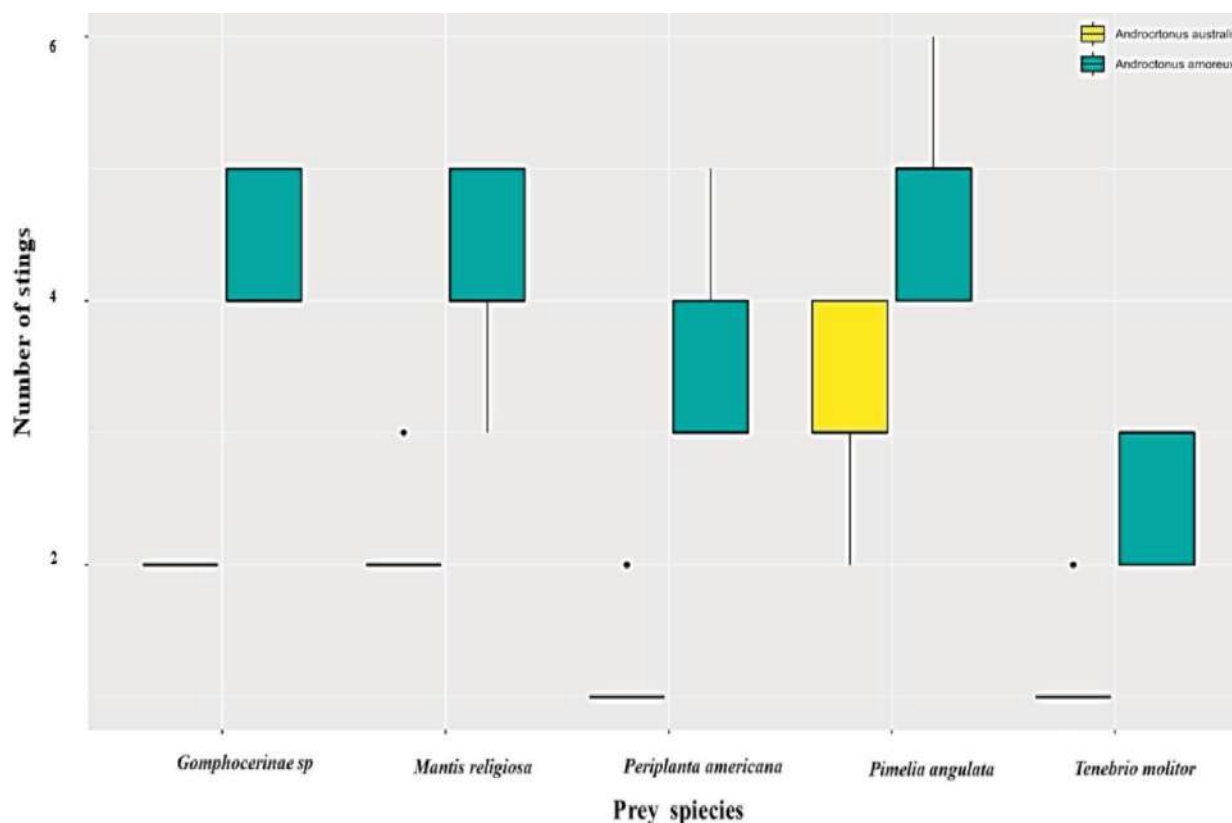


Figure 4. Variations in the number of stings of prey species in *A. amoreuxi* and *A. australis*.

Table 2. Variations of the means of weights and sizes of prey species and the means of prey consumption.

	Prey species	MIPW	MPWAP	PC	PPC	PS
<i>A. amoreuxi</i>	<i>Pimelia angulata</i>	1.47 ± 0.04	0.98 ± 0.04	0.49 ± 0.06	33.33%	26.00 ± 1.60
	<i>Gomphocerinae</i> sp.	1.11 ± 0.10	0.26 ± 0.03	0.42 ± 0.06	37.84%	25.06 ± 0.90
	<i>Mantis religiosa</i>	1.11 ± 0.12	0.39 ± 0.09	0.71 ± 0.05	63.96%	41.40 ± 2.01
	<i>Periplaneta americana</i>	0.48 ± 0.04	0.03 ± 0.01	0.45 ± 0.05	93.75%	24.45 ± 2.55
	<i>Tenebrio molitor</i>	0.14 ± 0.01	00.00	0.14 ± 0.01	100%	12.84 ± 0.75
<i>A. australis</i>	<i>Pimelia angulata</i>	1.66 ± 0.22	1.01 ± 0.16	0.53 ± 0.08	31.93%	25.20 ± 1.04
	<i>Gomphocerinae</i> sp.	0.77 ± 0.17	0.21 ± 0.05	0.55 ± 0.06	77.42%	22.06 ± 0.63
	<i>Mantis religiosa</i>	1.13 ± 0.23	0.26 ± 0.09	0.86 ± 0.13	76.10%	40.74 ± 2.43
	<i>Periplaneta americana</i>	0.47 ± 0.04	0.05 ± 0.02	0.41 ± 0.05	87.23%	25.51 ± 2.96
	<i>Tenebrio molitor</i>	0.21 ± 0.040	00.00	12.84 ± 0.75	100%	13.46 ± 0.97

MIPW: mean of initial prey weight (g), MPWAP: mean of prey weight remaining after predation (g), PC: mean of weight of prey consumed (g), PPC: percentage of prey consumed (%), and PS: average prey size (mm).

Table 2 represents the variation in the means of weights and sizes of the prey species, as well as the means of the rates of consumption of the prey by each species of scorpion. Scorpion species completely consume the mealworms (*T. molitor*). *P. americana* is the second most consumed prey species with a consumption rate of 93.75% for *A. amoreuxi* and 87.23% for *A. australis*. *M. religiosa* and *Gomphocerinae* sp. are also preferred by scorpions, with a consumption rate greater than 64%, except for *Gomphocerinae* sp., which is less appreciated by *A. amoreuxi* (37.84%). Despite its significant weight, the consumption proportion of *P. angulata* was low (33% to 35%).

Our observations show that it is not necessary for scorpions to complete their prey to be full. The remaining parts of the prey species consist mainly of shells, wings/legs, and parts of the heads, which are often hard residues and difficult to digest.

Cannibalism and intra-guild interaction

The results clearly indicate that prey acceptance and fixation times in intra-grid interactions vary between the two species studied (Figure 5). We note that the attack durations are relatively long in intra-guild interactions compared to inter-guild interactions and that

A. amoreuxi is highly cannibalistic, showing a short time to attack and fixate its scorpion prey between 285 and 890 minutes. On the other hand, in the case of intra-guild interactions, *A. australis* demonstrates rapid predation with an immediate attack on its prey, in contrast to *A. amoreuxi*, whose prey acceptance and predation time (PAT) is longer, ranging from 175 to 630 minutes. Figure 5 highlights this difference in the predation strategies of the two species.

Our results of cannibalism show that in both species of *Androctonus* the consumption time varies between 10 minutes and 180 minutes. The duration is shorter in *A. amoreuxi* (58.00 ± 49.699 minutes) compared to *A. australis* (69.00 ± 69.946 minutes). The results of intra-guild interactions for *Androctonus* species show that the consumption time varies between 20 and 95 minutes. The duration is shorter in *A. amoreuxi* (53.00 ± 24.135 minutes) compared to *A. australis* (53.00 ± 32.711 minutes).

The result of intra-guild interaction (Figure 6) shows that the number of stings differs between the two species of scorpions. It ranges between 4 and 7 stings for *A. amoreuxi* and between 1 and 5 stings for *A. australis* in the case of cannibalism and from 3 to 7 stings for

A. amoreuxi and from 4 to 2 stings for *A. australis* in the case of intra-guild predation.

The variation of the means of the weights and the sizes of the scorpion prey and the means of the rates of consumption by each species of scorpion are represented in Table 3.

Table 3 represents the intra-guild predation and cannibalism in *A. australis* and *A. amoreuxi*. The results indicate that the average rate of voracity in *A. australis* (33.25%) is higher than in *A. amoreuxi* (22.89%) and the parts affected by cannibalism and predation are generally prosoma and mesosoma.

The results of the Gaussian-linked generalized linear mixed model (GLMM) analysis presented in Table 4 for the variable PAT reveal that only the prey species as a variable has a statistically significant effect ($F = 4.7413$, $p < 0.01$). In contrast, neither weight (weight, g, $F = 0.0001$, $p > 0.05$) nor size (size, mm, $F = 0.3397$, $p > 0.05$) showed a significant effect on PAT. Our GLMM test results on the voracity time (VT) variable reveal differential effects of the variables studied. Prey species has the most significant impact ($F = 7.3369$, $p < 0.001$), indicating a strong influence on VT. Weight (weight, g) also shows a significant effect, albeit less pronounced

Table 3. Variations of the means of weights and sizes of scorpion prey and the means of scorpion prey consumption.

Scorpion species	MIPW	MPWAP	PC	PPC	PS
<i>A. amoreuxi</i>	3.67 ± 0.78	2.83 ± 0.045	0.84 ± 0.013	22.89%	8.04 ± 0.98
<i>A. australis</i>	3.39 ± 0.46	2.45 ± 0.79	0.94 ± 0.025	33.25%	7.49 ± 0.52

MIPW: mean of initial prey weight (g), MPWAP: mean of prey weight remaining after predation (g), PC: mean of weight of prey consumed (g), PPC: percentage of prey consumption (%), and PS: average prey size (cm).

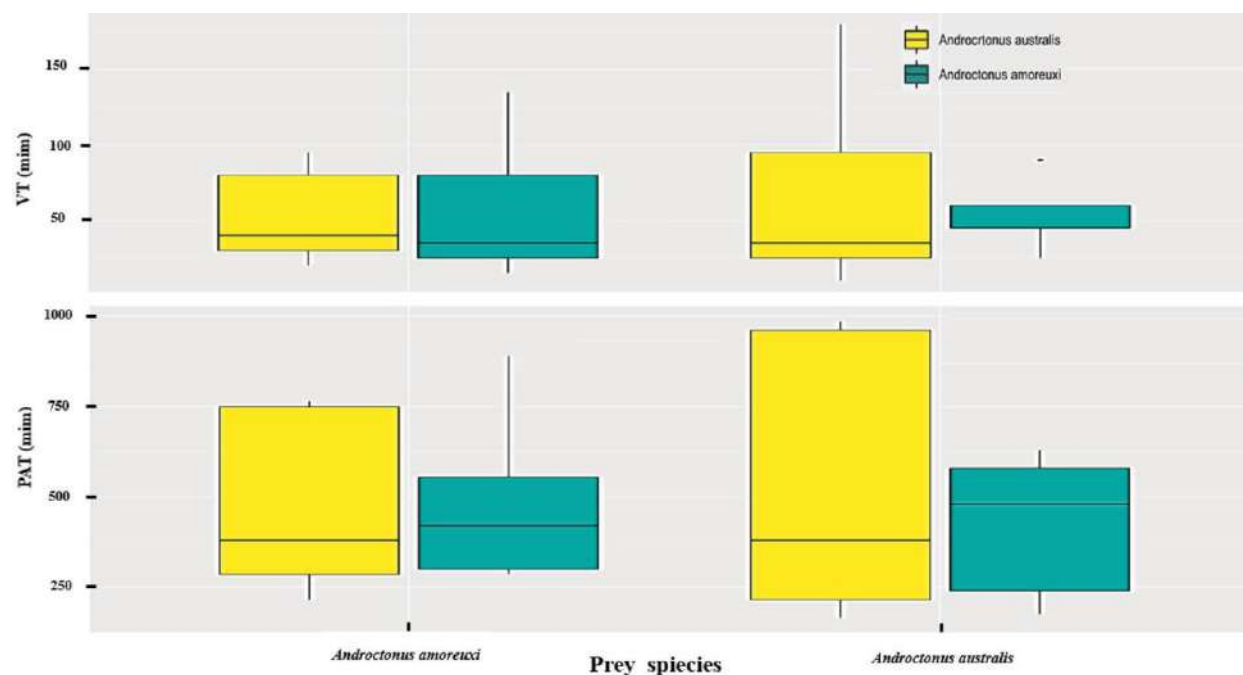


Figure 5. Variation in prey acceptance time (PAT) and voracity time (VT) in intra-guild interaction for *A. amoreuxi* and

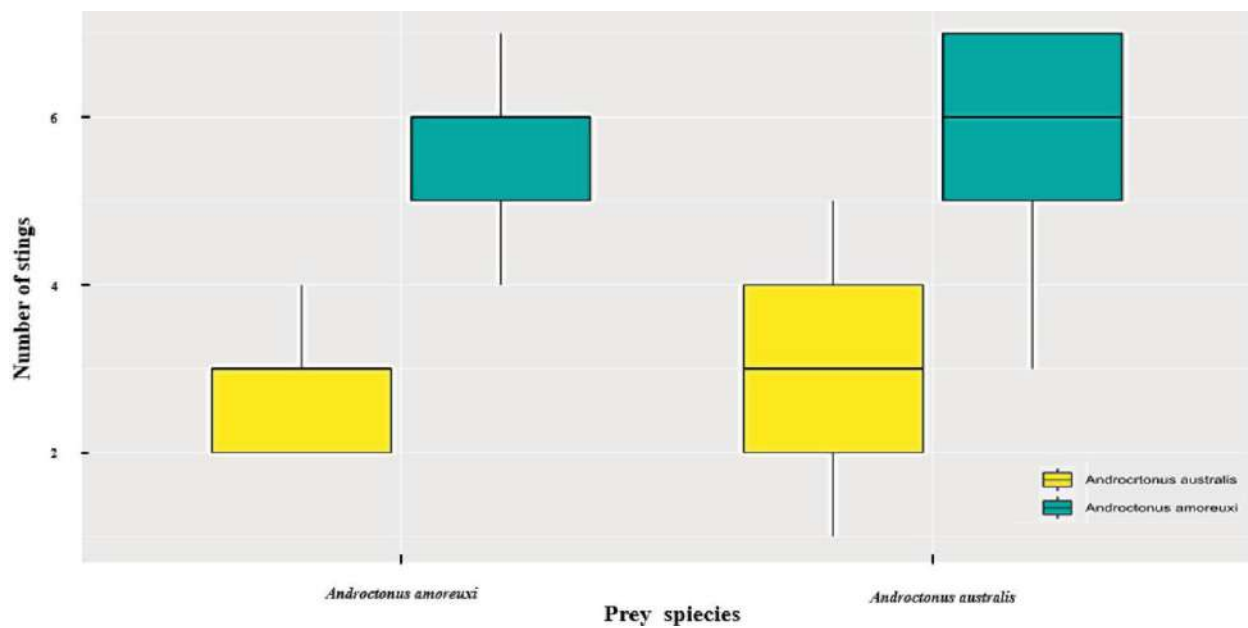


Figure 6. Variation in the number of stings between *A. amoreuxi* and *A. australis*.

Table 4. Results of generalized linear mixed models (GLMM) analysis for the effects of prey acceptance time (PAT), voracity time (VT), number stings (NS), and rate of consumption (RC) on weight, size, and prey species variables.

		Sum Sq	Mean Sq	umdf	Dendf	F value	Pr (>F)
PAT	weight, g	0	0.1	1	43	0.0001	0.993340
	size, mm	621	620.9	1	43	0.3397	0.563055
	prey species	34667	8666.7	4	43	4.7413	0.002938 **
VT	weight, g	1295.3	1295.26	1	43	4.7233	0.0353100 *
	size, mm	30.8	30.81	1	43	0.1124	0.7390972
	prey species	8047.9	2011.97	4	43	7.3369	0.0001348 ***
		Sum Sq	Mean Sq	npair	DenDF	F value	p value
NS	weight, g	6.9442	6.9442	1	/	6.9442	0.85928
	prey species	0.0800	0.0800	1	/	0.0800	0.52296
	size, mm	2.0853	0.5213	4	/	0.5213	0.71764
RC	weight, g	2.59447	2.59447	1	/	2.5945	0.12817
	prey species	0.61647	0.61647	1	/	0.6165	0.23227
	size, mm	0.22445	0.05611	4	/	0.0561	0.62686

($F = 4.7233$, $p < 0.05$). Height (size, mm), on the other hand, had no significant effect ($F = 0.1124$, $p > 0.05$).

The results from the GLMM with a Poisson link function indicate that none of the studied factors (weight, size, prey species) has a statistically significant effect on the number of stings (NS), as evidenced by the high p-values (> 0.05). Similarly, the GLMM with a binomial link function did not reveal any significant effects of weight, size, or prey species on the rate of consumption (RC). Although weight approached marginal significance ($p = 0.12817$), no variable reached the conventional threshold of significance ($p < 0.05$).

ANOVA results, which are detailed in Table 5, showed significant differences in scorpion feeding behaviour according to prey species,

but not according to scorpion species. No significant differences were observed for prey acceptance time (PAT), voracious time (VT) or rate of consumption (RC) between scorpion species, although a significant effect was noted on the number of scorpion stings observed (NS) ($p < 0.001$). On the other hand, significant differences were identified for PAT ($F = 17.909$, $p < 0.001$), VT ($F = 4.980$, $p = 0.00034$), and RC ($F = 249.563$, $p < 0.001$) among prey species, indicating that scorpions spend varying amounts of time feeding and voraciously consuming different prey species, and consume certain prey preferentially. In addition, significant differences were observed for the number of bites (NS) ($F = 4.042$, $p = 0.002$), underlining the impact of prey species on scorpion activity.

Table 5. ANOVA of the effects of prey and scorpion species on feeding behaviour.

	F value	Pr (> F)
PAT (min) *Scorpion species	0.180	0.673
VT (min) *Scorpion species	0.034	0.215
RC % *Scorpion species	0.215	0.645
NS *Scorpion species	55.791	0.0001 ***
PAT (min) *Prey species	17.909	0.0001 ***
VT (min) *Prey species	4.980	0.00034 ***
RC% *Prey species	249.563	0.00011 ***
NS *Prey species	4.042	0.002 **

DISCUSSION

Our study demonstrated that, under laboratory conditions, the time required for the acceptance and attachment of different prey varied but was similar between *A. australis* and *A. amoreuxi*, as illustrated in Figure 3. Once the prey was released into the terrarium, both scorpion species prepared for attack by entering a state of alert, opening their chelae, and raising their tails as soon as they detected the presence of prey. The prey capture behaviours also vary from one individual to another among the two scorpion species studied. Some scorpions sometimes use their pedipalps and telson to capture and immobilize their prey, while others only use their chelicerae. However, the most common behaviour is to capture prey with their pedipalps. These observations of prey capture behaviours are similar to the behavioural acts recorded in *Bothriurus bonariensis*, as noted by Simone et al. (2018).

The availability of such a nutrient-rich food source can influence scorpion population dynamics by affecting their growth rates and reproductive success, as well as impacting their interactions with other predators and prey within their ecosystem (Polis 1986). In our study, the larva of *Tenebrio molitor* was the most frequently attacked and easiest to handle species. Many studies have noted that the larval stage of *T. molitor* is considered one of the most promising due to its nutritional value and its capacity for mass production (Rumpold and Schlüter 2013; Costa et al. 2020). This prey species, one of the largest beetles in stored agricultural products, has an average protein content of 54% in its larvae, including essential amino acids as well as vitamin and mineral properties (Hagstrum et al. 2013). Therefore, the availability of such a nutritious resource can significantly affect scorpions' growth and survival by providing high-quality nourishment.

Furthermore, *T. molitor* was the most consumed prey due to its smooth and easy-to-crush nature, with a consumption rate of 100% for both species. This high consumption rate can be attributed not only to its significant protein and water content (Sánchez-Muros et al.

2014; Van Huis et al. 2015; Kouřimská and Adámková 2016; Kim et al. 2019) but also to its soft body, which facilitates handling and ingestion by scorpions.

In the second position, *Androctonus* species preferred the consumption of cockroach *P. americana*, despite its high-speed making it a difficult prey for certain predators (Domenici et al. 2008). These results are in agreement with the results of the voracity test of Sadine (2005) and Oonincs and Dierenfeld (2011) and indicate that cockroaches possess high nutritional quality. Important results include the two species *Gomphocerinae* spp. and *Mantis religiosa* are also very appreciated by the two scorpions studied.

Also, both species studied are large, they take a long time and a lot of energy to fix and consume the prey *Pimelia angulate*. This prey species plays a significant role in desert ecosystems (Aubert 1971). However, its hard carapace and low nutritional value make it less favoured by scorpions. In the Algerian Sahara, scorpions show a preference for prey other than ants and beetles, which are among the least favoured species (Idder et al. 2012).

McCormick and Polis (1990) demonstrated that scorpions use their venom to paralyze their prey after capturing it with their pedipalps. Our experiments with two species of the genus *Androctonus* revealed that prey are often stung repeatedly until paralysis is achieved, even within the context of intra-guild interactions. Several studies have indicated that the role of venom in prey capture by scorpions has not been extensively investigated, with venom doses and sting usage often limited to defensive behaviours (Nisani et al. 2007; van der Meijden et al. 2013, 2015; Coelho et al. 2017; Lira et al. 2017).

In our laboratory study, which involved feeding *Androctonus* species with available prey, the number of stings varied according to the scorpion species. *A. amoreuxi* delivered between 4 and 7 stings, while *A. australis* delivered between 1 and 5 stings. Considering that venom is injected with each sting (Lourenço and Cuellar 1995; Yigit and Benli 2008), the total amount of venom expended to paralyze a prey item can be substantial. Although the use of stinging to capture prey has been observed in only a few scorpions (Cushing and Matherne 1980; Casper 1985; Edmunds and Sibly 2010), the application of venom may be influenced by scorpion ontogeny and the activity level of the prey.

The size of the prey is a crucial factor influencing foraging behaviour, which in turn affects the diet and foraging success of predators. This effect is clearly demonstrated in our results presented in Table 4 of the GLMM test. Numerous studies have indicated that the size and/or age of the predator can influence foraging success by affecting both the type and efficacy of foraging methods and diet (Cisneros and Rosenheim 1997;

Smith and Petranka 1987; Dionisio-da-Silva et al. 2024). This phenomenon represents an asymmetrical interaction, where larger predators typically prey on smaller conspecifics (Polis 1981).

Our results show that *A. amoreuxi* exhibits a high rate of cannibalism compared to *A. australis*, which demonstrates rapid predation. This observation is clearly illustrated in the results presented in Figures 5 and 6. Forbes and Kyriazakis (1995) suggested that animal's food preferences may not always be directly reflected by the types of food it consumes. Cannibalism and intra-guild predation are critical factors influencing feeding behaviour and mortality in scorpions (Polis and Strong 1996) and can be considered key interactions affecting the distribution, behaviour, and population structure of these species (Polis 1981; Leonardsson 1991; Rudolf 2006). Indeed, numerous studies have documented scorpion-scorpion predation, encompassing both cannibalism and intra-guild predation, across various scorpion communities worldwide (Vachon 1952; Polis and Farley 1979; Polis 1981; Polis and McCormick 1987; Leonardsson 1991; Rudolf 2006; Teruel 2015; Sadine and El Bouhissi 2021; Chedad et al. 2022, 2023). These interactions are fundamental to understanding population dynamics and the structuring of scorpion communities.

CONCLUSION

This study examines the feeding preferences of two *Androctonus* scorpions, revealing a strong preference for *Tenebrio molitor*, followed by *Periplaneta americana*, *Gomphocerinae* sp. and *Mantis religiosa*. In general, *A. amoreuxi* is more aggressive in inter- and intra-guild interactions than *A. australis*. The results indicate that scorpion feeding behaviour is primarily influenced by prey type, with no significant impact of scorpion species. These results underline the importance of prey diversity in the study of scorpion trophic interactions and to better understand their ecological role.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Pr. Youcef Alioua (University of Ghardaïa, Algeria) who helped us identify the prey species.

REFERENCES

- Aubert, L. 1971. *Atlas des Coléoptères de France, Belgique, Suisse*. Tome II. Paris: N. Boubée & Cie.
- Badry, A., Younes, M., Sarhan, M.M.H., & Saleh, M. 2018. On the scorpion fauna of Egypt, with an identification key (Arachnida: Scorpiones). *Zoology in the Middle East* 64(1), 75–87.
- Casper, G. 1985. Prey capture and stinging behavior in the emperor scorpion, *Pandinus imperator* (Koch) (Scorpiones, scorpionidae). *Journal of Arachnology* 13, 277–283.
- Chedad, A., Ait Hammou, M., Chedad, A., Lachichi, A., Belli, M., & Sadine, S.E. 2022. Note on a natural case of *Scorpio maurus* cannibalism in northwestern Algeria (Scorpiones: Scorpionidae). *Revista Ibérica de Aracnología* 41, 131–133.
- Chedad, A., Ait Hammou, M., El Bouhissi, M., Chedad, A., & Sadine, S.E. 2023. Insights on the diet of *Buthus Leach, 1815* (Scorpiones: Buthidae) from Ouarsenis mountains of northwestern Algeria. *Revista Ibérica de Aracnología* 42: 267–271.
- Cisneros, J.J., & Rosenheim, J.A. 1997. Ontogenetic change of prey preference in the generalist predator *Zelus renardii* and its influence on predator-predator interactions. *Ecological Entomology* 22, 399–407.
- Coelho, P., Kaliontzopoulou, A., Rasko, M., & van der Meijden, A. 2017. A B striking relationship: scorpion defensive behaviour and its relation to morphology and performance. *Functional Ecology* 31, 1390–1404.
- Costa, S., Pedro, S., Lourenço, H., Batista, I., Teixeira, B., Bandarra, N.M., Murta, D., Nunes, R., & Pires, C. 2020. Evaluation of *Tenebrio Molitor* Larvae as an Alternative Food Source. *NFS Journal* 21, 57–64.
- Cushing, B.S., & Matherne, A. 1980. Stinger utilization and predation in the scorpion *Paruroctonus boreus*. *The Great Basin Naturalist* 40(2), 193–195.
- Dionisio-da-Silva, W., Foerster, S.Í.A., Gallão, J.E., & Lira, A.F.A. 2024. What's for dinner? Prey consumption by Neotropical scorpions across contrasting environments. *The Journal of Arachnology* 52(1), 26–30.
- Domenici, P., Booth, D., Blagburn, J.M., & Bacon, J.P. 2008. Cockroaches keep predators guessing by using preferred escape trajectories. *Current Biology* 18(22), 1792–1796.
- Dupré, G. 2015. Scorpion prey 'Summary'. *Arachnides* 76, 22–31.
- Dupré, G., El Bouhissi, M., & Sadine, S.E. 2023. The scorpion fauna of Algeria. *Arachnides* 108, 2–16.
- Edmunds, M.C., & Sibly, R.M. 2010. Optimal sting use in the feeding behavior of the scorpion *Hadrurus spadix*. *Journal of Arachnology* 38(1), 123–125.
- Forbes, J., & Kyriazakis, I. 1995. Food preferences in farm animals: why don't they always choose wisely? *Proceedings of the Nutrition Society* 54, 429–440.
- Gouge, D.H., & Olson, C. 2001. *Scorpions*. The University of Arizona: Ed. Cooperative Extension, College of Agriculture Life Sciences.
- Hagstrum, D.W., Klejdysz, T., Subramanyam, B., & Nawrot, J. 2013. *Atlas of Stored-Product Insects and Mites* 589. St. Paul, MN: AACC International Inc.

- Idder, M.A., Sadine, S.E., Cheloufi, H., & Idder-Ighili, H. 2012. Some aspects of the biology and ethology of scorpions from the Ouargla region (south-east Algeria). *Arachnides* 63, 2–12.
- Kim, T.K., Yong, H.I., Kim, Y.B., Kim, H.W., & Choi, Y.S. 2019. Edible insects as a protein source: a review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Science of Animal Resources* 39, 521–540.
- Kock, D. 1969. A scorpion feeds on a dwarf mouse. *Nature Museum Frankfurt* 99(3), 107–112.
- Kouřimská, L., & Adámková, A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal* 4, 22–26.
- Leonardsson, K. 1991. Effects of cannibalism and alternative prey on population dynamics of *Saduria entomon* (Isopoda). *Ecology* 72, 1273–1285.
- Lighton, J.R., Brownell, P.H., Joos, B., & Turner, R.J. 2001. Low metabolic rate in scorpions: implications for population biomass and cannibalism. *Journal of experimental Biology* 204(3), 607–613.
- Lira, A.F.A., Foerster, S.I.A., & Silva-Filho, A.A.C. 2016. Reports of scorpion predation by spiders in the Brazilian Atlantic forest and Caatinga (Arachnida: Scorpiones, Araneae). *Revista Ibérica de Aracnología* 28, 87–89.
- Lira, A.F.A., Santos, A.B., Silva, N.A., & Martins, R.D. 2017. Threat level influences the use of venom in a scorpion species, *Tityus stigmurus* (Scorpiones, Buthidae). *Acta Ethologica* 3–7.
- Lourenço, W.R. 2005. New taxonomic considerations on the species of the genus *Androctonus* Ehrenberg, 1928 and description of two new species (Scorpiones, Buthidae). *Swiss Journal of Zoology* 112, 145–171.
- Lourenço, W., & Cuellar, O. 1995. Scorpions, scorpionism, life history strategies and parthenogenesis. *Journal of Venomous Animals and Toxins* 1, 51–62.
- McCormick, S.G., & Polis, G.A. 1982. Arthropods that prey on vertebrates. *Biological Reviews* 57, 29–58. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1982.tb00363.x>
- McCormick, S., & Polis, G.A. 1990. Prey, predators, and parasites. In *The Biology of Scorpions*, edited by Polis, G.A., 294–320. Stanford University Press
- McCormick, S.G., & Polis, G.A. 1995. Prey, Predators, Parasites. In «*The Biology of Scorpions*», edited by Polis, G.A., 294–320. Stanford, CA: Stanford University Press.
- McReynolds, C.N. 2020. Effect of seasons and scorpion size on the foraging and diet of the striped bark scorpion, *Centruroides vittatus* (Buthidae: Scorpiones) in blackbrush habitat of south Texas. *Euscorpius* 323, 1–16.
- Mihoub, R., Chabour, N., & Guermoui, M. 2016. Modeling soil temperature based on Gaussian process regression in a semi-arid climate, case study Ghardaia, Algeria. *Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources* 2, 397–403.
- Moreira, M.O., Araújo, V.L., Foerster, S.I.A., Moura, G.J., & Lira, A.F. 2022. Relationship between body size and habitat heterogeneity on cannibalism and intraguild predation in scorpions. *Biologia* 77(10), 2867–2873.
- Nisani, Z., Dunbar, S.G., & Hayes, W.K. 2007. Cost of venom regeneration in *Parabuthus transvaalicus* (Arachnida: Buthidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 147, 509–513.
- Oonincs, D.G.A.B., & Dierenfeld, E.S. 2011. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology* 31(1), 40–54. <https://doi.org/10.1002/zoo.20382>
- Pinkston, K., & Wright, R. 2001. *Scorpions*. OSU Extension Facts, 7303 pp.
- Polis, G.A. 1981. Evolution and dynamics of intraspecific predation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12, 225–251.
- Polis, G.A. 1990. *The Biology of Scorpions*. Redwood City, CA, USA: Stanford University Press.
- Polis, G.A., & Farley, R.D. 1979. Behavior and ecology of mating in the scorpion, *Paruroctonus mesaensis* Stahnke (Scorpionida : Vaejovidae). *Journal of Arachnology* 7, 33–46.
- Polis, G.A., & McCormick, S.J. 1986. Scorpions, spiders and solpugids: predation and competition among distantly related taxa. *Oecologia* 71, 111–116.
- Polis, G.A., & McCormick, S.J. 1987. Intraguild predation and competition among species of desert scorpions. *Ecology* 68, 332–343.
- Polis, G.A., & Strong, D.R. 1996. Food web complexity and community dynamics. *The American Naturalist* 147(5), 813–846.
- R Core Team. 2009. Language and Environment for Statistical Computing.
- Rombach, M., Botero, J., & Dean, D.L. 2023. Should I Go Back to the Roots to Obtain My Food? Understanding Key Factors Driving US Consumers' Preferences for Food Foraging over Buying and Growing Food. *Sustainability* 15(20), 14845.
- Rudolf, V.H.W. 2006. The influence of size-specific indirect interactions in predator-prey systems. *Ecology* 87, 362–371.
- Ruf, T., Fietz, J., Schlund, W., & Biebert, C. 2006. High survival in poor years: life history tactics adapted to mast seeding in the edible dormouse. *Ecology* 87, 372–381.
- Rumpold, B.A., & Schlüter, O.K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* 57(5), 802–823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Sadine, S.E. 2005. Contribution to the Bioecological Study of Some Scorpion Species; *Androctonus australis*, *Androctonus amoreuxi*, *Buthacus arenicola*, *Buthus tunetanus* and *Orthochirus innesi* in the Wilaya of Ouargla. Eng. Degree in Biology, Ecology, and Environment, Univ. Ouargla, Algeria.

- Sadine, S.E. 2018. The scorpion fauna of the Algerian northern Sahara: Diversity and Ecology. Doctoral thesis in Science. Kasdi Merbah-Ouargla University. Algeria, 112 pp.
- Sadine, S.E., & El Bouhissi, M. 2021. A case of predation on *Acanthodactylus* Wiegmann, 1834 (Squamata, Lacertidae) by *Androctonus amoreuxi* (Scorpiones, Buthidae) in western Algeria. *Revista Ibérica de Aracnología* 39, 130.
- 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., 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., 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., Belgaid, Y., Chedad, A., Djeloud-Souilem, Z., Chebihi, B., Zouaïmia, A., Bensa-khri, Z., Houhamdi, M., & Zebba, R. 2023. Effects of Climate on Scorpion Diversity in Arid Ecosystems of the Sahara Desert of Algeria. *Diversity* 15, 541. <https://doi.org/10.3390/d15040541>
- Saleh, M., Younes, M., Badry, A., & Sarhan, M. 2017. Zoogeographical Analysis of the Egyptian Scorpion Fauna. *Al Azhar Bulletin of Science* 28(1), 1–14.
- Sánchez-Muros, M.J., Barroso, F.G., & Manzano-Agugliero, F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production* 65, 16–27.
- Sánchez-Piñero, F., & Urbano-Tenorio, F. 2016. Watch Out for Your Neighbor: Climbing onto Shrubs Is Related to Risk of Cannibalism in the Scorpion *Buthus cf. occitanus*. *PLoS ONE* 11(9), 0161747. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161747>
- Simone, Y., Garcia, L.F., Lacava, M., van der Meijden, A., & Viera, C. 2018. Predatory Versatility in Females of the Scorpion *Bothriurus bonariensis* (Scorpiones: Bothriuridae): Overcoming Prey with Different Defensive Mechanisms. *Journal of Insect Behavior* 31, 402–415.
- Sinclair, A.R.E., & Krebs, C.J. 2003. Complex numerical responses to topdown and bottom-up processes in vertebrate populations. In *Wildlife Population Growth Rates*, edited by Sibly, R.M., Hone, J., & Clutton-Brock, T.H., 127–147. Cambridge: The Royal Society, Cambridge University Press.
- Smith, C.K., & Petranks, J.W. 1987. Prey size distributions and size-specific foraging success of *Ambystoma* larvae. *Oecologia* 71, 239–244. <https://doi.org/10.1007/BF00377290>
- Teruel, R. 2015. A scorpion preying upon a solifuge in Mexico (Arachnida: Scorpiones, Solifugae). *Revista Ibérica de Aracnología* 26, 93–94.
- Touloun, O., Elhidan, M.A., & Boumezzough, A. 2014a. Inventory and distribution of scorpion fauna in eastern Morocco (Arachnida, Scorpiones). *Serket* 14(2), 73–79.
- Touloun, O., Slimani, T., Qninba, A. & Boumezzough, A. 2014b. New observations on scorpions from the Saharan regions of Morocco. *Poiretia* 6, 16–21.
- Vachon, M. 1952. *Study on scorpions*. Algiers: Pasteur Institute of Algeria, 479 pp.
- Van der Meijden, A., Coelho, P., & Rasko, M. 2015. Variability in venom volume, flow rate and duration in defensive stings of five scorpion species. *Toxicon* 100, 60–66.
- Van der Meijden, A., Lobo Coelho, P., Sousa, P., & Herrel, A. 2013. Choose your weapon: defensive behavior is associated with morphology and performance in scorpions. *PLoS ONE* 8, e78955.
- Van Huis, A., Dicke, M., & Van Loon, J.J.A. 2015. Insects to feed the world. *Journal of Insects as Food and Feed* 1, 3–5.
- Vonshak, M., Dayan, T., & Kronfeld-Schor, N. 2009. Arthropods as a prey resource: Patterns of diel, seasonal, and spatial availability. *Journal of Arid Environments* 73, 458–462.
- Wilcoxon, F., Katti, S.K., & Wilcox, R.A. 1970. Critical values and probability levels for the Wilcoxon rank sum test and the Wilcoxon signed rank test. *Selected tables in mathematical statistics* 1, 171–259.
- Yigit, N., & Benli, M. 2008. The venom gland of the scorpion species *Euscorpis mingrelicus* (Scorpiones: Euscorpiidae): Morphological and ultrastructural characterization. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases* 14, 466–480.



SERKET

سرکت



**The Arachnological Bulletin
of the Middle East and North Africa**

**Volume 20
May, 2024**

**Part 2
Cairo, Egypt**

ISSN: 1110-502X

Two cases of malformation in the scorpion genus *Androctonus* Ehrenberg, 1828 from Central Algeria (Scorpiones: Buthidae)

Oumyma Zouatine ^{1*}, Samia Bissati ¹ & Salah Eddine Sadine ²

¹ Laboratoire Bio Ressources Sahariennes, Préservation et Valorisation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi-Merbah, 30000 Ouargla, Algeria

² Laboratoire valorisation et conservation des écosystèmes arides (LVCEA), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre, Université de Ghardaïa, Ghardaïa, Algeria

* Corresponding author e-mail address: zouatine.oumya@univ-ouargla.dz

Abstract

This note concerns two cases of *Androctonus* species recently sampled from Ghardaïa region (Central Algeria). A remarkable malformation of one chela in *Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1825) and a case of an enlargement of one chelicera in *Androctonus australis* (Linnaeus, 1758).

Keywords: Scorpion, Buthidae, Anomaly, pedipalps, chelicerae, Algeria.

Introduction

Scorpions have long been one of the taxa most susceptible to teratological anomalies (Polis, 1990). Remarkable morphological anomalies and teratological phenomena affect all parts of the scorpion body: metasoma, mesosoma, prosoma, pecten, pedipalp, telson, and chelicera (Dupré, 2023).

Abnormalities have been reported in many scorpion families. But, with a large number of cases in many genera of family Buthidae (Williams, 1971; Dupré & Legangueux, 1999; Karataş & Kürtüllü, 2006; Jahanifard *et al.*, 2008; de Sousa *et al.*, 2009; Lowe, 2010; Teruel & Rein, 2010; Galvis & Flórez-D., 2016; Salabi *et al.*, 2021; Sadine, 2021).

However, reports of anomalies in species of the genus *Androctonus* Ehrenberg, 1828 are relatively rare, particularly concerning the pedipalps and chelicerae. Most

documented cases involve the duplication of certain body parts and telson malformations (Sergent, 1942, 1946; Vachon, 1946, 1951; Millot & Vachon, 1949; Sadine, 2021). Only, a case of pedipalp duplication in *Androctonus crassicauda* (Olivier, 1807) has been reported (Karataş & Kürtüllü, 2006).

During the examination of *Androctonus* samples from Ghardaia region (Central Algeria) and raised under laboratory conditions, we detected two cases of malformation: an atrophied fixed finger of Chela in *A. amoreuxi* (Audouin, 1825) and an enlargement of one chelicera in *A. australis* (Linnaeus, 1758).

Material and Methods

The specimen of *Androctonus* species were collected from Ghardaia region (Central of Algeria) during 2022 to 2023. *A. amoreuxi* is the most abundant scorpion species in Ghardaia region (Sadine, 2018; Sadine *et al.*, 2023) and it is generally found on sandy, gravelly and stony grounds (Sadine *et al.*, 2018). *A. australis* is the most abundant and the most widespread species in the Algerian Sahara (Sadine, 2012; Sadine *et al.*, 2018, 2020, 2023). The two *Androctonus* examined are females deposited in the Laboratory of Zoology, University of Ghardaia, Algeria. Identification was obtained using a stereo-microscope as described by Vachon (1974).

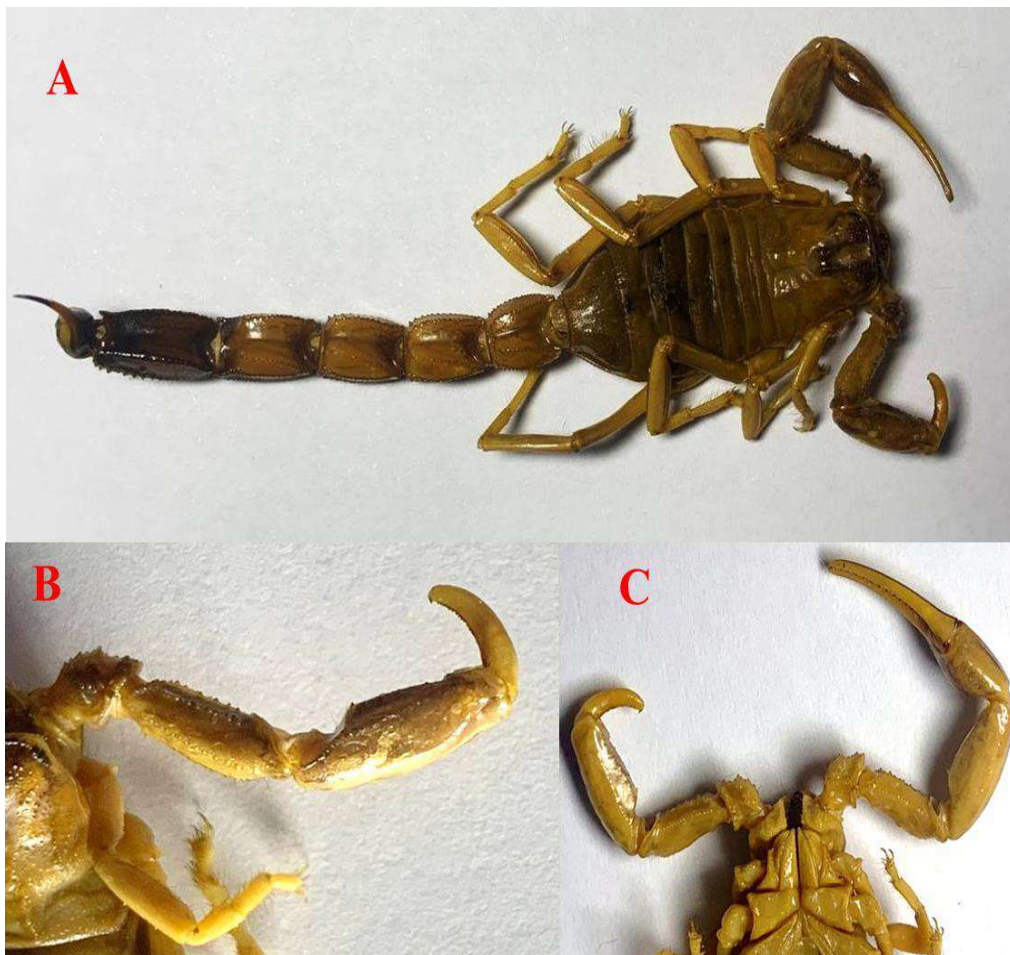


Fig. 1. *Androctonus amoreuxi*, female. A. Habitus. B. the right pedipalp in dorsal view shows atrophied fixed finger. C. the right pedipalp in ventral view shows total disappearance of mobile finger.

Results and Discussion

The results concern the two cases of malformation in *Androctonus* species are detailed as follows:

1. *Androctonus amoreuxi*

This female was found in its natural biotope, with a remarkable malformation of the right chela (Fig. 1A) with atrophied fixed finger (4.33 mm Vs 15.22 mm) and total disappearance of mobile finger (Fig. 1B-C). Morphometric analyses of different parts of the pedipalps are summarized in Table (1).

Table 1. Measurements values (in mm) of different pedipalps of the studied female *Androctonus amoreuxi*.

	Left Pedipalp	Right Pedipalp
Femur Length	5,41	5,39
Femur Width	2,78	2,73
Patella Length	8,19	8,12
Patella Width	3,83	3,76
Chela	15,22	4,33
fixed finger	14,87	---

2. *Androctonus australis*

This female was found in its natural biotope, with a normal body, only a malformation (enlargement) in the right chelicera (Fig. 2) of which it was positioned outside the right side of the cephalothorax (next to the lateral eyes).

We noted here that this species was naturally strongly attacked by an external mite *Pimeliophilus* sp. (Acari: Prostigmata: Pterygosomatidae).



Fig. 2. *Androctonus australis*, female showing enlargement of right chelicera.

In scorpions as in many other arthropod groups, morphological abnormalities are common and have been documented in various regions of the body (Alqahtani & Badry, 2021). This type of malformation in the pedipalps and chelicerae is reported in several arthropods, such as spiders (Foelix, 2011) and in crustaceans like crabs and lobsters (Hartnoll, 1974).

The causes of malformations in scorpions remain unknown (Mattoni, 2005; Salabi *et al.*, 2021). Some studies on other arthropods report that several factors may contribute to these malformations such as: the genetic factors by chromosomal disorder, gene defects and mutations (Poswillo, 1976) and the environmental factors humidity, temperature and various chemical compounds which can influence the embryonic development (Li, 1995; Li & Jackson, 1996; Buczek, 2000; Napiorkowska & Templin, 2013).

These morphological anomalies can have a significant influence on various aspects of these small arthropods life, in particular their feeding and reproductive behaviour. In terms of feeding behavior, these malformations tend to reduce the scorpions' hunting and defence capabilities. As for reproductive behaviour, they tend to reduce reproductive success and the fertility rate of individuals (Polis, 1990).

In this context, the malformations of the pedipalps in *A. amoreuxi* could pose a problem in prey hunting, as these pedipalps with two fingers are a valuable resource for capturing, handling and securing prey. Furthermore, it is important to note that the pedipalps play an essential role in courtship rituals and mating. Consequently, the malformations observed could indirectly disrupt the ability of males and females to display effective sexual behaviour, which could compromise the chances of successful reproduction.

However, the malformation of the chelicerae in *A. australis* may have significant consequences for the scorpion's survival. In effect, these anomalies could prevent the animal from effectively tearing its prey. Consequently, the scorpion's ability to feed properly could be seriously compromised, with a major impact on its survival.

References

- Alqahtani A.R. & Badry, A. 2021. A rare telson anomaly in *Parabuthus liosoma* (Ehrenberg, 1828) (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 336: 1-4.
- Buczek, A. 2000. Experimental teratogeny in the tick *Hyalomma marginatum marginatum* (Acari: Ixodida: Ixodidae): effect of high humidity on embryonic development. *Journal of Medical Entomology*, 37(6): 807-814.
- De Sousa, L., Vásquez-Suárez, A., Manzanilla, J. & Gregoriani, T. 2009. Alteraciones morfológicas observadas en el escorpión *Tityus quirogae* (Scorpiones, Buthidae) del nordeste de Venezuela. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 45: 365-370.
- Dupré, G. 2023. Les malformations chez les scorpions (Arachnida : Scorpiones). Nouvelle synthèse. *Arachnides*, 108: 17-26.
- Dupré, G. & Legangneux, J. 1999. Synthèse sur la tératologie des scorpions à propos d'un cas rare chez *Euscorpius flavicaudis* (Scorpiones, Euscorpiidae). *Arachnides*, 40: 4-7.
- Foelix, R.F. 2011. *Biology of Spiders*. 3rd edition. Oxford University Press, USA, 419 pp.
- Galvis, W. & Flórez-D., E. 2016. A new telson teratology in the scorpion *Opisthacanthus* Peters, 1861 (Scorpiones: Hormuridae). *Arachnology*, 17(3): 157-158.

- Hartnoll, R.G. 1974. *Variation in Crustacean Forms*. Systematic Association Special Volume, No. 6.
- Jahanifard, E., Navidpour, Sh. & Mashipour, B. 2008. Pedipalp and venom vesicle anomalies in two families of scorpions (Scorpiones: Hemiscorpidae, Buthidae) from Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(2): 309-311.
- Karataş, A. & Kürtüllü, M. 2006. Duplication of pedipalp segments in the scorpion *Androctonus crassicauda* (Olivier, 1807) (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 43: 1-4.
- Li, D. 1995. Development and survival of *Erigonidium graminicolum* (Sundevall) (Araneae: Linyphiidae: Erigoninae) at constant temperatures. *Bulletin of Entomological Research*, 85(1): 79-91.
- Li, D. & Jackson, R.R. 1996. How temperature affects development and reproduction in spiders: a review. *Journal of Thermal Biology*, 21(4): 245-274.
- Lowe, G. 2010. The genus *Vachoniolus* (Scorpiones: Buthidae) in Oman. *Euscorpius*, 100: 1-37.
- Mattoni, C.I. 2005. Tergal and sexual anomalies in bothriurid scorpions (Scorpiones, Bothriuridae). *Journal of Arachnology*, 33(2): 622-628.
- Millot, J. & Vachon, M. 1949. Ordre des Scorpions. pp 386-436. In Grassé, P.-P. (ed.). *Traité de Zoologie*, Masson et Cie, Paris, 6: 1-979.
- Napiórkowska, T. & Templin, J. 2013. Symely, a seldom occurring developmental anomaly in the spider *Tegenaria atrica*. *Invertebrate Reproduction & Development*, 57(2): 95-100.
- Polis, A.G. 1990. *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. 587 pp.
- Poswillo, D. 1976. Mechanisms and pathogenesis of malformation. *British Medical Bulletin*, 32(1): 59-64.
- 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 Zoophytatrie., Université de Ouargla. Algérie. 84 pp.
- Sadine, S.E. 2018. *La faune scorpionique du Sahara septentrional algérien: Diversité et Ecologie*. Thèse de Doctorat ès sciences. Université Kasdi Merbah-Ouargla. Algérie: 112 pp.
- Sadine, S.E. 2021. A remarkable bifid aculeus in *Androctonus amoreuxi* (Audouin, 1826) from central Algeria (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnologia*, 38: 191-192.
- 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., 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., Belgaid, Y., Chedad, A., Djelloud-Souilem, Z., Chebihi, B., Zouaimia, A., Bensakhri, Z., Houhamdi, M. & Zebba, R. 2023. Effects of climate on scorpion diversity in arid ecosystems of the Sahara Desert of Algeria. *Diversity*, 15, 541: 16 pp.
- Salabi, F., Jafari H. & Forouzan, A. 2021. Report of a rare anomaly in the metasoma of *Hottentotta zagrosensis* (Scorpiones: Buthidae). *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45(2): 405-408.
- Sergeant, E. 1942. Sur une anomalie de l'aiguillon d'un scorpion. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 20(1): 100-101.
- Sergeant, E. 1946. Anomalies chez les Scorpions. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 24(1): 80-82.
- Teruel, R. & Rein, J.O. 2010. A new *Hottentotta* Birula, 1908 from Afghanistan, with a note on the generic position of *Mesobuthus songi* Lourenço, Qi et Zhu, 2005 (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*,

94: 1-8.

Vachon, M. 1946. Anomalies appendiculaires chez les Scorpions. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 71(3): 168.

Vachon, M. 1951. *Études sur les Scorpions*. Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie, 29: 46-104.

Vachon, M. 1974. Étude des caractères utilisés pour classer les familles et les genres de Scorpions (Arachnides). 1. La trichobothriotaxie en arachnologie. Sigles trichobothriaux et types de trichobothriotaxie chez les Scorpions. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, 3è sér., n°140, Zool. 104: 857-958.

Williams, S.C. 1971. Developmental anomalies in scorpion *Centruroides sculpturatus* (Scorpionida: Buthidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 47(1): 76-77.